

Investigación Estratégica



1

Área Clave Competitividad

Programa de Nanotecnologías
Programa de Microtecnologías
Programa de Fabricación de Alto Rendimiento
Programa de Transportes Avanzados de Futuro
Programa de Materiales Inteligentes

Programa de Nanotecnologías

FUNDAMENTOS

La nanotecnología se define como la tecnología que construye y utiliza materiales y estructuras funcionales (nanoestructuras) con al menos una de sus dimensiones en la escala del nanómetro. El nanómetro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) se define como la milésima parte de una micra, por lo que una nanoestructura es mil veces más pequeña que una estructura típica de la tecnología moderna (microtecnología).

Las aplicaciones nanotecnológicas empiezan a ser una realidad, en particular en la industria optoelectrónica. En efecto, los láseres de estado sólido (para lectores de compact-disc) y las cabezas lectoras magnéticas de alta sensibilidad (en ordenadores de alta gama) son los primeros dispositivos diseñados con materiales nanoestructurados que llegan al mercado. Pero el impacto industrial, y por lo tanto, social de la nanotecnología en el futuro va más allá.

Está fuera de toda duda que la nanotecnología estará en la base no sólo de todos los dispositivos optoelectrónicos, sino en el diseño y fabricación de casi todo lo que nos rodee. Hará posible multiplicar por mil el rendimiento actual de los circuitos electrónicos, la velocidad de los ordenadores, la capacidad de almacenamiento de información, la capacidad de detección de partículas y contaminantes, todo ello dividiendo por mil el consumo de energía. Por ello dará lugar a un avance revolucionario en la industria electrónica y de la información, en el ahorro energético, y en general en las aplicaciones médicas, industriales y medioambientales.

La nanotecnología supondrá un cambio de paradigma industrial y tecnológico. No sólo porque plantea un formidable problema de manufacturación de minúsculos circuitos y componentes. Sino porque un dispositivo de tamaño nanométrico exige un cambio radical en el propio concepto de construcción y funcionamiento. De construcción, porque requiere un proceso inverso al de la miniaturización, característico de la microtecnología. La nanotecnología es un proceso de abajo a arriba: se parte de bloques o unidades de construcción (building blocks) para fabricar el material nanoestructurado. Y de funcionamiento, porque los bloques de construcción están constituidos por unos pocos átomos o moléculas simples. Y cuando se alcanza el límite atómico las propiedades de los materiales cambian de manera radical.

El objetivo general es, obviamente, explotar las nuevas propiedades de los materiales de escala nanométrica. El comportamiento de los nanomateriales no puede en general deducirse a partir del comportamiento observado a mayor escala. Los cambios más importantes no derivan de la mera reducción de las dimensiones, sino de la aparición de nuevas propiedades intrínsecas de la escala atómica, como el confinamiento de los electrones, el papel preponderante de las superficies e interfases, y en general toda la fenomenología que predice la Física cuántica.

Esto hace que se tengan que redefinir conceptos clásicos ligados al transporte, corriente eléctrica, elasticidad, etc., que son relevantes en el diseño de los dispositivos. Por todo ello, aunque la nanotecnología se define como una ciencia multidisciplinar, donde se encuentran la Biología, la Química y la Ciencia de Materiales, es la Física su eje fundamental. Especialmente ahora, que la nanotecnología no está más que en su fase embrionaria.

Efectivamente, la nanotecnología, en general y a nivel mundial, se encuentra en fase exploratoria en todos sus aspectos. A modo de ejemplo, podríamos decir que ahora mismo no se sabe cuál será

exactamente el “transistor de efecto campo” del futuro, dada la infinidad de diseños e ideas que existen. Pero sí se puede asegurar que dicho transistor tendrá un tamaño típico de un nanómetro. Dado este carácter exploratorio, todos los programas de nanotecnología que existen tienen dos características fundamentales: el largo plazo y la preponderancia de la investigación básica, fundamentalmente universitaria (esta última, más de un 70% del presupuesto en todos los programas que existen).

Cualquiera de los aspectos de la Física, Química, Biología, y Ciencia de Materiales que toca la nanotecnología están poco o nada desarrolladas en las universidades y centros de investigación del País Vasco. Por lo tanto existe muy poca infraestructura y/o personal cualificado. Esto es especialmente grave en una comunidad tecnológica e industrial como la nuestra, y que por lo tanto se verá más afectada en el futuro por la competencia de los países que desarrollen la nanotecnología. Y como se ha dicho, serán infinidad los procesos industriales en los que tenga impacto.

En este contexto debe entenderse la importancia de incluir un Programa de Nanotecnología en la Comunidad Autónoma del País Vasco dentro de la Investigación Estratégica del PCTI. A la hora de definirlo de manera general se ha buscado, por una parte, que se encuadre de forma natural en Programas similares de la Comunidad Europea y de los Estados Unidos de América, y por otra, que se ajuste a la propia definición de Concepto de Investigación Estratégica para el País Vasco que establece el PCTI: impulso de la investigación básica orientada, a largo plazo, a través de la capacitación técnica y humana. Y dentro de este propósito general se entienden las líneas generales del Programa: financiación de nuevas infraestructuras para investigación fundamental, en Física y Ciencia de Materiales Nanoestructurados, e impulso e incentivo a la formación y movilidad de los investigadores.

Finalmente hay que reseñar que este Programa de Nanotecnología quiere promover de una manera progresiva la actividad científica de investigadores de Universidad y Centros de Investigación que deseen evolucionar hacia la nanotecnología. Es decir, se propone que los grupos de nueva creación o que en la actualidad desarrollen su trabajo en otros campos encuentren más facilidades en Proyectos de Investigación sin Infraestructura, fundamentalmente dotados para formación y movilidad. Aquellos que alcancen una actividad notable, que se refleja en la participación en redes internacionales o acceso a grandes instalaciones, pueden obtener dotaciones adicionales al Proyecto en fungible e inventariable. Y aquellos que consoliden su línea de investigación en nanotecnología acceden a los Proyectos de Investigación con Infraestructura.

OBJETIVOS

El objetivo principal es impulsar la investigación científica básica de alto nivel en el País Vasco en el área de la nanotecnología. Dada la poca conexión de la actividad científica actual con esta disciplina se actúa fundamentalmente en tres frentes:

1. Dotación de infraestructuras para investigación fundamental orientada en el área de la nanotecnología, con dos líneas, una de Física básica y otra de Ciencia de Materiales.
2. Formación de técnicos con cualificación científica y técnica en el área de las nanotecnologías potenciando su movilidad. Este aspecto es fundamental en este Programa, ya que es indispensable para el posterior desarrollo de las aplicaciones en centros tecnológicos e industrias. De esta manera en los Proyectos de Investigación se establece:
 - La obligatoriedad de incluir becas y contratos en los más dotados económicamente (infraestructuras).
 - La obligatoriedad de contemplar estancias en Centros de Investigación dedicados a la nanotecnología para científicos y becarios de este Programa.

- La posibilidad de incluir las estancias de científicos extranjeros en los Centros de Investigación de la Comunidad Autónoma que participen en el Programa.
 - Diferentes variantes de contratación de personal adicional que se contemplan en las Acciones Especiales.
3. Colaboraciones con otros grupos que trabajen en este campo. En particular, se potenciará la participación en redes de investigación internacionales y de carácter multidisciplinar mediante incentivos para aquellos grupos que participen en redes internacionales y/o accedan a grandes instalaciones científicas internacionales con proyectos de nanotecnología.

ÁREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

Las áreas científico-tecnológicas en las que este programa realizará un esfuerzo prioritario serán:

1. Física de nanoestructuras: Propiedades microscópicas (clave)

La nanotecnología implica la convergencia de las diferentes disciplinas científicas con un papel prominente de la Física. Las unidades fundamentales de una nanoestructura son siempre componentes fundamentales de la materia. Son átomos, moléculas y agregados atómicos y moleculares sencillos, cuyo comportamiento sólo puede ser descrito mediante las leyes de la Física cuántica.

Es una línea a la que pueden optar grupos de investigación que fundamenten su actividad en el estudio de las propiedades físicas fundamentales de elementos nanoestructurados: estructura geométrica y electrónica; efectos de confinamiento cuántico; crecimiento de nanocristales y de nanoestructuras laterales y verticales: capas delgadas, hilos y cintas cuánticas, puntos cuánticos, polímeros, nanotubos y agregados; propiedades físico-químicas de las interfases y superficies en estas estructuras; manipulación atómica; propiedades de transporte a escala molecular (molecular electronics); propiedades ópticas (luminiscencia, absorción, recombinación, láseres) y magnéticas de nanoestructuras; diseño de nuevos dispositivos (mecánicos, electrónicos y ópticos) basados en la simulación.

2. Ciencia de Materiales nanoestructurados: Propiedades macroscópicas (clave)

A esta línea deben confluir los grupos que centren su actividad en la elaboración de materiales nanoestructurados y en el estudio de propiedades macroscópicas que puedan desembocar en aplicaciones industriales.

En concreto se presentarán Proyectos centrados en el estudio de las propiedades electrónicas, eléctricas y magnéticas de nanopartículas, nanoestructuras laminares, nanoestructuras laterales (hilos, cintas y puntos cuánticos), propiedades de transporte y mecánicas de nanotubos, catalizadores nanoestructurados, polímeros reforzados con nanopartículas. Proyectos que estudien la conexión directa entre nanoestructuras y biofísica: autoensamblaje de moléculas para formar estructuras complejas macroscópicas con propiedades a medida.

En este caso los grupos de investigación deben hacer uso de las técnicas de caracterización macroscópica que ya poseen, pudiendo dotarse sólo de técnicas específicas, como se señaló anteriormente, mediante Proyectos de Investigación con Infraestructuras.

3. Nanodispositivos:

A esta línea confluyen centros de investigación o empresas que deseen o bien elaborar nanodispositivos o bien utilizar nanodispositivos comerciales dentro del diseño y fabricación de componentes de equipos industriales.

En concreto se impulsa el diseño de equipos que contengan sensores y medidores de alta sensibilidad (control de impurezas y contaminantes), herramientas con nanocubiertas (nanocoatings) para aplicaciones precisas, soportes catalíticos con nanocristales, y en general el uso de materiales nanoestructurados o cuyas propiedades específicas derivan de la presencia de nanopartículas en los mismos.

IMPACTO PREVISIBLE DEL PROGRAMA

El desarrollo del programa debe conducir a un aumento del número de grupos de investigación en las Universidades y los Centros de investigación dedicados al área de la nanotecnología, con fuerte participación en colaboraciones internacionales y con un carácter disciplinar.

Esto supondrá incorporar equipamiento científico de alta precisión, que modificará los hábitos científicos en muchos aspectos. Como consecuencia del carácter formativo del Programa, surgirá un número importante de científicos y tecnólogos en este campo que impulsen la incorporación de la nanotecnología en procesos industriales.

Como se ha dicho, muchos sectores empresariales estarán involucrados en el futuro con la nanotecnología. Al ser un impacto a largo plazo es difícil precisar, pero muy probablemente estos son los campos de la industria vasca actual que se verán afectados: industrias de bienes de equipo y mecánica de precisión (por ejemplo, desarrollo de herramientas con nanocoatings, nanorobótica, nanomanipulación), sectores medioambientales (diseño de sistemas que incorporan detectores de partículas y contaminantes de alta sensibilidad, catalizadores con nanocristales), plásticos (polímeros con nanopartículas disueltas), aeronáutica y automóvil (materiales nanoestructurados ligeros y resistentes). En todos ellos se necesitará el personal cualificado en nanotecnología.

Es sin duda el objetivo esencial de este programa producir un gran impacto en la comunidad científica del País Vasco, que en la práctica está fuera de este ámbito del conocimiento científico, tan importante para la sociedad del futuro.

Este objetivo se persigue activando los elementos clave en la ciencia moderna de vanguardia: la internacionalización absoluta, el acceso a equipamientos científicos de alto nivel, la preparación de nuevos materiales en condiciones de alta precisión y pureza, el acceso a grandes instalaciones y la participación en redes multidisciplinares.

Para los grupos científicos que deseen dar un "salto" a la nanotecnología este Programa, que se concibe como claro en sus objetivos pero variado y flexible en las maneras, debe ser su marco principal. En un primer paso, para la necesaria formación de los científicos y técnicos, y en un segundo paso, para la adquisición de infraestructuras específicas.

Programa de Microtecnologías

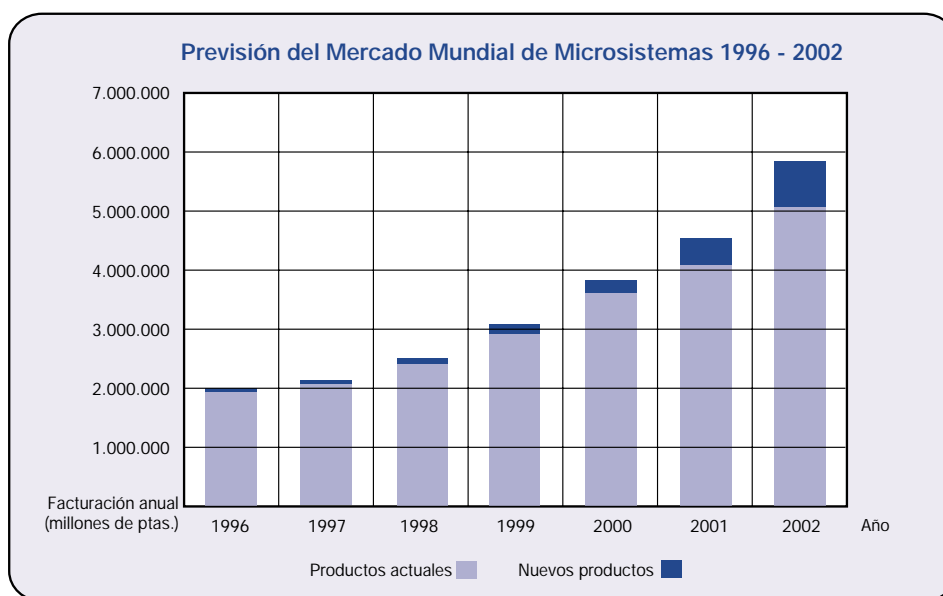
FUNDAMENTOS

Necesidad y Oportunidad

Muchos productos avanzados e innovadores dependen de la existencia de componentes que es necesario fabricar con tolerancias micrométricas y en algunos casos nanométricas. Esta realidad además va acompañada de una tendencia hacia la miniaturización lo que permite su viabilidad tanto técnica como económica. De todo ello se encargan las denominadas Microtecnologías.

Ejemplos típicos de estos productos son los sensores de presión o acelerómetros basados en silicio, las cabezas inyectoras de tinta micromecanizadas, los catéteres e instrumental quirúrgico, los conectores de fibra óptica, los micromoldes para infección, las máquinas de fabricación con herramienta de punta de diamante, los instrumentos científicos, los equipos utilizados en biotecnología o las lentes necesarias en aplicaciones del láser.

El estudio de mercado sobre microtecnologías más citado, llevado a cabo por la organización europea NEXUS, estima en un 18% el crecimiento anual del volumen de facturación de este mercado hasta el año 2002, con una facturación superior a los 5 billones de pesetas. La evolución no es lineal y a partir del año 2000 se prevé una aceleración en el ritmo de crecimiento respecto a los años anteriores asociada a la introducción de nuevos productos.



Con un soporte en la tecnología microelectrónica y en la ingeniería de precisión, las Microtecnologías aparece como un nuevo motor tractor de la sociedad y se constituye como herramienta estratégica para la innovación y competitividad de los productos. Consecuentemente pueden constituir una oportunidad para el desarrollo de nuevas unidades de negocio en el mundo empresarial vasco y la generación de riqueza en nuestro país, lo que permite plantear la necesidad de una Investigación Estratégica en Microtecnologías en la CAPV.

Las Microtecnologías significan la miniaturización continua e integral de todas las áreas tecnológicas tales como electrónica, mecánica, óptica, fluidica, biología, química, de superficies, de materiales y de procesos de fabricación. Si bien se trata de un campo muy amplio se puede establecer una primera gran clasificación en dos grupos de acuerdo al origen de su desarrollo. Un grupo lo constituyen todas las tecnologías que tienen al silicio como material base para el desarrollo de productos y emplean los procesos de fabricación desarrollados por y para la industria microelectrónica. Este grupo es el que habitualmente se denomina como **Microsistemas**. El segundo grupo lo forman todas las tecnologías que aplicadas al resto de los materiales, tienen como objetivos por un lado diseñar y fabricar equipos de alta precisión y por otro, la fabricación de microproductos no basados en el silicio. Este segundo grupo incluye lo que se denomina como Ingeniería de Precisión y Microfabricación y que en adelante se denominará como **Micromáquinas**.

A modo de ejemplo de las tecnologías/sectores-productos involucrados y la relación entre los mismos, se muestra la siguiente tabla:

Sector	Ejemplos de productos	Tecnologías									
		LIGA	Litografía UV	Wet Etching	Dry Etching	Ablación Láser	Electroerosión	Micromecanizado Mecánico	Replicación	Tecnologías del silicio	Micromáquinas
Biomedicina	Dosificación de medicamentos					X	X	X	X		X
	Ayudas a la audición					X	X	X	X		X
	Marcapasos						X	X	X		X
	Sensores de presión			X	X				X	X	X
	Laboratorio en chip	X	X	X	X				X	X	X
	Analizadores de DNA			X	X				X	X	X
	Microespectrómetros	X		X	X			X	X	X	
Tecnologías de la Información	Interruptores ópticos			X	X			X	X	X	
	Microespejos	X	X	X	X			X	X	X	
	Conectores fibra óptica	X							X	X	X
	Cabezales de impresión		X	X	X	X		X		X	X
	Óptica integrada		X	X	X				X	X	
	Microespejos		X	X	X					X	X
	Componentes RF		X	X	X					X	X
Automoción	Giróscopos			X	X				X	X	X
	Inclinómetros			X	X				X	X	X
	Acelerómetros			X	X				X	X	X
	Sensores de flujo			X	X		X		X	X	X
	Pulverizadores			X	X		X		X	X	X
	Sensores de presión			X	X		X		X	X	X

Estado del arte

La mayor parte de estos productos tienen su origen en Japón, EEUU y Alemania. Esto se debe a que son los países que más han invertido en los 10 últimos años en desarrollar las microtecnologías. En la tabla que se presenta a continuación se reflejan las ayudas ofrecidas por los Gobiernos de cada país en los últimos años.

País	Fondos (M \$)	Duración (años)	Fondos/año
Alemania	396	4	99
Suiza	300	4	75
Italia	60	5	12
Suecia	30	4	7,5
Francia	14	1	14
Noruega	6	4	1,5
Reino Unido	5	1	5
Finlandia	4	1	4
EUROPA	815		218
JAPÓN (*)	130	5	26
USA	500	1	500

(*) Sólo Micromachine Center

Estado del arte en Japón

La actividad de Asia está centrada básicamente en Japón, Corea, Singapur y Taiwan. También cabe mencionar Australia y Hong Kong, aunque las actividades desarrolladas en estos países han sido pequeños esfuerzos llevados a cabo por las Universidades. En el caso de Japón, más que de microtecnologías cabe hablar de micromáquinas, los esfuerzos de los investigadores japoneses se han centrado en el desarrollo de máquinas plenamente funcionales de dimensiones muy reducidas.

En el ámbito industrial, ya en el año 1973, los laboratorios de investigación y desarrollo de Toyota (Aichi, Japón) desarrollaron sensores de presión y acelerómetros de muy pequeño tamaño mediante la integración de circuitos en obleas de silicio, con el fin de integrarlos en automóviles y en aparatos médicos de medida.

Desde entonces, la mayoría de las actividades en torno a las micromáquinas han sido llevadas a cabo por empresas de gran tamaño: Toyota (y Nippondenso), Hitachi, Mitsubishi, Honda, Cannon, Nissan, o Matsushita son las que han realizado mayores inversiones. La mayoría de estas inversiones se han centrado en el desarrollo de elementos para el mundo de la automoción o productos de consumo de producción masiva.

En diciembre de 1988, se creó la *Sociedad Micromachine* –fundada por investigadores de las Universidades de Tokio y de Tokohu–, que empezó realizando un estudio de las distintas aplicaciones que se podían dar a las micromáquinas. En marzo de 1989, dicha sociedad, con la ayuda del Ministerio Internacional de Comercio e Industria de Japón (MITI), publicó un informe sobre el estado del arte de las Microtecnologías.

En 1991 el MITI, siguiendo las pautas dadas en el estudio realizado por la sociedad Micromachine, estableció un programa nacional llamado *Micromachines*, muy enfocado hacia la miniaturización de

todas las máquinas: robots para realizar labores de inspección y mantenimiento en sistemas de ambientes agresivos (por ejemplo: plantas nucleares), intervenciones médicas no-invasivas, reducción de los medios de fabricación para reducir el consumo de energía y ocupar menor volumen.

Hasta el momento, el proyecto nacional propuesto por el MITI ha pasado por dos fases: una primera, que transcurrió entre 1991 y 1995, en la que se obtuvieron resultados sobre las tecnologías elementales y los principales elementos funcionales; y una segunda fase (actualmente en desarrollo) en la que se espera establecer las tecnologías y los métodos de evaluación necesarios para el implante de las microtecnologías.

El presupuesto en investigación y desarrollo de la primera fase del proyecto nacional ascendió a 10 billones de yens (15.000 millones de Pts.) y se estima que el de la segunda fase ascienda a 15 billones de yens (22.200 millones de Pts.), por lo que el presupuesto global del proyecto nacional japonés será aproximadamente de 37.200 millones de pesetas en 10 años.

Se espera que los primeros resultados experimentales sobre las micromáquinas dentro de este proyecto nacional aparezcan durante el año 2000 (al final de la segunda fase del proyecto); sin embargo, muchas de estas tecnologías están siendo utilizadas actualmente en los productos comerciales.

Estado del arte en Estados Unidos

Las microtecnologías en los Estados Unidos han estado, desde sus inicios, íntimamente ligadas a la tecnología de los circuitos integrados. Según un estudio de *benchmarking* en EE.UU., el término MEMS (Micro-Electrical-Mechanical Systems) es utilizado en bastantes casos para describir microsistemas asociados a circuitos integrados que proporcionan de forma combinada funciones de medida (sensores) y/o actuación (actuadores) junto a las propias de los circuitos integrados. Esto es fácilmente comprensible si se considera el gran desarrollo de la industria microelectrónica del silicio en EE.UU. y cómo se constituyeron los microsistemas, en un principio, como una innovadora aplicación de las tecnologías de microfabricación derivadas de la industria microelectrónica del silicio. De hecho, este gran desarrollo ha facilitado a las empresas americanas, especialmente en California (Silicon Valley), el acceso relativamente directo a sofisticadas tecnologías de procesamiento, necesarias para el desarrollo de microsistemas. Esto ha favorecido las iniciativas empresariales (*start-up companies*, principalmente) para el desarrollo de MEMS al permitir la producción de series de pequeño volumen a precios más asequibles.

El desarrollo de un tejido industrial en el área de las microtecnologías ha sido y es actualmente muy intenso. De hecho, EE.UU. ocupa una posición de liderazgo (seguido de Japón) en el desarrollo de los MEMS. El elemento tractor ha sido en un principio el desarrollo de cabezales de impresión, pero posteriormente la automoción (p. e.: sensores de presión, sensores de aceleración, etc.) y actualmente las aplicaciones biomédicas y biotecnológicas (p. e.; dosificación de fármacos, sistemas de ayuda auditiva, marcapasos, diagnóstico in vitro, etc.) están teniendo un mayor peso. Sin olvidar el desarrollo de las cabezas de lectura/grabación.

El desarrollo de un producto se ha basado, normalmente, en dos premisas: un alto volumen de producción y/o nichos de mercado con componentes de alto valor añadido.

Las políticas de apoyo público al área de los MEMS se iniciaron tímidamente (menos de 1M\$ al año) por parte de NSF; sin embargo, recientemente la fuente principal de financiación en esta área procede del Departamento de Defensa con cifras superiores a los 50M\$ anuales. Industrialmente, el interés por el sector crece continuamente siendo más de 80 las empresas activas en esta área, siendo mayoritariamente (65%) empresas de dimensiones reducidas (menos de 10M\$ anuales). Por otra parte, unas 20 grandes empresas han incorporado los MEMS en sus productos (Honeywell, Motorola, Hewlett-Packard, Texas Instruments, Xerox, GM Delco, Ford Motor Company y Rockwell).

Las iniciativas empresariales para el desarrollo de microtecnologías provienen, básicamente, de tres fuentes:

- Iniciativas individuales que dan lugar a *start-up companies* a partir de ideas innovadoras desarrolladas en otras empresas o centros de investigación públicos.
- Desarrollos realizados en los centros de I+D de las empresas.
- A partir de investigadores que desarrollan su trabajo en universidades.

Estado del arte en Europa

El desarrollo de las microtecnologías en Europa ha estado fuertemente ligado al trabajo realizado en centros de investigación y universidades, que han actuado como motores de la industria. Para ello han recibido un fuerte apoyo económico y organizativo por parte de las administraciones, que ha quedado plasmado en los distintos planes europeos y nacionales. En muchos casos estos centros han actuado como núcleo de partida de numerosos *start-up* y *spin-off* empresariales, que han nacido a su sombra y se han nutrido de su *know-how*. Sin que la relación pueda llegar a ser exhaustiva, se pueden citar como ejemplos emblemáticos la red Fraunhofer y el IMM en Alemania, el MESA de Delft y la Universidad de Twente en Holanda, el IMEC-Leuven en Bélgica, o la Universidad de Neuchatel y el ETH de Zurich en Suiza.

En todos los casos citados la iniciativa ha partido de los centros tecnológicos en estrecha colaboración con las administraciones estatales, que les han dado un fuerte soporte tanto a nivel de infraestructura tecnológica, formativa e informativa, como financiando proyectos de gran envergadura que han permitido el desarrollo de las tecnologías a nivel precompetitivo.

En una segunda etapa, las administraciones han facilitado e incentivado la transferencia tecnológica y la creación de empresas con programas específicamente concebidos para favorecer el fenómeno de los *spin-off*. Al mismo tiempo ha sido frecuente que los propios centros tecnológicos hayan dado servicio para la producción de series de limitado volumen que han permitido el primer contacto de las tecnologías con el mercado. Los centros y universidades han funcionado de este modo con un papel similar al de las *Foundries* en la fabricación de circuitos integrados.

Estas empresas de nueva creación están dando lugar a un tejido industrial de pequeñas y medianas empresas de carácter altamente cualificado. Sin desdeñar el papel fundamental de las grandes compañías como Siemens, Bosch o SensoNor, las pequeñas y medianas de nueva creación están dinamizando el panorama de las microtecnologías en Europa y permitiendo incorporarlas a otras áreas en las que la presencia europea ha sido tradicionalmente mayor.

Cabe señalar que los recursos destinados de los gobiernos de Alemania, Países Bajos, Inglaterra y Francia durante los últimos 15 años han sido muy superiores a los disponibles en los restantes estados europeos, y el desarrollo de un tejido industrial en el área de las microtecnologías ha sido también sustancialmente mayor.

En este sentido, el esfuerzo realizado por Alemania le ha colocado en tercer lugar en el ámbito mundial, por detrás de USA y Japón. Tanto la administración central alemana como las administraciones de los *Lander* han comprendido que las microtecnologías están llamadas a jugar un papel fundamental en la industria del siglo XXI, afectando a los más diversos sectores. El programa del Ministerio de Educación e Investigación alemán titulado "Tecnología de Microsistemas 1994-1999" (MST 1994-1999) ha contado con un presupuesto anual de 90 millones de marcos y ha financiado más de 160 proyectos. La prolongación de este programa y el aumento del presupuesto del mismo ya ha sido anunciada, he incluso se ha reflejado en un aumento extraordinario del programa actual durante el año 99, destinando 100 millones de marcos en vez de los 90 inicialmente presupuestados.

El impulso dado por el programa MST se ha visto complementado por las iniciativas de los *Lander*. A modo de ejemplo, puede señalarse la actividad desarrollada por el gobierno de Renania-Wesfalia, como puede apreciarse por el elevado número de empresas (treinta y cuatro) integradas en la red ISE-MATECH. Entre ellas destaca HL-Plasmatechnok, que da servicios similares a los de un *Foundry* en el área de microsensores. También es interesante el impulso dado en Renania-Palatinado a las microtecnologías por el IMM, promovido por el Gobierno del *Land*. Ejemplos similares pueden encontrarse en otros muchos *Lander*.

Al margen de estas actuaciones en Alemania, cabe destacar las iniciativas llevadas tanto a nivel de desarrollo en centros y universidades, como de producción en empresas de reciente creación, en países tales como Suiza, Irlanda y Países Nórdicos, donde se han puesto, en el período 1994-1999, importantes recursos financieros para potenciar esta tecnología que la consideran estratégica con vistas a las innovaciones futuras en una amplia gama de productos.

Alcance del Programa en la CAPV

Actualmente existe poco conocimiento de las microtecnologías en el tejido industrial del País Vasco. Su presencia en la industria es muy reducida y se limita a dos sectores de aplicación: electrodomésticos (línea blanca) y automoción. Otros posibles sectores de aplicación serán el de máquina-herramienta, control de procesos o aeronáutica, sin demanda real actual, pero sí potencial por el tamaño del sector en el País Vasco y por las aplicaciones posibles en este campo. Los sectores de medicina, biomedicina y farmacéutico ofrecen en el ámbito europeo grandes posibilidades de desarrollo de productos. Sin embargo, en el País Vasco no existe actualmente un potencial industrial en estos sectores.

Las microtecnologías van a repercutir de forma significativa a muchos de los sectores estratégicos del País Vasco. Además, también constituyen una oportunidad para diversificar la actividad industrial con productos de alto valor añadido. En las tablas que se presentan en los puntos 5 y 6 de este documento se describen tanto las áreas de aplicación como los ejemplos agrupados por sectores industriales.

Como ejemplo se puede citar que a corto plazo muchos de los proveedores de automoción van a tener que ofrecer soluciones que incorporan microproductos por la tendencia generalizada a sensorizar todas las partes del vehículo. De la misma forma, los fabricantes de máquina herramienta y electrodomésticos se verán afectados por la misma tendencia y además sus necesidades se verán incrementadas por una tendencia generalizada a un continuo incremento de la precisión.

El campo de las microtecnologías tiene la característica de ser multisectorial, multidisciplinar y multitecnológico, por lo que puede asegurarse que es completamente horizontal y afectará a la gran mayoría de los sectores de aplicación y productos. Supone una tecnología, que puede conllevar una revolución similar a la acaecida con el microprocesador, con grandes expectativas para una buena parte de los negocios de las empresas del País Vasco, y que puede representar a largo plazo una reconversión de los productos actuales y la aparición de nuevos. A tenor de esta prospectiva, y dada la escasa presencia actual de las microtecnologías en el tejido industrial del País Vasco, se perfila como estratégicamente necesario potenciar la actividad por medio de los instrumentos y mecanismos necesarios. Así, a modo de ejemplo, un posible escenario futuro podría ser:

“Si en este momento se fabrican piezas de fundición como determinados componentes para el automóvil, el fabricante de automóviles podría pasar a exigir en un futuro que dichas piezas llevaran integrados en el mismo cuerpo de fundición microdispositivos para detectar fatigas, sobrepresiones, esfuerzos anormales, etc., lo que supondría un drástico cambio de las capacidades tecnológicas y medios actuales de fabricación”.

OBJETIVOS

El Programa de **Investigación Estratégica en Microtecnologías** se plantea los siguientes *objetivos científico-tecnológicos*:

- Potenciar la actividad de investigación y desarrollo de las microtecnologías en los sectores industriales relevantes en el País Vasco mediante el desarrollo de proyectos de investigación aplicada y mediante la creación de instalaciones e infraestructuras.
- Promover la formación de personal cualificado dentro de los diferentes aspectos asociados a las microtecnologías.
- Crear un núcleo de conocimiento y referente tecnológico en microtecnologías que permita transferir en los próximos años dichas tecnologías a la industria de la CAPV. De esta forma se fomentará la fabricación de productos y el desarrollo de procesos no tradicionales en la industria, así como la creación de nuevas industrias dedicadas a las microtecnologías.

Como *objetivos empresariales* del Programa aparecen los siguientes:

- Facilitar el desarrollo de nuevos productos y procesos tecnológicos basados en microtecnologías que posteriormente se convierten en nuevas iniciativas empresariales de base tecnológica con el consiguiente impacto en nuevos mercados y generación de empleo.
- Incorporación a los productos ya existentes de microtecnologías que incrementen su multifuncionalidad aumentando el valor añadido de los mismos y por lo tanto su nivel de competitividad.
- Diversificar la actividad industrial de Euskadi hacia sectores de alto valor añadido.
- Reducir el nivel de dependencia tecnológica respecto de otros países.

Como *objetivos sociales* del Programa aparecen los siguientes:

- Mejora de la calidad de vida de las nuevas generaciones de ciudadanos como consecuencia de que la integración de las microtecnologías en aparatos y bienes de consumo otorguen a éstos una mayor facilidad de uso, accesibilidad remota o disminución del consumo energético.
- Creación de empleo a través de la generación de nuevas empresas (*Spin Offs*) e incorporación al mercado laboral de técnicos especializados en las microtecnologías.

ÁREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

Las actividades a fomentar en esta Investigación Estratégica han de girar en torno al desarrollo de demostradores basados en microtecnologías mediante proyectos de I+D con una aplicación futura en sectores potencialmente interesantes en el País Vasco. Como soporte para su realización, es necesario potenciar el conocimiento en las Tecnologías Claves mediante proyectos básicos de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Estas consideraciones previas permiten describir a continuación las áreas y líneas científico-tecnológicas que deben ser abordadas dentro de esta Investigación Estratégica.

Microsensórica

Microsensores de presión, flujo, temperatura, turbidez.

Microsensores mecánicos.

Microsensores magnéticos.

Microsistemas para el análisis de líquidos en el automóvil.

Microsensores de gases.

Microactuación

Microestructuras móviles/deformables mediante principios térmicos, electrostáticos, piezoeléctricos o magnéticos.

Micromotores (lineales, rotativos).

Microfabricación

Elementos con superficies microestructuradas: lentes Fresnel, óptica difractiva, superficies antirreflexivas, superficies autolimpiables, microacabados antidesgaste y fricción, elementos adhesivos.

Conectores ópticos, guías de onda, conmutadores ópticos.

Microrobots y micropinzas.

MicroTAS (Micro Total Analysis System).

Microreactores químicos.

Microespectrómetros.

Microcanales, microválvulas, microbombas.

Sistemas de cirugía de mínima invasión (endoscopios, catéteres y prótesis intravasculares).

Microbaterías.

Ingeniería de Precisión

Máquinas Herramienta de Ultraprecisión.

Equipos para la fabricación micrométrica.

Equipos para el encapsulado e interconexión.

Equipos y útiles para el microconformado.

Equipos para el micromontaje y micromanipulación.

Equipos para la deposición de capas.

Instrumentos de verificación y control.

Tecnologías Clave

El proceso de fabricación de un dispositivo basado en microtecnologías conlleva la intervención de numerosas tecnologías desde el diseño del mismo hasta su caracterización. Como tecnologías claves a dominar se consideran las siguientes:

Tecnologías de diseño: Mediante el uso de programas informáticos de simulación, actualmente disponibles comercialmente, se optimiza el proceso de fabricación –simulación tecnológica– y el funcionamiento del dispositivo –simulación funcional–, antes de pasar a su fabricación.

Tecnologías para la fabricación de equipos para la microfabricación: Estas tecnologías tienen como objetivo proveer de los medios y equipos necesarios para la microfabricación. Entre ellas se pueden

mencionar los sistemas aerostáticos e hidrostáticos, sistemas servoasistidos, sistemas para el movimiento de precisión, tratamiento y compensación de errores y elementos de transmisión.

Tecnologías de procesado: Técnicas, generalmente derivadas de la microelectrónica, que posibilitan la adición de material sobre un sustrato de forma muy controlada. Destacan las técnicas de depósito de películas delgadas PVD y CVD, el crecimiento epitaxial y las técnicas fotolitográficas de definición de geometrías en capas.

Tecnologías de micromecanizado: Posibilitan conferir al dispositivo la forma deseada. En este apartado encontramos procesos típicos como: el micromecanizado en volumen mediante ataque húmedo y seco, el micromecanizado superficial, la porosificación del silicio y el micromecanizado mecánico (fresado, torneado, EDM, láser).

Tecnologías de replicación: Posibilitan la obtención de microcomponentes por técnicas de microinyección y hot embossing e incluyen los procesos para la fabricación de los útiles necesarios.

Tecnologías de micromontaje, encapsulado e interconexión: La interrelación entre el microdispositivo y el medio requiere generalmente de un ensamblado de alta complejidad. Para ello se han desarrollado técnicas tales como el microposicionado, pegado en estado sólido, pegado anódico, fabricación de microcápsulas e interconexiones entre los diferentes módulos que constituyen el dispositivo.

Tecnologías de caracterización: Dado el amplio espectro de aplicación de las microtecnologías, la comprobación del correcto funcionamiento implica dominar técnicas de caracterización mecánica, dimensional, magnética, óptica, química, etc., dependiendo de la aplicación del mismo.

IMPACTO PREVISIBLE DEL PROGRAMA

A continuación se presenta una tabla relacionando el sector industrial con las áreas de aplicación de las microtecnologías y una explicación de las características y razones de oportunidad.

Sector de Aplicación	Características y Razones de Oportunidad	Área de Aplicación
Aeronáutica	Dan gran valor añadido a los componentes Las cantidades son pequeñas Proporciona mejora de propiedades	Metrología mecánica Sistemas químicos de gases
Agroalimentario	Creciente necesidad del control de alimentos y de las actividades agrarias y de transformación	Mantenimiento de la calidad Reproductibilidad de procesos Ahorro fertilizantes Dosificación Telemetría (sistemas distribuidos) Prevención del fraude
Aplicaciones espaciales	Reducción de peso, tamaño y consumo Proporcionar mejora de propiedades Oportunidades de España en consorcios Europeos	Nanosatélites Sistemas ópticos Radiofrecuencia Microfluídica

.../...

Sector de Aplicación	Características y Razones de Oportunidad	Área de Aplicación
Automoción y transporte	Sector que presenta un continuo incremento en la incorporación de sensores y electrónica en general Aplicable si la industria española entra en la tendencia general de fabricar subconjuntos Oportunidad de creación de nuevas empresas	Telemetría Radiofrecuencia Mecatrónica Buses de comunicación Seguridad Confort Contaminación Sistemas de infrarrojos para visión o guiado nocturno Medida y regulación de la calidad de aire para sistemas de climatización
Hogar: domótica, línea blanca, imagen y sonido	Importancia del ahorro energético y de las mejoras en confort y seguridad en el hogar La domótica es aún cara. Se extenderá a medio plazo Tendencia en el sector a incorporar sensores para aumentar la eficiencia energética y medioambiental Empuje adicional provocado por nuevas normativas Aplicaciones muy sensibles al coste	Seguridad y confort Buses de comunicación Telecontrol Optoelectrónica Gestión de energía Imagen y sonido Sistemas de iluminación inteligentes Gestión y control de aparatos (electrodomésticos, etc.)
Ingeniería civil y Geofísica	Demanda de estructuras más inteligentes	Control de sistemas distribución energética (red eléctrica, oleoductos, etc.) Centrales de producción de energía Materiales inteligentes (activos –adaptativos) Telemetría
Máquina-Herramienta e Instrumentación	Reducción de precios que ofrece esta tecnología Aumento en precisión Oportunidad en desarrollo de máquinas específicas para la fabricación de microsistemas	Óptica integrada Sensórica Mejora desgaste de herramientas Micromáquinas Metrología láser Herramientas de corte o conformado
Medioambiente	Creciente preocupación y normalización medioambiental. Demanda forzada por las diferentes administraciones: control de cuencas hidrográficas	Calidad de aire Calidad de aguas Calidad de suelos Control de vertidos Sistemas de telecontrol

Sector de Aplicación	Características y Razones de Oportunidad	Área de Aplicación
Químico.	Sector de gran potencial por el numeroso número de aplicaciones de gran consumo detectadas y aún por desarrollar. Grandes posibilidades en el control de procesos industriales. Oportunidad de creación de nuevas empresas	Microfluídica Sensorización y control de procesos Telemetría
Farmacéutico, médico, biogenético y biotecnológico.	Sector de gran potencial por el numeroso número de aplicaciones de gran consumo detectadas y aún por desarrollar El sector farmacéutico es un sector muy protegido por patentes y muy poco transparente Oportunidad de creación de nuevas empresas	Microfluídica Análisis clínicos in vivo Control/detección de enfermedades in vivo Diagnóstico no invasivo. (Rayos X, Mamografías, etc.) Telemetría Ayudas a discapacitados Microrobótica Microcirugía Inmunología
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Mercado de gran consumo. Sector copado por multinacionales. Tendencia actual a sustituir redes de cables por fibras ópticas. Posibilidad de fabricar componentes de mayores prestaciones.	Microfluídica Magnética Microóptica Radiofrecuencia Comunicaciones sin hilos Sistemas de proyección, visualización y scanners Sistemas de impresión
Energía	Aumento de la capacidad de almacenamiento Calidad y seguridad en la distribución de gas natural	Microbaterías Microanalítica de fluidos

Si bien una buena parte de estos sectores están presentes, en mayor o menor medida, en el País Vasco, la identificación de los sectores de mayor incidencia se ha expuesto en el apartado 1.3, "Alcance del Programa en la CAPV", de este documento. Dicha incidencia se asienta sobre dos ejes fundamentales:

Nuevos escenarios: Es de importancia capital hacer notar que el mercado está aún abierto a la entrada de nuevos actores, tanto clientes como proveedores, en el área de las microtecnologías, a diferencia de lo que ocurre en campos tan maduros como por ejemplo la microelectrónica. El gran número de aplicaciones posibles, junto a lo emergente de la tecnología, permitirá a nuestra industria el desarrollo a tiempo de microdispositivos accediendo a nuevos productos y procesos. De esta forma se produciría una diversificación de la actual producción convencional, que progresivamente está siendo asimilada por países de economías emergentes (Este de Europa y Asia).

Componentes de doble impacto: El desarrollo las microtecnologías tiene un doble impacto sobre la capacidad de un país para crear riqueza y aumentar su nivel de competitividad. Por un lado, su incorporación a los productos ya existentes permite aumentar el valor añadido de los mismos y por lo tan-

to su nivel de competitividad. Por otro lado, facilita el desarrollo de nuevos productos/procesos que posteriormente se convierten en nuevas iniciativas empresariales de base tecnológica con el consiguiente impacto sobre la actividad y el empleo.

El impacto que se producirá como resultado de este Programa Estratégico, a tenor de la incidencia prevista y en función de los dos ejes expuestos, puede resumirse en una serie de oportunidades que pueden derivarse de la incorporación de microtecnologías al tejido industrial del País Vasco:

- En los productos actualmente existentes, poder mantenerse en el entorno cambiante del mercado, e incluso poder conseguir un mayor diferencial competitivo a consecuencia de la especialización en alguna aplicación de producto.
- Generación de nuevos productos (normalmente de pequeñas series) en las empresas ya existentes.
- Creación de pequeñas empresas de base tecnológica en componentes especializados.
- Creación de nuevos negocios de servicios (diseño, consultoría, fabricación, etc.).
- Creación de nuevos negocios en sectores actualmente no existentes y con las mayores expectativas de aplicación, como son el farmacéutico, médico y biotecnológico.

Identificación de productos en el País Vasco

Dadas las características del tejido industrial del País Vasco, la incorporación de esta tecnología ofrece mayores posibilidades en la renovación/mejora de los productos actualmente existentes, en los que el microdispositivo será, en términos generales, un componente o subconjunto de tales productos. Debido al carácter horizontal de esta tecnología, existirá una importante sinergia entre los diferentes sectores de aplicación, puesto que los desarrollos y avances obtenidos en su aplicación a un sector determinado podrán ser trasladados de una manera ágil a otros sectores. Principales empresas beneficiarias:

A más corto plazo, en el campo de microsensores las empresas fabricantes de componentes y electrodomésticos: Copreci, Orkli, Fagor Electrónica, Fagor Electrodomésticos, etc. También Fagor Automation en el campo de productos correspondiente a reglas y encóderes, e ITP en microdispositivos de inspección.

En parecido horizonte, empresas del sector de Máquina Herramienta: Danobat, Soraluze, Doiki, Grupo Goratu, etc, tanto como usuarios de productos estándar existentes en el mercado (microsensores, componentes micromecanizados, etc.), para integrarlos en sus máquinas, como proveedores de máquinas de precisión. También como usuario, empresas del sector de distribución (Eroski, etc) fundamentalmente en el campo de marcado y etiquetado de productos.

A más largo plazo, las empresas del sector de automoción en tanto en cuanto evolucionen hacia la fabricación de subconjuntos más sofisticados: Fagor Ederlan, etc.

En un segundo orden se sitúa la posibilidad de lanzamiento al mercado de diferentes productos basados en microtecnologías como productos en sí mismos, pero que sin embargo no pueden obviarse, ya que determinados fabricantes de componentes del sector de automoción o electrodomésticos podrían sustituir o complementar parte de su actual catálogo de productos por otros realizados con esta tecnología.

Finalmente, y condicionado al cumplimiento de las expectativas existentes sobre estas tecnologías emergente, hay que destacar la posible generación de nuevos productos basados en la creación de

nuevas pequeñas empresas, bien en sectores ya existentes, bien en sectores más novedosos y muy prometedores como biomedicina, etc.

En la siguiente tabla se enumeran algunos otros ejemplos por sectores de aplicación de productos basados en microtecnologías

Sector de Aplicación	Ejemplos
Aeronáutica	Sensores inerciales, de fatiga, de presión, sensores distribuidos... Sensores de medida de calidad de aire en cabinas Detectores de incendios en aeronaves Microactuadores
Agroalimentario	Sensores biológicos Sensores químicos Actuadores Dosificadores de fertilizantes
Aplicaciones espaciales	Sistemas de navegación. GPS Giróscopos para el control de altitud y rotación Sensores de radiación Sistemas de visión y captura de imágenes Microcomponentes Microactuadores
Automoción y transporte	Sensores de presión, flujo, temperatura, gases, etc. para el control de la combustión Sensores de parámetros ambientales y gases contaminantes Sensores de aceleración, posición, giro, etc. para estabilización de chasis y asistencia a la navegación Sensores y actuadores para seguridad pasiva (detección de colisión y despliegado de airbags, etc.) Micromotores Microcomponentes
Hogar: domótica, línea blanca, imagen y sonido	Detectores de humos Detectores de fuego Detectores de intrusión Microcomponentes para el control de electrodomésticos Sensores de presión, flujo, turbidez de agua, conductividad, etc. Sensores de gases contaminantes Sensores de gases explosivos Sensores para optimización de combustión en calderas y calentadores Vidrios inteligentes
Ingeniería civil y Geofísica	Red de sensores para medición de fatiga, vibración, etc. Microactuadores

.../...

Sector de Aplicación	Ejemplos
Máquina-Herramienta e Instrumentación	Sensores de posición, velocidad, aceleración, vibración Microrobots Microcomponentes Microsistemas magnéticos
Medioambiente	Sensores de parámetros climáticos Sensores biológicos, químicos. Redes de sensores y Buses para monitorizar el uso de fertilizantes
Químico	Detectores de sustancias nocivas Sensores químicos y ópticos Microactuadores
Farmacéutico, médico, biogénético y biotecnológico	Microdispensadores de medicamentos Nebulizadores Microsistemas DNA Microelectrodos implantables Microimplantes (movimiento) Biosensores Microactuadores Sistemas MicroTAS
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Microsistemas de impresión por inyección de tinta Microcabezales de dispositivos de almacenamiento masivo Microposicionadores para cabezales Microcomponentes para redes ópticas Microguías de onda Microcomponentes para procesado de señal óptico y electromecánico Antenas integradas
Energía	Baterías Micropilas

Identificación de nuevos servicios en el País Vasco

Los nuevos servicios a los que podría dar origen el desarrollo de este programa son los siguientes:

- Formación y difusión.
- Desarrollo de productos basados en microtecnologías.
- Promoción y contactos.
- Consultoría: Estudios de viabilidad técnica y económica.
- Asistencia en la incorporación de microtecnologías.
- Diseño de sistemas.
- Transferencia de tecnología y diseño de procesos.
- Caracterización, metrología y calibración.

Impacto económico

El desarrollo de las microtecnologías está teniendo un doble impacto sobre la capacidad de un país para crear riqueza y aumentar su nivel de competitividad. Por un lado, su incorporación a los productos ya existentes permite aumentar el valor añadido de los mismos y, por lo tanto, su nivel de competitividad. Por otro lado, facilita el desarrollo de nuevos productos/procesos que posteriormente se convierten en nuevas iniciativas empresariales de base tecnológica con el consiguiente impacto sobre la actividad y el empleo. El objetivo último de esta iniciativa es aprovechar ambas oportunidades pero adaptando su desarrollo a las necesidades del tejido industrial del País Vasco.

El potencial, tanto de investigación como de desarrollo e industrialización de los resultados en el dominio de las microtecnologías, es realmente incalculable, si se van cumpliendo las expectativas de crecimiento predichas como comparables a las experimentadas por la microelectrónica.

Se trata de una tecnología que se encuentra en su fase emergente, pero que a diferencia de lo que ocurrió con la microelectrónica, el desarrollo a tiempo de estas tecnologías permitirá a nuestra industria acceder a nuevos productos y procesos. El inicio de actividades en este dominio es insoslayable y urgente, si se desea unirse, aunque sea modestamente, al enorme movimiento científico que se está produciendo en los países industrialmente más desarrollados.

De acuerdo con importantes estudios internacionales sobre tendencias a corto, medio y largo plazo en la aplicabilidad de las microtecnologías a la industria, podemos señalar que la industria vasca dispone de segmentos en los cuales está claramente prevista la incorporación de dicha tecnología avanzada: automoción, hogar, máquina herramienta, medio ambiente, ...

Al margen de la aplicabilidad de esta tecnología en la mejora de prestaciones de los productos existentes y en la creación de nuevos, y observando las tendencias de creación de negocio en los países industrialmente más desarrollados, hay que constatar la creación de numerosas pequeñas empresas (start up o spin off) de base tecnológica, que explotan diferentes servicios de esta tecnología.

La amplitud del negocio es considerable y va desde los servicios de diseño y consultoría hasta la fabricación masiva de dispositivos (que al igual que con la microelectrónica está y estará en manos de las grandes compañías), existiendo importantes nichos de mercado especializados para pequeñas empresas, que basan su fabricación en la colaboración o subcontratación con los más importantes Foundries.

Además, el Plan de Ciencia y Tecnología 2001-2004 de la CAPV pretende, en alguna medida, primar y considerar la innovación como recurso empresarial, de manera que las empresas ponderen la tecnología como fuente de riqueza y competitividad a través de la creación y/o mejora de nuevos productos y/o servicios.

A la vista de todas las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores, se dan las condiciones previas en nuestro tejido industrial para iniciar, de una manera razonable, la incorporación progresiva de esta tecnología, cuyos beneficios, ventajas competitivas y oportunidades, si bien no pueden ser cuantificadas en la actualidad, se han ido visualizando a lo largo de todo el documento, y cuyo resumen se expone a continuación:

- En los productos actualmente existentes, poder mantenerse en el entorno cambiante del mercado, e incluso poder conseguir un mayor diferencial competitivo a consecuencia del dominio y especialización en alguna de las microtecnologías involucradas.
- Generación de nuevos productos en las empresas ya existentes.
- Creación de pequeñas empresas de base tecnológica en componentes especializados.

- Creación de nuevos negocios de servicios (diseño, consultoría, etc.).
- Creación de nuevos negocios en sectores actualmente no existentes y con las mayores expectativas de aplicación, como son el farmacéutico, médico y biotecnológico.

Impacto científico

Este Programa también tiene como objetivo incrementar el conocimiento científico. En la medida en que se desarrollen adecuadamente las actividades previstas se conseguirá el impacto científico deseado. Algunas de estas actividades son:

- Desarrollar proyectos de colaboración entre Universidad y Centros Tecnológicos.
- Contratar a investigadores de prestigio internacional.
- Realizar intercambio de personal investigador.
- Formación en el extranjero de jóvenes titulados.
- Formar a personal docente en microtecnologías.
- Desarrollar proyectos de cooperación internacional.
- Asistencia a congresos internacionales.
- Estudios de prospectiva y vigilancia tecnológica.

Programa de Fabricación de Alto Rendimiento

FUNDAMENTOS

El contenido de este programa hace referencia a un conjunto de tecnologías relacionadas con el mecanizado convencional y no convencional de materiales que datan, la mayor parte de ellas, de la segunda mitad del siglo XX. Entre ellas cabe destacar el mecanizado a alta velocidad, la electroerosión, el mecanizado por láser, el mecanizado por chorro de agua (con y sin abrasivo), el mecanizado químico y electroquímico, entre otras.

La característica común de las técnicas no convencionales es que el mecanizado se lleva a cabo sin contacto entre útil y pieza, por lo que el arranque de material es independiente de las propiedades del material, tales como dureza, resistencia mecánica, abrasividad, etc.

En los últimos años, se ha simultaneado el desarrollo de nuevos materiales de características mejoradas, especialmente en lo que se refiere a sus prestaciones a alta temperatura (como es el caso de muchas aleaciones aeronáuticas, cerámicas avanzadas o cermets) con la optimización de estas técnicas para la obtención de la forma final dentro de las tolerancias (tanto geométricas como de rugosidad) especificadas.

El conjunto de tecnologías incluidas bajo el concepto de "mecanizado convencional", entre las que destaca por su especial relevancia el mecanizado de alta velocidad, no se ha quedado atrás en esta carrera. A modo de ejemplo, mencionar el diseño de nuevos materiales para herramientas de corte de gran dureza incluso a muy elevadas temperaturas, o capaces de soportar los fenómenos de difusión química, ha permitido optimizar el rendimiento de las operaciones de arranque de material. La utilización de sistemas de asistencia al corte (como por ejemplo, *Thermal Enhanced Machining*, *Plasma Assisted Machining*, y *Jet Assisted Machining*) se encuentra en un punto muy interesante de desarrollo en la evaluación de sus potencialidades.

Junto a los procesos comentados, los procesos abrasivos suponen un punto crítico en el procesamiento de los nuevos materiales. Piénsese, por ejemplo que el rectificado supone en la actualidad el 80% del mecanizado de los materiales cerámicos avanzados, y que no siempre (de hecho, en pocas ocasiones) ni el material ni la geometría de la muela se encuentran optimizados para estas operaciones.

El conjunto de tecnologías relacionadas con el mecanizado, convencional y no convencional, de materiales pueden considerarse como **estratégicas** en el caso del sector de la máquina-herramienta, de los fabricantes de utillaje de conformado plástico, industria aeronáutica y automoción, sectores todos ellos de gran peso en la economía de la CAPV. Así mismo puede considerarse una tecnología **horizontal** para otros sectores clave tales como el de electrodomésticos, otros equipos mecánicos, transporte, agroalimentario, etc.

Las tecnologías de mecanizado aparecen reconocidas como tecnologías de futuro en diversos estudios prospectivos como el realizado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología alrededor de las tecnologías de fabricación de piezas metálicas y que ha conducido a la inclusión en el Plan Nacional de I+DT 2000-2003 de una Acción Estratégica en torno al mecanizado de alta velocidad.

En el ámbito internacional, destacar la acción TEAMS (Thematic Network on Advanced Manufacturing Systems) y el grupo de trabajo de apoyo IAG (Industrial Advisory Group) apoyados por la Comisión Europea DGXII y coordinados ambos por CECIMO (Comité Europeo de Coordinación de la Industria de la

Máquina-Herramienta). TEAMS es una acción europea establecida bajo el IV Programa Marco y en ella se están llevando a cabo diversos proyectos relacionados con las nuevas tecnologías de mecanizado.

El sector de máquina-herramienta de la CAPV ha comenzado a dar los primeros pasos en el desarrollo e incorporación de estas nuevas tecnologías. Sin embargo, se estima que será necesario un esfuerzo investigador continuado durante 5 ó 6 años para poder optar a una posición de liderazgo internacional en el ámbito de las nuevas tecnologías de mecanizado.

Este programa se define en concordancia con las necesidades identificadas en el *Plan de Tecnología e Innovación del Cluster de la Máquina-Herramienta 2001-2004* aprobado por el Comité de Tecnología del Cluster de la Máquina-Herramienta.

OBJETIVOS

El fin de posicionar y mantener al Sector de la Máquina-Herramienta de la CAPV al nivel de los líderes europeos y mundiales en dichas tecnologías a medio-largo plazo, y con vistas a generalizar su empleo, lleva a plantear los siguientes objetivos:

Mejora de los procesos de fabricación y producción

Este objetivo abarcaría tanto el desarrollo de métodos de fabricación para procesos convencionales y no convencionales, (como la microfabricación y procesamiento de nuevos materiales), técnicas económicas de ensamblado y unión de piezas, procesos de fabricación respetuosos con el medio ambiente, e incluso la mejora de la eficiencia y vida de las herramientas y útiles.

Desarrollo de componentes y subsistemas

Comprende tanto el desarrollo de tecnologías básicas como la producción de componentes, subsistemas competitivos de hardware y software (tecnología de controladores, de sensores, autodiagnóstico y concepción modular, desarrollo de sistemas CAD/CAM/CAE de propósito general o específico, etc.), desarrollo y/o implementación de nuevos elementos mecánicos, etc.

Innovación en medios y sistemas de fabricación

Este objetivo abarcaría, el diseño de los medios de fabricación (análisis de nuevas arquitecturas y desarrollo de prototipos experimentales para máquinas, robots y medios de producción así como para los nuevos procesos, herramientas para la simulación virtual de medios y líneas de producción, implicación de procesos ecológicos en su diseño, etc.), la producción de medios y sistemas de fabricación integrando la seguridad, fin de vida e impacto medio ambiental de las máquinas y sistemas de fabricación de los métodos de mecanizado convencional y no convencionales de nuevos materiales.

Fomento del desarrollo de nuevos productos y servicios

Este objetivo se concentra en el diseño integrado de productos, servicios, y procesos contemplando nuevos materiales, reducción de materias primas y consumo de energía, metodologías de formalización del proceso de diseño innovador, análisis, modelado, simulación y evaluación de productos, servicios y procesos de fabricación, etc., así como de la fabricación y producción avanzada de productos y servicios (comunicación y redes industriales, automatización avanzada, etc.) y el buen uso y fin de vida de los productos y servicios.

ÁREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

Las áreas científico-tecnológicas en las que este programa realizará un esfuerzo prioritario serán:

Herramientas de corte con materiales ultraduros

Dominio de los procesos de fabricación mediante técnicas de consolidación de polvos de materiales ultraduros (tales como el diamante y el nitruro de boro cúbico), que permiten velocidades de corte muy altas y mecanizado de materiales ya con el tratamiento térmico final. Entre los sectores de mayor impacto destacan el Aeronáutico, el de Máquina-Herramienta y el de Automoción.

Corte y mecanizado no convencional

Destacan la electroerosión, el láser, el corte por chorro de agua (con y sin abrasivo), el mecanizado por ultrasonidos, etc. Gran interés para sectores tales como el Aeronáutico, de Automoción, Energético, y otros equipos mecánicos.

Mecanizado de alta velocidad

Caracterizado por la velocidad de avance y e corte, factores que exigen un importante esfuerzo investigador en las tecnologías de corte como en el desarrollo de las herramientas y de las estrategias de mecanizado. Otros aspectos de interés se relacionan con la reducción de peso de las estructuras y la mejora en los sistemas de sujeción de la herramienta y de desalajo de viruta. Finalmente, los sistemas de seguridad cobran una importancia especial en este tipo de máquinas.

Mecanizado de alto rendimiento

Se trata de técnicas y procedimientos de mecanizado más rápidos, más productivos, más flexibles, etc., abarcando no sólo las soluciones constructivas sino el conocimiento asociado a los procesos de mecanizado propiamente dichos. Entre los sectores de mayor impacto destacan el de Máquina-Herramienta, el Aeronáutico, Automoción y otros equipos mecánicos.

Mecanizado asistido

La aparición de nuevas técnicas como *Thermal Enhanced Machining*, *Plasma Assisted Machining*, y *Jet Assisted Machining* abren nuevas potencialidades al corte por arranque de viruta, especialmente en nuevos materiales de muy baja maquinabilidad.

Simulación de procesos de mecanizado

Se trata de una de las líneas de investigación de mayor interés en los últimos tiempos, puesto que abre la posibilidad de estudiar de forma científica las tecnologías de corte. Los resultados de la optimización se concretan en la mejora del proceso, la optimización de las herramientas y utillajes implicados, etc.

Producción de materiales novedosos

La posesión de unos adecuados métodos tanto convencionales como no convencionales de mecanización, permitirá el desarrollo de las tecnologías relacionadas con la producción de materiales novedosos como:

- Aceros de alto valor añadido, tecnologías de nuevas composición (microaleaciones).
- Materiales fabricados por SHS (síntesis autosoportada a altas temperaturas), como carburos, boruros, hidruros intermetálicos, cerámicas, etc.
- Materiales especiales relacionados con la reducción del peso en vehículos.
- Materiales compuestos de matriz metálica.
- Materiales para aplicaciones especiales.

Aparte de estas áreas específicas, el desarrollo del programa requerirá e impulsará el avance en otras tecnologías de carácter más horizontal como:

<ul style="list-style-type: none"> • Inspección y ensayos de máquina y sistemas. Comportamiento en servicio. • Sistemas integrados de fabricación. • Software de modelizado y simulación en ingeniería. • Conformado por deformación. • Micro y nanotecnologías de fabricación. • Caracterización y monitorización del comportamiento en servicio. • Microsistemas. • Interface hombre-máquina. • Construcción ligera. • Manipulación inteligente/universal de productos y materias prima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos polímeros y composites. • Componentes de bajo consumo. • Tecnologías limpias en procesos industriales. • Ingeniería simultánea/concurrente. • Reciclado de productos al final de su ciclo de vida. • Optimización del uso de la energía. • Materiales compuestos de matriz metálica. • Gestión medioambiental y ecodiseño. • Tratamiento/minimización de la contaminación atmosférica y acústica.
--	--

IMPACTO PREVISIBLE DEL PROGRAMA

En el apartado puramente científico, cabe esperar que el programa ayude a consolidar unidades de investigación en la RVT en contacto con el mundo de los procesos convencionales y no convencionales de arranque de material. De esta forma se apuesta por la especialización de los grupos de investigación existentes, cuya valía es, ya en la actualidad, internacionalmente reconocida en publicaciones y foros (congresos y seminarios).

Estos grupos tienen una responsabilidad fundamental en tareas de vigilancia tecnológica, divulgación y transferencia de tecnologías a las empresas, prestando un apoyo fundamental a los departamentos de I+D de las mismas en la incorporación de tecnologías internacionalmente competitivas.

El impacto del programa tendrá, obviamente, una repercusión mayor sobre el sector de máquina-herramienta pero su impacto será también muy grande en sectores intensivos en las tecnologías de mecanizado como el aeronáutico o el de automoción. Otros sectores que también se beneficiarán de los resultados del programa son los de electrodomésticos, aceros de alto valor añadido y otros materiales, otros equipos mecánicos, sistemas de transporte y, en menor medida, los sectores agroalimentario, energía y manufacturas diversas.

Estos sectores ocupan una posición destacada en el entramado socioeconómico de la CAPV en los apartados de cifra de negocio, exportaciones y empleo, dando fe de la relevancia de un programa como el que se presenta.

En el apartado de productos, aquellos que se beneficiarán de forma más directa de los resultados del programa son:

- Máquinas-herramienta y accesorios.
- Componentes del automóvil.
- Componentes de motores y estructuras aeroespaciales.
- Utillajes para conformado metálico en frío y en caliente (moldes, matrices, troqueles, hileras, punzones, etc.).
- Herramientas de corte y rectificado.
- Productos sinterizados de alto valor añadido, como cerámicas avanzadas, cermets, productos fabricados por SHS, materiales compuestos de matriz metálica (fundamentalmente base Al), etc.


Programa de Transportes Avanzados de Futuro

FUNDAMENTOS

El transporte es sin duda uno de los grandes problemas de la sociedad actual. La dimensión de las ciudades y las necesidades de movilidad crecen sin cesar y los problemas de transporte aumentan y con ellos los derivados de la calidad de vida, de la contaminación y de las pérdidas de tiempo que suponen los continuos desplazamientos.

El desarrollo científico y tecnológico en el campo del transporte se constituye en uno de los pilares fundamentales para la implantación futura de nuevos medios y sistemas que ayuden a paliar los problemas a los que este sector se enfrenta. La capacitación del País Vasco en las tecnologías que sustentarán los medios de transporte del futuro abrirá las puertas a la industria vasca a mercados con gran potencial de crecimiento, tanto a nivel nacional como internacional.

El presente programa de investigación estratégica persigue la capacitación tecnológica del País Vasco para el desarrollo de soluciones y apuestas de futuro en varios de los cuadrante de la siguiente matriz, que en general, resume el escenario de modelos de transporte:

Uso	Larga Distancia >1.000 km superficie	Media distancia 30-100 km superficie	Áreas urbanas <30 km superficie/ subterráneo
Individual Pequeño Grupo <4	X	Coche	Coche Superficie Coche Subterráneo Público 
Colectivo Medio >5 - <50	Bus	Bus Tren Alta Velocidad	Bus Superficie
Colectivo Grande >50... <300	Avión Tren	Avión Tren	Tranvía Metro Subterráneo
Gran Colectivo >300	Tren (Barco)	Tren (Barco)	X

Transporte urbano: metro burbuja medular

Las soluciones aplicadas a las áreas URBANAS son derivadas de modelos de transporte diseñados para transportes de media o larga distancia como el coche o el tren, generando problemas de inadaptación por:

- Excesivo número de vehículos coches con un uso personal muy flexible pero que agota los recursos disponibles en superficie.

- Aplicación de la solución subterránea de Metros que sólo tiene sentido en grandes áreas urbanas en donde se justifica una costosa infraestructura ferroviaria subterránea.

En los núcleos de población, el problema de transporte y las soluciones adoptadas (metro, bus, vehículos particulares) dan una respuesta personalizada a unos tipos de usuario con unas características que no siempre se adecuan a las necesidades de movilidad general de la población, ni tampoco resuelven los problemas que su utilización conlleva. Una alternativa de futuro para resolver los problemas de transporte urbano es el “Metro Burbuja Modular”.

Transporte interurbano: tecnologías de alta velocidad

Por otro lado, para las comunicaciones INTERURBANAS en distancias intermedias, el Ferrocarril ofrece soluciones como la del Tren de Alta Velocidad (TAV). Pensando en el transporte entre núcleos de población que se encuentran a distancias inferiores a los 700 Kms (largo recorrido) se observa que el avión y el automóvil han arrebatado mercados que, hasta hace unos años, eran propios del ferrocarril. La puesta en servicio comercial de los denominados trenes de alta velocidad se presenta como una alternativa a dichos medios de transporte mejorando al mismo tiempo la calidad de vida del pasajero (mismos tiempos de viaje, acceso directo a los centros de las poblaciones, mayor libertad de movimiento en su interior, ...), una disminución de la contaminación ambiental y ahorro energético.

Tanto en Europa como en Japón se han inaugurado en los últimos años una serie de líneas de alta velocidad, todas ellas a velocidades máximas comprendidas entre 250 y 300 km/h. Con este rango de velocidades máximas el Ferrocarril es competitivo en distancias máximas de 500 km. Si se pretende unir distancias superiores, este rango de velocidades máximas resulta claramente insuficiente y surge la necesidad de ampliar las velocidades máximas a valores superiores a 350 km/h.

Frente a esta necesidad, que si se cubre puede ampliar notablemente el mercado ferroviario, se presentan un número de problemas a resolver que limitan las velocidades máximas de circulación. Entre estos problemas pueden citarse:

- Riesgo de vuelco de los trenes debido al viento lateral.
- Limitación del peso por eje.
- Capacidad de freno.
- Niveles de ruido emitidos y de ruido interior.
- Gestión global de la seguridad.
- Comportamiento dinámico de los trenes y su sensibilidad a las condiciones de mantenimiento del vehículo.
- Gestión del mantenimiento.
- Equipo de tracción (reducción de peso y tamaño, incremento de potencia).
- Resistencia aerodinámica.
- Generación de ondas de presión en el cruzamiento de trenes en túnel y en campo abierto.

Junto a estos problemas la imagen de calidad y confort requeridos por este tipo de trenes hace que las prestaciones de climatización, información al viajero, comunicaciones internas y externas, etc. cobren una importancia capital y requieran soluciones tecnológicamente avanzadas.

De cara al futuro, el desarrollo de tecnologías que permitan desarrollar trenes con velocidades hasta 300 km/h permitirá entrar en el reducido grupo de empresas y países que son capaces de ofrecer dichos pro-

ductos. La resolución y el control de los problemas asociados a velocidades superiores a 300 km/h permitirá a las industrias y al País que las desarrollen ofrecer productos no existentes en la actualidad.

Sistemas multimedia

En la actualidad el transporte ferroviario es una solución de carácter público al problema del transporte cuyas mejoras en operatividad, seguridad, fiabilidad e interrelación y comunicación con los usuarios y el personal de la compañía se ven directamente reflejadas en una mayor eficiencia del sistema.

En este sentido, las tecnologías multimedia pueden tener un impacto importante en las soluciones avanzadas para los sistemas de control de tráfico, que en el futuro deben proporcionar todas las funciones necesarias para el manejo de una línea ferroviaria desde el centro de control de la red y asegurar su protección automática.

La señalización es el cerebro y el sistema nervioso de una red de tránsito. Su papel es crucial para incrementar la capacidad, la velocidad comercial, la flexibilidad en la planificación y la reducción de costos de operación. Para alcanzar todos estos objetivos lo adecuado es una solución de señalización integrada completa.

La red de comunicaciones relaciona todos los elementos del sistema (centro de control o supervisión automática de trenes, estaciones de equipamiento, equipamiento de vía y equipamiento de a bordo), y es en este punto donde aparece la necesidad de las herramientas multimedia, tanto a nivel de comunicaciones, como de interface de todos los sistemas de control, gestión e información.

En los sistemas de control de tráfico ferroviario, junto a los componentes físicos aparecen una serie de componentes software, ya sea para control, comunicaciones o interface. En todos los casos el sistema desde una óptica entradas/salidas resulta multimodal al igual que la comunicación humana, especialmente en los sistemas de interface entre el operario o el usuario y los trenes o en los sistemas de vigilancia (cruces, vía, estaciones...).

La comunicación humana es intrínsecamente multimodal. Con los avances de la tecnología, los sistemas modernos de comunicación también llegarán a ser más y más multimodales. De este modo las tecnologías multimedia representan un nuevo campo para la investigación de las interacciones entre una variedad de sistemas mass-media como el habla, el audio, la imagen, el vídeo, texto y gráficos. Las tecnologías multimedia futuras necesitarán manejar información con un mayor nivel de inteligencia, por ejemplo el reconocimiento automático y la interpretación multimodal de señales.

Aviónica

Dentro de la Industria aeronáutica, la categoría de aviónica comprende los sistemas de comunicación y navegación basados de a bordo o embarcados. Estos sistemas exigen una alta fiabilidad acompañada de un peso y volumen reducidos, lo que condiciona su diseño. La aviónica comercial comprende una amplia gama de productos entre los que se incluyen: equipos de transmisión, equipos de radar, ayudas a la navegación, transmisores de radio, giroscopos, pilotos automáticos, etc.

El tamaño global del mercado de la aviónica comercial es de aproximadamente 5,500 M\$ anual (1999) con una tasa de crecimiento prevista entre el 5% y el 10% para los próximos diez años. Los márgenes operativos en el sector se sitúan en el entorno del 15%. Las causas que explican este espectacular crecimiento y expectativas son numerosas:

- La globalización de la economía actúa como motor del crecimiento del tráfico aéreo, lo que provoca una fuerte demanda en todo el mundo por más aeronaves comerciales.

- Las aerolíneas no sólo buscan añadir mayor número de aeronaves a sus flotas, sino que están asumiendo costosos programas de modernización con el objetivo de mejorar eficiencias y reducir costes operativos en un mercado extremadamente agresivo.
- Al mismo tiempo, el crecimiento del tráfico aéreo está poniendo a prueba las capacidades de gestión de dicho tráfico y poniendo en evidencia la necesidad de hacer crecer las infraestructuras de apoyo y control.
- El desarrollo de nuevas tecnologías continúa siendo uno de los motores en la generación de una mayor demanda en este mercado. Estas tecnologías contribuyen a reducir peso, disminuir consumos, incrementar espacio disponible en la aeronave y mejorar la estabilidad aerodinámica del avión. Tecnologías basadas en microprocesadores, y controles basados en flight-by-wire y flight-by-light están remplazando cientos de componentes electromecánicos e hidráulicos.
- Con la progresión actual en el desarrollo de nuevas tecnologías se puede estimar que el contenido en sistemas electrónicos y de aviónica en una aeronave de última generación se doblará lo largo de los próximos 10 años. La aviónica llegará a suponer el 20% del coste total de una aeronave.

El sector de aviónica resulta atractivo alto por su alta rentabilidad y por unas barreras de entradas al sector muy altas. Sin embargo las capacidades en Euskadi son todavía puntuales, y es necesario un esfuerzo especial para conseguir que el País Vasco entre en el sector.

OBJETIVOS

En las líneas de trabajo aquí apuntadas existen múltiples objetivos asociados en gran medida a la problemática que tratan de resolver:

1. Desarrollar investigación básica y aplicada que conduzca a dar respuesta a las necesidades y problemas que presenta en la actualidad el transporte urbano, en concreto orientada a la consecución del Metro Burbuja Modular.
2. Desarrollo de las Tecnologías necesarias para la Circulación en el Ferrocarril a velocidades superiores a 300 km/h.
 - Desarrollo y puesta a punto de tecnologías de diseño y experimentación aerodinámica de vehículos ferroviarios con un énfasis especial en lo referente a la problemática del viento lateral, resistencia aerodinámica y generación de ondas de presión.
 - Desarrollo de tecnologías de diseño y fabricación que permitan una gestión óptima del peso y la utilización de materiales ligeros.
 - Desarrollo de nuevos sistemas de freno basados en corrientes de Eddy y optimización de la capacidad de freno de los sistemas actuales.
 - Desarrollo de nuevas tecnologías y criterios de diseño que permitan mantener o incluso reducir los niveles de ruido interior y exterior sin penalizar el peso de los trenes.
 - Profundización en técnicas de gestión global de la seguridad que permitan garantizar que el diseño, fabricación, operación y mantenimiento de los trenes son seguros frente a diferentes tipos y escenarios de fallo.
 - Establecimiento de criterios, modelos de cálculo, soluciones de diseño y criterios de explotación que garanticen un comportamiento dinámico de los trenes adecuado para velocidades de explotación superiores a 300 km/h.
 - Establecimiento de tecnologías y modelos de gestión de supervisión y mantenimiento que garanticen la seguridad, fiabilidad y disponibilidad de los vehículos a mínimo coste.

- Desarrollo de un equipo de tracción adecuado (reducción de peso y tamaño, incremento de potencia, fiabilidad, etc.) para estas velocidades.
 - Desarrollo de elementos mecánicos de transmisión de potencia (acoplamientos, reductores, etc.) que cumplan las especificaciones de vida, peso, ruido, etc. propias de los trenes de alta velocidad.
 - Desarrollo de sistemas de cambio de ancho para trenes de Alta Velocidad.
 - Desarrollo de tecnologías de pendulación en trenes de Alta Velocidad.
 - Desarrollo de un bus de comunicaciones de amplias prestaciones que sea capaz de transportar toda la mensajería prevista en los trenes del futuro.
 - Desarrollo de las tecnologías necesarias para que puedan desarrollarse dentro de la Comunidad Autónoma otros equipos auxiliares con las especificaciones de peso y prestaciones exigidas en Alta Velocidad.
3. Desarrollo de nuevos sistemas multimedia orientados al control de operaciones de sistemas ferroviarios, prestando especial atención a los aspectos de seguridad.
- Mejora operaciones de sistemas ferroviarios.
 - Sistemas de seguridad en cruces.
 - Mejora de la infraestructura ferroviaria, puentes y túneles.
4. Introducir a la industria de la C.A.P.V. en el sector de la aviónica.
- Selección de los productos de aviónica y de las empresas más adecuadas de la C.A.P.V. para desarrollar, producir y comercializar estos productos.
 - Identificación del proyecto tractor, que sirva para el lanzamiento de las industrias seleccionadas de la C.A.P.V. en este sector.
 - Selección de los colaboradores tecnológicos/comerciales más apropiados para conseguir estos fines.
 - Conseguir el compromiso de las empresas de la C.A.P.V. seleccionadas para desarrollar este sector en la C.A.P.V.

ÁREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

Dentro de este Programa se van a tener en cuenta áreas y líneas tecnológicas pertenecientes a diversas disciplinas asociadas directamente con los objetivos del programa:

Metro Burbuja Modular

- Enrutado.
- Levitación magnética.
- Localización sin cable.
- Comunicaciones.

Tren de Alta Velocidad

- Aerodinámica: Técnicas de Diseño y Experimentación.
- Dinámica de Vehículos: Técnicas de Diseño y Optimización.

- Actividades FMDS (Fiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad y Seguridad) y su aplicación en el ámbito ferroviario según las nuevas directivas europeas.
- Tecnología de los Materiales: Diseño, Fabricación, Incorporación de nuevos materiales,...
- Tracción y Frenado: Diseño, Fabricación e Incorporación de sistemas de propulsión y nuevas cadenas de propulsión.
- Mecatrónica, suspensiones activas, semiactivas y adaptativas.
- Electrónica e Informática de Comunicaciones específico para el ámbito ferroviario.

Sistemas Multimedia

- Arquitecturas de procesamiento multimedia inteligente.
- Fusión de datos multicanal/multimedia.
- Representación multimodal y recuperación de información: Aplicaciones de combinación de objetos multimedia, preguntas y búsquedas de información multimedia incluyendo agentes web inteligentes.
- Representación de objetos 3D y movimiento de seguimiento, generación y animación de imágenes.
- Comunicación e iteración hombre-máquina: Análisis audio-visuales e iteración multimodal.
- Visualización y análisis de datos multimedia.

Aviónica

- Sistemas que se relacionan directamente con el piloto:
 - Instrumentos indicadores ("display").
 - Comunicaciones. Sistemas de radio, altas frecuencias (HF), muy alta frecuencia (VHF) y ultra alta frecuencia (UHF).
 - Entrada de datos y control, teclados, pulsadores y voz.
 - Sistemas de control de vuelo, "fly-by-wire" y sistemas de auto estabilización.
- Sistemas sensores del estado del avión:
 - Sistemas que proporcionan con precisión los parámetros del aire: presión, densidad, velocidad, temperatura).
 - Sistemas inerciales: giroscopios y acelerómetros.
- Sistemas de navegación:
 - Sistemas de estimación de la posición mediante la velocidad y dirección del movimiento (independiente de sistemas externos).
 - Sistemas de navegación por radio basado en satélites (GPS) o transmisores desde tierra (VOR/DME).
- Sistemas sensores del exterior:
 - Sistema radar: Radar de condiciones climatológicas, radar para detectar aviones y suministrar información del terreno.
 - Sistemas infrarrojos.

- Sistemas de automatización:
 - Sistemas automatizados para controlar la navegación GPS e INS.
 - Sistemas automatizados para control de vuelo y piloto automático.
 - Sistemas de control del motor. Control digital.
 - Sistemas de ayuda al mantenimiento: control de combustible, sistema eléctrico, hidráulico, presurizado de cabina, alarma, monitorizado.

IMPACTO PREVISIBLE DEL PROGRAMA

Las actividades desarrolladas en este Programa tienen un impacto directo en los usuarios del transporte público y en las Administraciones Públicas o Privadas encargadas de su explotación. La propia CAPV presenta problemas de transporte urbano en ciudades como Donostia, Vitoria-Gasteiz... en donde las alternativas de Metro no son aceptables por su impacto y costes, requiriéndose soluciones operativas más ligeras.

Por otra parte desde el punto de vista industrial, en la CAPV está consolidándose una industria del transporte, tanto como fabricantes de vehículos (CAF, IRIZAR, IBERDROLA, ...), como en fabricantes de equipos y sistemas auxiliares (INGELECTRIC, IKUSI, IBERMÁTICA, IKOR, METALOCAUCHO, ...). Las innovaciones obtenidas en la investigación para estos nuevos medios de transporte son de gran valor para este sector y todos aquéllos que de él dependen. La industria de las TIC proporciona posibilidades de integración de estas tecnologías en el área del transporte.

La capacitación científica y tecnológica de la CAPV en el sector de aviónica contribuirá de forma imprescindible al asentamiento y crecimiento de esta industria en nuestra región, y además los conocimientos generados podrán ser aplicados en otros campos, principalmente en el área de transporte (automoción, ferrocarril).

En concreto, de los avances en Tecnologías de Alta Velocidad y Sistemas Multimedia se espera un impacto muy significativo desde diferentes puntos de vista:

- Incremento de la cuota de participación en el programa de trenes de alta velocidad que se inicia en el ámbito del Estado Español y que en un plazo de 10 años puede estimarse como no inferior a 300.000 millones de Ptas.
- Incremento de la participación de la industria de la Comunidad Autónoma en los productos tecnológicos embarcados en los trenes de todo tipo, (>60% del valor total del tren). En los próximos 10 años puede estimarse esta cifra como también superior a 300.000 millones (60% de la facturación de CAF en los próximos 10 años). Un incremento del 10% en esta participación supondrán unos ingresos de 30000 millones para la Comunidad.
- Apertura de la Industria de la Comunidad al mercado exterior de la Alta Velocidad. Posicionamiento de la misma en dicho mercado de cara al futuro.
- Mejora de imagen comercial de las empresas de la Comunidad y mejor posicionamiento de las mismas en los diferentes mercados.

Todos los aspectos anteriores representarán generación de empleo tanto a nivel de la industria tractora como de la industria auxiliar en un porcentaje similar a las facturaciones citadas. Por otra parte, en un mundo de evolución tecnológica constante, asegurarán la capacidad competitiva futura de nuestra industria.

Programa de Materiales Inteligentes

FUNDAMENTOS

El dominio de las tecnologías de los materiales o de los aspectos relacionados con los materiales en otras tecnologías se reconoce como fundamental desde hace 25 años para el avance general de la técnica. De hecho, existe consenso casi general sobre el protagonismo fundamental de tres tecnologías en el progreso económico actual de los países más desarrollados: las tecnologías de la información y de las comunicaciones, las biotecnologías y las tecnologías de materiales.

Las tecnologías de los materiales tienen un carácter marcadamente horizontal, afectando a todos los sectores empresariales. Dado que vivimos en un mundo con soporte material, cualquier actividad técnica termina por recurrir o enlazar con una realización material. Esto es válido tanto para las tecnologías más maduras como para aquellas tecnologías más avanzadas, independientemente de los fenómenos de “desmaterialización” que, en realidad, ha hecho posibles las propias tecnologías de materiales. Cualquier avance en las propiedades o reducción en los costes de un material repercute en todos los sectores usuarios actuales o potenciales del mismo. En el caso de las tecnologías electrónica y de las comunicaciones o en las microtecnologías (microfabricación y microsistemas), su propia existencia depende de la disponibilidad y evolución de materiales funcionales específicos.

La capacidad tecnológica de un material está codificada en su estructura interna, incluida la capacidad de evolución de esa misma estructura mediante procesos tecnológicos. Un conocimiento exhaustivo de la relación estructura-propiedades de un material y de la transformación estructural inducida por un proceso arbitrario efectuado sobre ese material proporcionaría un dominio absoluto a efectos de diseño de materiales optimizados, diseño y control de procesos y diseño óptimo con materiales.

Modelización multiescalar de materiales

Aunque esa utopía no sea accesible, los conocimientos básicos disponibles y la capacidad actual de simulación numérica permiten desarrollar la “realidad virtual” en el ámbito de los materiales y sus procesos. Estos modelos posibilitan, hasta un cierto punto, sustituir la experimentación por simulaciones ab initio que permiten predecir las propiedades de un nuevo material o los efectos que un determinado proceso tendrá sobre las mismas. Esta realidad virtual se establece en tres escalas dimensionales distintas. De una parte la escala macroscópica (1-10.000 mm), correspondiente a las aplicaciones finales de la ingeniería convencional, resuelta en la mayor parte de los casos eficazmente por los medios de modelización y simulación numérica disponibles siempre que las simulaciones sean alimentadas con ecuaciones constitutivas suficientemente sofisticadas.

El siguiente peldaño en el descenso hacia lo más pequeño lo ocupa la escala mesoscópica (0,1-100 mm). El interés de esta escala es doble: de una parte es ésta la escala típica para la descripción de la microestructura de los materiales (dislocaciones, juntas de grano, defectos,...) por lo que constituye la base de cualquier modelización en el ámbito de los materiales y ha de servir de alimento para las modelizaciones a escalas superiores. Por otra parte, el avance de las microtecnologías precisa del desarrollo de nuevas herramientas de simulación mesoscópicas que permitan ir más allá de la aproximación de medios continuos usualmente utilizada en las simulaciones macroscópicas.

Finalmente, la escala microscópica (0,1-10 nm) está típicamente representada por las simulaciones atomísticas de estática y dinámica molecular, en las que un elemento de volumen del material está constituido por un agregado de átomos individuales cuya cohesión está regida por un potencial conveniente de interacción. Estas simulaciones atomísticas “alimentan” a las simulaciones mesoscópicas. Actualmente, como ocurre en el caso de la escala mesoscópica con las microtecnologías, las realizaciones incipientes de la nanotecnología o los tamaños estructurales característicos de los materiales nano-estructurados caen ya dentro del rango dimensional de esta escala.

Procesos inteligentes de fabricación

Pero es evidente que el conocimiento de la relación entre la estructura y propiedades de un material no es suficiente. El siguiente paso hacia la utopía que antes se planteaba pasa por una revisión fundamental de los procesos de fabricación de materiales mediante la incorporación de inteligencia a dichos procesos. Esta inteligencia permitirá el control y la modificación in situ de las variables críticas de los procesos, con el fin de optimizar las propiedades de los materiales que interesen.

Esta nueva y revolucionaria perspectiva desde la que enfocar la fabricación de materiales se conoce como *Intelligent Processing of Materials* (IPM). El IPM aplica las tecnologías más avanzadas de modelización de procesos, sensores, software específico e inteligencia artificial, integrándolas para alcanzar un control inteligente de las variables críticas del proceso de fabricación de materiales. Entre los beneficios más sobresalientes del IPM podemos señalar la total predicibilidad de la calidad de los productos obtenidos, acercando la fabricación a una situación real de cero defectos y permitiendo una respuesta rápida a los cambios en los requerimientos exigidos al producto.

Algunos de los procesos abordados mediante IPM son los relacionados con la fabricación de piezas o productos mediante:

- Fusión y Solidificación de aleaciones férreas, metales ligeros y aleaciones especiales, por ejemplo álabes de turbina.
- Procesos de conformado como la forja y estampación tanto en frío como en caliente.
- Tecnología de polvos metálicos (pulvimetalurgia) y cerámicos.
- Fabricación de materiales compuestos de fibra de carbono en matriz orgánica para componentes aeronáuticos, compuestos carbono/carbono y compuestos de matriz metálica.
- Tecnologías de unión para un elevado campo de aplicaciones incluidas las soldaduras y microuniones.
- Procesos de tratamientos térmicos y superficiales.
- Recubrimientos de proyección térmica por plasma.
- Deposición de capas finas para la industria electrónica y de microsistemas.

Materiales y estructuras inteligentes

Finalmente, y acaso como máximo exponente de dónde puede conducir un conocimiento exhaustivo de la relación estructura-propiedades de los materiales y un control exhaustivo de los procesos de fabricación y transformación de los mismos, se encuentran los llamados materiales inteligentes, materiales capaces de responder ante diferentes estímulos físicos modificando alguna de sus propiedades.

La naturaleza de estos materiales es muy variada y, aunque inicialmente se asociaban a aleaciones metálicas especiales, hoy día mayoritariamente se desarrollan a partir de estructuras de material polimérico, presentando las siguientes características:

- Capacidad para responder físicamente a estímulos externos sin precisar un tratamiento externo de la información.

- Propiedades inesperadas o nuevas.
- Reversibilidad y reciclabilidad, particularmente en el caso de sistemas.
- Aplicabilidad general a varias situaciones.

Por sus aplicaciones en estructuras y sistemas cabe agrupar los materiales inteligentes en diferentes grupos:

- **Materiales con memoria de forma (SMA):** Se trata de materiales que, tras sufrir una deformación, son capaces de recuperar su forma original por absorción de energía térmica (aumento de la temperatura). Son aplicados en robótica, en el desarrollo de músculos artificiales, modificación de la rigidez de materiales composites, control de, incorporación en tejidos, acoplamientos hidráulicos, tallado de roscas, etc.
- **Materiales piezoeléctricos (PZT):** Materiales que se expanden y contraen al aplicarles un voltaje determinado. Su rapidez de respuesta (milésimas de segundo) los hacen indispensables como sensores y transductores en la industria aeroespacial, amortiguamiento en sujeciones de motores, actuadores de alta precisión, etc. Además, al poseer una alta sensibilidad a la presión, se aplican en desarrollos de piel artificial o como sensores para la lectura del lenguaje Braille.
- **Polímeros conductores:** Actualmente, en forma de film, se aplican en el desarrollo de estructuras sándwich para la generación de músculos artificiales. Otros materiales innovadores en este campo son los geles poliméricos. Se trata de polímeros con capacidad de absorber o desprender el medio solvente ante un estímulo externo y se aplican en biomedicina y desarrollos de robótica.
- **Fluidos electro-reológicos y magneto-reológicos:** Son materiales en suspensión que experimentan cambios en sus propiedades reológicas (viscosidad, plasticidad) cuando están bajo la influencia de un campo eléctrico o magnético. Son de aplicación en sistemas de amortiguación, y frenado de vehículos. Como actuadores se utilizan en funciones de control o estructuras con capacidad de adaptación.
- **Materiales sensibles a la luz:** materiales fotocromáticos, termocromáticos, electroluminiscentes, fluorescentes, etc. Se trata materiales, que presentan cambios de color inducidos por cambios de intensidad de luz, temperatura u otras variables.

Estas capacidades dan lugar a un amplio abanico de aplicaciones que van desde los sensores y actuadores, hasta su combinación en el diseño de estructuras inteligentes, generando un valor añadido en su aplicación, reduciendo costes y aumentando la funcionalidad. Su uso y aplicaciones se extienden a todos los sectores y abarcan hoy día, entre otros, el transporte, la ingeniería civil y aeroespacial, el material médico y las tecnologías de fabricación.

Posicionamiento internacional

En la CAPV no existe actividad reseñable en el contexto de los Procesos Inteligentes de Fabricación de Materiales que se describe en la presente propuesta de investigación estratégica. Esta misma consideración puede hacerse a escala estatal y las referencias en el ámbito europeo son también escasas y en general están siendo desarrolladas in-house por varias empresas, principalmente del sector aeronáutico (por ejemplo Snecma-Francia). Los Estados Unidos aparecen como líderes internacionales en este campo.

En cuanto a los materiales inteligentes, Europa se está quedando atrás actualmente respecto a Japón y a EE.UU. en el despegue tecnológico, aplicación y conocimiento sobre los materiales inteligentes. Existe poca coordinación entre los grupos de organizaciones implicados y son pocas las oportunidades de fertilización mutua de las ideas.

En el ámbito europeo, existen aislados grupos de desarrollo relacionados con varios aspectos de las estructuras y los materiales inteligentes, que incluyen a la Universidad de Pisa (geles poliméricos), Siemens (piezoeléctricos), Scandinavian Memory Metals (memoria de forma), Strathclyde University (extensómetros) y Bosch (fluidos-electroreológicos).

En la CAPV al margen de puntuales esfuerzos desarrollados por empresas privadas, destacan los trabajos de distintos grupos de la UPV/EHU en el desarrollo de músculos artificiales que han tenido una importante repercusión internacional.

La importancia que en el tejido empresarial de la CAPV tienen los sectores relacionados con la producción y generación de materiales sustenta firmemente la necesidad de generar de conocimientos en este campo. Parece por ello oportuno abordar el desarrollo de una investigación estratégica, de acuerdo con la tendencia internacional, que permita reducir el retraso existente con los países de referencia y pueda producir resultados a medio y largo plazo. Estos resultados serán clave para la competitividad futura del tejido industrial de la CAPV, evitando que las empresas vascas puedan verse desplazadas del mercado por competidores externos con un mayor valor añadido en sus productos, valor derivado del empleo de nuevos materiales y tecnologías relacionadas con los mismos.

El presente programa tiene, por su carácter estratégico, un alcance que va más allá de los contenidos del Programa de Materiales y sus Procesos del PCTI. Sin embargo, se estructura en perfecta sintonía con él así como con los contenidos recogidos en los Planes Tecnológicos de los Clusters (destacar el Cluster Aeronáutico, el de Automoción, el de Electrodomésticos y el de Máquina-Herramienta entre otros).

De la misma manera, el programa parte de la inquietud recogida tanto en el Plan Nacional de I+DT (2000-2003) como en una de las siete áreas identificadas como prioritarias por la Unión Europea para la definición del futuro VI Programa Marco (Área 3: *Nanotechnologies, Intelligent Materials, New Production Processes*).

OBJETIVOS

Los objetivos que se plantea el programa son:

1. **Crear una masa crítica de investigación y desarrollo** sobre modelización y simulación de materiales, procesos inteligentes de fabricación y nuevos materiales inteligentes y avanzados con un enfoque modular y polivalente.

Con esta finalidad se promoverá la colaboración entre los diferentes agentes de la oferta científico-tecnológica capacitados en este ámbito, reforzando las sinergias existentes y promoviendo el desarrollo de proyectos en colaboración.

2. **Adquirir conocimientos, mediante el desarrollo de actividades de investigación**, que proporcionen las bases para el cambio necesario en las tecnologías de materiales en el medio y largo plazo.

En este sentido, resulta necesario reforzar la colaboración con centros de referencia internacional en el ámbito de los materiales, tanto europeos como americanos, que permitan la realización de una investigación internacionalmente competitiva.

3. **Desarrollar y fomentar mediante demostradores las posibilidades de aplicación de los materiales inteligentes** en la innovación de procesos y productos por parte de las industrias del País Vasco.

Este último objetivo garantiza la necesaria orientación estratégica del programa, ligando el desarrollo de nuevo conocimiento con el aumento de la competitividad y la generación de valor por parte de las empresas vascas.

Se muestran a continuación las áreas científico-tecnológicas a las que pretende dar cobertura el programa:

Modelización multiescalar de materiales y sus procesos

- **Nivel microscópico:** investigación destinada a crear una base de modelización microscópica preparatoria para incorporarse, a largo plazo, a las nanotecnologías:
 - Simulación atomística de la estructura y propiedades de materiales nano-estructurados.
 - Modelización de procesos de fabricación de materiales y productos con polvos nanométricos.
 - Auto-organización y auto-ensamblado de nano- y microestructuras funcionales.
 - Modelización microscópica como herramienta de apoyo a la caracterización experimental de materiales en microtecnologías (multicapas de pequeño espesor, intercaras en componentes microelectrónicos, propiedades locales en MEMS).

- **Nivel mesoscópico:** tal y como se ha puesto de manifiesto en la introducción, el nivel mesoscópico vertebrará la modelización de los materiales y sus procesos:
 - Generación y evolución virtual de microestructuras tridimensionales: modelos geométricos de teselación espacial y modelos basados en micromecanismos físicos.
 - Simulación de comportamiento micromecánico de materiales cristalinos mediante dinámica de multi-dislocaciones.
 - Simulaciones micromecánicas de materiales policristalinos mediante MEF con plasticidad cristalográfica (deslizamientos).
 - Modelización de continuos plásticos microestructurados con efectos del gradiente de deformación (plasticidad no convencional).
 - Simulaciones de precipitación y recristalización estática y dinámica.
 - Modelización tridimensional de transformaciones de fase.
 - Simulación microscópica de fenómenos de sinterización.
 - Modelización mesoscópica de fenómenos de daño estructural y zonas de proceso de sólidos agrietados.

- **Nivel macroscópico:** se buscará el enlace con la modelización a escala mesoscópica:
 - Simulación de procesos termomecánicos de transformación y conformado de materiales; viabilidad, proyecto y optimización de nuevos procesos.
 - Simulación de procesos de soldadura y sus efectos en las uniones resultantes (tensiones residuales, propiedades, etc.).
 - Previsión de vida remanente de piezas o equipos (centrales de producción de energía, reparaciones aeronáuticas, modificaciones del diseño original).
 - Modelización para la caracterización de microsistemas mediante técnicas experimentales directas o indirectas.
 - Modelización para desarrollo y puesta a punto de nuevas técnicas de exploración o inspección (microtomografía de rayos X, acustografía, microscopias de fuerzas interatómicas, etc.).

Procesos inteligentes de fabricación de materiales

– Evolución dinámica de las variables críticas en los procesos de fabricación de materiales.

Estudios que permitan la comprensión y dominio de la evolución dinámica de las variables en los materiales durante el proceso, con objeto de elaborar modelos más avanzados y cercanos a la realidad. Identificación, análisis y evaluación de los factores clave, pasando del empirismo actual a un conocimiento cuantitativo de la influencia real.

Es necesario desarrollar relaciones cuantitativas entre las propiedades físicas de los materiales y la microestructura, así como con las propiedades comercialmente deseables. El resultado de estos estudios conducirá a investigar sobre nuevas técnicas de medición que puedan ser aplicadas al entorno productivo y proporcionen la información de la microestructura del material durante el proceso.

– Desarrollo y aplicación de sensores robustos a la monitorización y control del proceso y de su entorno.

Desarrollo y aplicación de sensores capaces de obtener la información in-situ en tiempo real, principalmente en lo que al material se refiere durante su procesado, para la monitorización del proceso y de su entorno. Hoy en día éste es uno de los desafíos tecnológicos críticos, ya que los sensores constituyen para el IPM uno de los elementos clave y por tanto con mayor necesidad de desarrollo tecnológico. Los sensores deben funcionar de manera fiable en entornos de fabricación calificados como “hostiles”, proporcionando los datos que permitan una definición precisa temporal y espacial de los cambios que se producen en los materiales y en el propio proceso, ambos durante la fabricación.

Es necesario por tanto el desarrollo o aplicación de nuevos sensores para el control de variables tanto de procesos convencionales (forja, fundición, tratamientos térmicos) como no convencionales (metalurgia de polvos, deposición por láser, fabricación de composites) El desarrollo de tecnologías sensoriales robustas, de bajo precio, aparece como vital para conseguir los objetivos que persigue el IPM.

– Estrategias de control inteligente. Aplicaciones de redes neuronales, lógica difusa y sistemas expertos avanzados para la toma de decisiones.

En el IPM es necesaria una estrategia de control inteligente para que el sistema tome decisiones y envíe dichas órdenes a los actuadores correspondientes. En los casos en los que los procesos tienen cierta complejidad, lo cual por otro lado es el escenario habitual de la mayoría de los procesos, resulta necesario el desarrollo de aplicaciones de redes neuronales, lógica difusa o sistemas expertos avanzados, para la toma de decisiones.

Desarrollo de materiales para sistemas inteligentes

Los contenidos del área girarán en torno a las diferentes clases de materiales inteligentes mencionados en la introducción:

- Materiales sólidos de base metálica, cerámica, polimérica, composites e híbridos, como por ejemplo aleaciones con memoria de forma, piezoeléctricos, ferroeléctricos, magnetostrictivos.
- Materiales para sistemas ópticos y electroópticos.
- Materiales líquidos y geles, tales como fluidos electrorreológicos.
- Materiales en capas y recubrimientos.
- Materiales para sensores y actuadores de aplicación específica.
- Estructuras y sistemas con materiales inteligentes.

Los contenidos de la investigación se estructurarán en diversos niveles:

– **Identificación y desarrollo de Materiales Inteligentes:**

- Síntesis y desarrollo de nuevos materiales inteligentes.
- Modelización del comportamiento.
- Identificación de nuevas respuestas, propiedades y modos de comportamiento.

– **Caracterización y diseño:**

- Determinación de propiedades, rangos de trabajo y utilización.
- Optimización de su modo de empleo y aplicación.
- Optimización de las fuentes de alimentación. Integración y optimización en sistemas de control. Análisis y optimización de respuestas. Amplificación y tratamiento de la señal.

– **Desarrollo de estructuras inteligentes aplicadas:**

- Identificación y evaluación de nuevas aplicaciones.
- Desarrollo de prototipos demostradores.
- Sistemas de detección y autorreparación.

– **Normalización:**

- Clasificación y tipología.
- Identificación de ensayos, unificar procedimientos de medida y nomenclatura.
- Homologación de ensayos.

IMPACTO PREVISIBLE DEL PROGRAMA

Tal y como se ha mencionado en la introducción, la horizontalidad de las tecnologías relacionadas con los materiales hace que cualquier desarrollo en este campo tenga una gran repercusión tanto económica como social.

En referencia la primera de las tres grandes áreas de actuación que se estructuran dentro de este programa, la modelización multiescalar de materiales y sus procesos, un incremento sustancial en la calidad de las simulaciones y en la precisión de las mismas permitirá reducir la necesidad de realizar ensayos experimentales sobre las propiedades y comportamiento de los materiales y las estructuras e incluso optimizar las propiedades de los mismos de manera “teórica” desde la simulación.

En referencia a los procesos inteligentes de fabricación de materiales, los ámbitos de aplicación comprenden a todas aquellas actividades en las que tiene lugar un proceso de transformación o fabricación con materiales, tanto metálicos como orgánicos o cerámicos. Algunos procesos relacionados con sectores empresariales de relevancia en la CAPV correspondientes que se verán beneficiados por los resultados del programa, pueden ser entre otros, los siguientes:

- Conformado de metales y otros materiales: forja, extrusión, fundición, estampación, embutición, conformado superplástico.

- En siderurgia: Colada continua, laminación.
- Inyección de plásticos y termoconformado.
- Fabricación de materiales compuestos por autoclave o RTM, SMC.
- Tratamientos y recubrimientos superficiales: PVD, CVD, Plasma, Spray, Electrodeposición, etc.
- Tecnologías de unión, principalmente la soldadura y las uniones por adhesivos.
- Fabricación de materiales compuestos.

Finalmente, en el apartado de materiales y estructuras inteligentes, las aplicaciones se expanden a numerosos ámbitos tanto empresariales como sociales. Por sectores, destacar las siguientes aplicaciones potenciales:

- Aplicaciones en construcción:
 - Detección y medición de las cargas exteriores (tráfico, clima, corrosión, terremotos).
 - Determinación del estado interno de la integridad de una estructura.
 - Control y mantenimiento de presas, medición del desplazamiento entre segmentos.
 - Pinturas con diferentes respuestas a la luz. Sistemas de señalización, sistemas de seguridad.
 - Sistemas de seguridad y control ambiental en edificios. Ventanas autorregulables.
- Aplicaciones en envases:
 - Adquisición de datos durante el transporte.
 - Envases con funcionalidad inherente. (calentar el producto, detectar si el producto envasado se ha estropeado, etc).
- Aplicaciones en máquina herramienta:
 - Monitorización del estado y ajuste de la máquina durante el mecanizado.
 - Modificación de los modos naturales de vibración de estructuras móviles.
 - Amortiguamiento de ruidos y vibraciones.
 - Actuadores libres de mantenimiento de baja inercia para máquinas de alta velocidad.
- Aplicaciones aeronáuticas:
 - Reducción de ruidos de la estructura, aislamiento de ruidos de los motores.
 - Control de configuración de espejos y antenas reflectoras, supresión de fluctuaciones en sistemas ópticos.
 - Ensamblaje preciso de los componentes. Detección de daños por impacto, fatiga en vuelo por ráfagas de aire y ambientes corrosivos, evaluación de zonas críticas: unión ala-estructura.
 - Mantenimiento, evaluación no destructiva del estado del aparato. Evaluación en vuelo de las condiciones del aparato, estado del tanque de combustible, control de motores, etc.

– Aplicaciones en automoción y transporte:

- Sistemas de amortiguamiento y suspensión. Frenos.
- Sistemas de seguridad. Parachoques con memoria de forma.
- Disminución de ruido.

– Otras aplicaciones:

- Biotecnológicas, implantes, músculos artificiales. piel artificial.
- Robótica.
- Control de electrodomésticos, autocontrol y eliminación de ruidos, etc.

Como puede verse, las aplicaciones a medio y largo plazo benefician a sectores básicos del tejido industrial de la CAPV, los cuales se encuentran en la cadena de producto y de valor de otras actividades que englobarían, en conjunto, a gran parte de la industria del País.