

La Energía de la Diversidad

Plan Director

Clúster de
Materiales para el Futuro



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID



POLITÉCNICA

ÍNDICE:

	<u>Página</u>
1. Introducción	3
2. Descripción del Clúster	4
3. El “Clúster de Materiales para el futuro” en el sistema español de ciencia y tecnología	5
4. Afinidad contenido-líneas de investigación de la UCM y UPM	7
5. Misión del Clúster	7
6. Objetivos generales	8
7. DAFO del Clúster	9
8. Ámbito de Actuación y Líneas de Investigación	12
9. Estrategia de Agregaciones	16
10. Plan de actuaciones general	17
11. Éxitos y beneficios esperables a corto plazo	18
12. Plan de Recursos Humanos	19
13. Plan de instalaciones y equipamiento	19
14. Presupuesto de gastos corrientes	20
15. Plan financiero, origen de los fondos.	20
16. Estrategia de valorización y comercialización de la innovación	20
17. Sinergias y dependencias con otros clúster	21
18. Barreras principales para la puesta en marcha	21
19. Identificación y valoración de los principales riesgos del clúster	22
20. Identificación de aspectos donde se necesita ayuda por parte del CEI	22
21. Gobernanza	22

1. Introducción

Investigación en materiales y sociedad del bienestar constituyen un binomio indisoluble. Nuestro entorno está, en gran medida, constituido por dispositivos tecnológicos que utilizamos diariamente y que, sin embargo, presentan propiedades físico-químicas extraordinarias que hace unas décadas eran difíciles de imaginar: transistores diminutos en teléfonos móviles, láseres de lectores de CD, lectores de códigos de barras, pantallas de televisión planas, edificios inteligentes, trenes de alta velocidad, circuitos integrados constituyentes básicos de los aparatos electrónicos o de los más sofisticados satélites de telecomunicaciones, cerámicas tenaces que soportan altas temperaturas, materiales para reparar y/o regenerar tejidos vivos, materiales para la liberación controlada de fármacos,... Basta con mirar alrededor para ver como la tecnología de los materiales forma parte del entorno, desde lavadoras que identifican el tipo de ropa introducido y seleccionan la temperatura y el tiempo de lavado, microondas que calientan alimentos en tiempo reducido, televisiones vía satélite, hasta ordenadores que permiten enviar un documento a miles de kilómetros de distancia gracias al correo electrónico.

Equipos multidisciplinares formados por ingenieros, físicos, químicos y, en ocasiones, biólogos, geólogos y/o médicos, dedican sus esfuerzos al desarrollo de materiales avanzados que pueden ser estructurales (metálicos, cerámicos, polímeros,...) o funcionales (conductores, magnéticos, biomateriales,...). Construcción, electrónica, ingeniería y prácticamente todas las áreas de actividad industrial, sin olvidar otra si cabe más importante, la salud, se benefician de esta actividad.

Entre las aplicaciones más destacadas de los llamados materiales estructurales, se encuentran los recubrimientos sobre sustratos metálicos, tanto para imprimir al producto un grado elevado de dureza, como en el caso de las herramientas metálicas, como para su protección ante la oxidación y corrosión a temperaturas elevadas, como sucede en tubos quemadores y piezas de turbinas. Es sabido que las aleaciones metálicas ligeras tienen amplio uso como componente estructural en la industria aeronáutica debido a sus excelentes prestaciones en ambientes altamente corrosivos. Los aluminosilicatos de elementos alcalinos constituyen algunos de los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Cuando se utilizan mezclas de varios de estos minerales en diversas formas y capas, se producen millones de metros cuadrados de baldosas al año sólo en España para su uso en suelos y paredes de todo tipo de construcciones. Las características mecánicas y ópticas de las baldosas de gres así producidas son, hoy en día, excepcionales, en gran parte debido al esfuerzo de investigadores especializados en materiales cerámicos.

En los materiales de construcción se han desarrollado importantes avances. Además de los nuevos materiales incorporados al sector, como los refuerzos de fibra de carbono, la adición de nanotubos de carbono al hormigón para mejorar su resistencia o el desarrollo de materiales autolimpiables, se hace particular hincapié en el desarrollo de materiales respetuosos con el medio ambiente, que actúan, por ejemplo, como sumidero de CO₂ y que permiten una construcción sostenible al incorporar el ciclo de vida del material en el proceso de proyecto, construcción, uso, demolición y reutilización o reciclado. Gracias a esto, se han podido construir puentes con distancias entre pilas que superan los 2 km, rascacielos que superan los 500 m de altura en zonas de riesgo sísmico (gracias a la mejora de la ductilidad del material) y túneles bajo el mar, como el del Canal de la Mancha, con hormigones de altas prestaciones. Un aspecto fundamental a resaltar entre los materiales estructurales reside en la interacción del hormigón con el medio. La fabricación de una tonelada de cemento Portland genera unos 900 kg de CO₂. Para disminuir estas emisiones se buscan sustitutos del cemento, alargar la vida útil

de las estructuras y contemplar el ciclo completo del material, incluido el ahorro energético a lo largo de la vida de la estructura y el reuso y reciclado de los materiales. Todos estos aspectos requieren de equipos multidisciplinares como los constituidos al proponer este CEI. El estudio y mejora de la durabilidad de los materiales de construcción, tradicionales o nuevos y avanzados, requiere de las técnicas de microscopía, difracción de rayos X, ATD/DTG, que permitan conocer mejor la estructura y su evolución con el tiempo. En particular, el acceso a la ICTS de microscopía planteado en este clúster resulta determinante para avanzar en estos aspectos.

Por lo que se refiere a los materiales funcionales, combinando exclusivamente elementos metálicos, se pueden obtener aleaciones que han sido utilizadas como imanes permanentes. La combinación con un elemento no metálico dio lugar, en los años ochenta, a una nueva familia de sólidos, los compuestos neodimio-hierro-boro, que constituyen imanes permanentes con un campo magnético 100 veces superior a los que se utilizaban a principios del siglo XX. Estos y otros materiales magnéticos han hecho posible la fabricación de ordenadores más potentes y rápidos, motores más poderosos, sistemas de sonido más pequeños y potentes, etc.

Obviamente, el número de combinaciones aumenta espectacularmente al introducir oxígeno, siendo el campo de los óxidos de los metales un nuevo ejemplo de las inmensas aplicaciones de los sólidos. Gran parte de los materiales funcionales estudiados en las últimas décadas, la sílice mesoporosa, las perovskitas magnetorresistentes, los semiconductores magnéticamente diluidos o los materiales multiferroicos, son óxidos. Más espectacular, si cabe, resulta el caso de los superconductores de alta temperatura que presentan aplicaciones en el mundo de las comunicaciones, del transporte de energía, de la medicina,... Las propiedades de estos materiales permiten que, si se preparan en la forma adecuada, puedan presentar aplicaciones en campos tan dispares como el del apantallamiento magnético, la obtención de campos magnéticos intensos utilizados tanto en física de altas energías como en medicina (resonancia magnética nuclear), el desarrollo de ordenadores, de trenes de levitación, las interconexiones entre elementos en microelectrónica convencional, etc.

La relación de los sólidos con importantes aplicaciones tecnológicas podría ser muy extensa, pero a la vista de los datos mencionados es indudable que las perspectivas que se abren son muy optimistas. Las innumerables combinaciones posibles, el desarrollo de nuevas técnicas de síntesis y procesado y la utilización de técnicas de caracterización de altas prestaciones abren un amplio abanico de posibilidades para la investigación en materiales avanzados.

Un aspecto fundamental para la investigación y el desarrollo tecnológico de nuestro país es la formación a todos los niveles de personal cualificado. Las dos universidades UPM y UCM cuentan en la actualidad con un título de grado en Ingeniería de Materiales. Para ampliar la formación de estudiantes en esta disciplina es deseable la puesta a punto de enseñanzas de master. Este clúster puede contribuir al desarrollo de un título de master con participación de las dos universidades, contando también con el apoyo de los otros centros asociados, en el que las fortalezas relativas de ambas instituciones, en los niveles mesoscópicos y nanoscópicos pudiese dar lugar a una sinergia muy positiva para la formación de los futuros estudiantes de master.

2. Descripción del clúster

El clúster de Materiales para el Futuro tiene como objetivo coordinar la diferente versatilidad de los grupos de investigación que trabajan en el Campus en las áreas de investigación relacionadas con los materiales estructurales (metálicos, cerámicos, polímeros, composites) y

funcionales (conductores, magnéticos, biomateriales, ópticos, catalizadores, otros). El Campus cuenta, entre otras unidades agregadas, con el CIEMAT, máxima institución científica española en estudios medioambientales y energéticos, el CSIC, el mayor organismo de investigación en España, el Instituto de Magnetismo Aplicado (ADIF-UCM) y el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), cuya agregación a las dos universidades, UCM y UPM, es un valor añadido fundamental que debe jugar un papel fundamental en el Clúster.

El amplio abanico de áreas de conocimiento que se desarrollan en el Clúster se estructura en las siguientes líneas fundamentales de investigación y de actuación:

I. Materiales estructurales:

Comportamiento mecánico. Influencia de las superficies. Sostenibilidad y durabilidad. Materiales para la Energía, el Transporte y la Construcción.

II. Materiales funcionales:

- Conductores: Propiedades electrónicas, estructurales y ópticas de sistemas de baja dimensionalidad. Materiales y dispositivos semiconductores. Óxidos semiconductores nanocristalinos. Dispositivos para la (nano) electrónica de óxidos. Nano-electrónica y Nano-optoelectrónica basada en heteroestructuras semiconductoras. Materiales superconductores de alta temperatura crítica. Conductores iónicos.
- Magnéticos: Materiales magnéticos blandos y sus aplicaciones como sensores y núcleos de sistemas eléctricos. Óxidos mixtos de manganeso y sistemas electrónicos muy correlacionados. Orden magnético, magnetorresistencia. Nanopartículas magnéticas y magnetismo de sistemas pequeños. Síntesis, caracterización y propiedades.
- Biomateriales: regeneración tejido óseo. Nuevos materiales o materiales tradicionales mejorados y optimizados destinados a su aplicación en medicina regenerativa. Nanopartículas magnéticas para BIOMEDICINA.

III. Puesta a punto de la Instalación Científico-Técnica Singular (ICTS) de Microscopía Avanzada (en el Centro Nacional de Microscopía Avanzada (UCM): Incorporación de dos nuevos microscopios con correctores de aberración para TEM y STEM y un Sistema *Dual Beam* (FESEM-FIB) para análisis micro y nanoestructural de materiales.

Existen alrededor de 120 Grupos de Investigación trabajando en las temáticas del Clúster: 80 Grupos de Investigación UCM y 30 Grupos de Investigación UPM, a los que hay que sumar los de las diferentes entidades agregadas.

3. El “Clúster de Materiales para el futuro” en el sistema español de ciencia y tecnología

Las necesidades del sector productivo y su relación con una comunidad científica numerosa y de alto nivel dedicada a la investigación en materiales, son reconocidas de manera destacada en el Plan Nacional de I+D+i que incluye, entre otros, el Programa Nacional de Materiales (PNM) como uno de los más activos en nuestro país, en el que se hace una llamada específica a “optimizar las actuaciones, con especial atención a la formación de investigadores”. Las prioridades establecidas en el PNM abordan objetivos que conducen a la generación de conocimientos a medio o largo plazo, junto con aspectos de investigación y desarrollo tecnológico más genéricos dirigidos hacia el desarrollo en materiales. Se pone especial énfasis en la necesaria multidisciplinariedad de los equipos investigadores para abordar con éxito el

logro de los objetivos científico-tecnológicos propuestos en el PNM. **Formación**, a través de los correspondientes masters y programas de doctorado, y **multidisciplinariedad**, basada en la acción coordinada de los grupos de investigación de los diferentes organismos del campus, son dos de los objetivos de este clúster. Cabe subrayar que en nuestro cluster colaboran científicos cuya formación básica abarca los campos de Química, Física, Biología e Ingeniería lo que propicia un intercambio de lenguaje e ideas fundamental para los desarrollos en ciencia de materiales que proponemos.

Sobre la base de estos dos ejes de actuación, el Clúster de Materiales para el futuro recoge las líneas de investigación descritas en el PNM. Efectivamente, además de la caracterización básica de los materiales mediante las técnicas físico-químicas convencionales, el PNM contempla, en particular, el estudio de materiales en condiciones específicas (medidas de fotoconductividad, magnetorresistencia,...) o extremas (muy bajas o altas temperaturas, altas presiones, altos campos magnéticos,...), con el fin de comprender los nuevos fenómenos físico-químicos que pueden surgir de las características estructurales y electrónicas de los materiales. Entre los fenómenos de interés se incluyen las propiedades magnéticas, eléctricas y ópticas; la superconductividad; las estructuras magnéticas y electrónicas; los procesos de reconocimiento molecular y de auto-ensamblado y su influencia en la síntesis y reactividad química; los derivados de la naturaleza de la interfase en los materiales híbridos, así como las propiedades electroquímicas y de almacenamiento de carga. En los procesos que involucran reactividad química y/o materiales nanoestructurados, la caracterización y control de la superficie del material es fundamental y nuestro clúster incluye facilidades para este tipo de análisis.

Actualmente existe un reto para adaptar tecnologías modernas, limpias, eficaces y respetuosas con el medio ambiente, que aseguren el control de la estructura, tamaño molecular, morfología y tamaño de partícula de materiales avanzados. Entre otros, se deben considerar los procesos de producción utilizando medios no contaminantes, el desarrollo y aplicación de metodologías avanzadas de sol-gel, la síntesis térmica controlada y procedimientos específicos para la obtención de polvos, fibras y sistemas nano-, micro- y meso-porosos, así como sistemas multifásicos y aplicaciones biotecnológicas para la síntesis de materiales, teniendo en cuenta la fuerte implantación de los materiales en el sector productivo y los procesos que les afectan. La simulación mediante ordenadores y las nuevas técnicas de caracterización contribuyen a la aparición de materiales nuevos que generan otros campos de aplicación.

Por último, se propone un capítulo especial para el desarrollo de instrumentación avanzada, de la misma forma que se incluye en las líneas prioritarias de este clúster. Efectivamente, en el área de Materiales se necesitan, en muchas ocasiones, tecnologías de caracterización y preparación sofisticadas. Muchas de estas técnicas solo están disponibles en grandes instalaciones internacionales, como las basadas en neutrones o radiación sincrotrón, o en Instalaciones Científico Técnicas Singulares (ICTS) nacionales. El PNM sugiere que se realicen programas de difusión e información de las posibilidades tanto para investigación, como de desarrollo tecnológico, innovación (mejora de la competitividad industrial) e infraestructura (nuevos dispositivos), que se pueden ofrecer en estas instalaciones.

Por lo que se refiere al desarrollo orientado a las aplicaciones, objetivo tan importante en nuestro clúster como el desarrollo de una investigación básica de calidad, el PNM subraya, entre otros, el interés de los materiales para

- *Las tecnologías electrónicas y de comunicaciones*, como los aspectos relacionados con la integración de semiconductores, dieléctricos de alta y baja permisividad, conductores metálicos transparentes, dispositivos para magnetoelectrónica y materiales para la nanoelectrónica y electrónica molecular-

- *La salud y el bienestar*, como los materiales para su aplicación en el campo de la biomedicina (Biomateriales, sensores y dispositivos biomédicos). Los desafíos y objetivos en este campo están relacionados con el desarrollo de nuevos biomateriales de naturaleza diversa –metálica, cerámica, polimérica, biológica- con características específicas de compatibilidad y actividad.
- *Las energías renovables*, como las pilas de combustible y los materiales para el almacenamiento de energía eléctrica, como baterías y células solares de tercera generación, o para su transporte, como los superconductores de altas temperaturas-.
- *La construcción* (incluidas durabilidad y sostenibilidad) y la industria (con su amplia variedad).
- *Los sensores físicos* (acelerómetros, MEMs), químicos (gases, pH) y bioquímicos (urea, funcionalización molecular), basados en materiales semiconductores y tecnologías micro y nanométricas.

4. Afinidad contenido-líneas de investigación de los profesores de la UCM y UPM

Muchos de los profesores de nuestros Departamentos desarrollan su actividad investigadora en el marco del Programa de Materiales y dirigen su investigación al estudio de diferentes materiales estructurales o funcionales. Ante los retos que se plantean en el PNM y la experiencia acumulada, hemos elaborado un proyecto que contempla diversos aspectos relacionados con la síntesis, la caracterización estructural y la relación estructura-propiedades de los materiales avanzados. Para ello se cuenta con especialistas de reconocido prestigio.

La infraestructura disponible en nuestros Departamentos y en los CAIs (Centros de Ayuda a la Investigación) e ICTS de la UCM y la UPM contribuye eficazmente al desarrollo de las líneas de investigación de este clúster puesto que facilita un marco adecuado para el conocimiento de las técnicas y la resolución de problemas. En este sentido, hay que destacar que varios de los profesores implicados son responsables de algunos de estos CAI (microscopia electrónica, difracción de rayos X, técnicas físicas, resonancia magnética) y de las ICTS o responsables directos del manejo de diferentes técnicas espectroscópicas o difractométricas.

Puede concluirse que el grupo de profesores que componen el proyecto dirigido a “Materiales Avanzados” ha demostrado su calidad científica y es altamente competitivo. Prueba de ello es no sólo la participación de varios académicos, de varios Premios Nacionales o Internacionales y de responsables de grandes instalaciones o de programas nacionales, sino también de un amplio número de jóvenes doctores que, en algunos casos, han realizado sus tesis doctorales en universidades extranjeras y todos ellos han realizado estancias post-doctorales prolongadas en centros de investigación de prestigio, trabajando en temas relacionados con los materiales avanzados. Su experiencia permite dar la formación adecuada a jóvenes investigadores interesados en los objetivos que plantea el PNM y que es, a su vez, uno de los objetivos de este CEI a través de un Master Interuniversitario en Materiales.

5. Misión del Clúster

Sobre la base de las necesidades del sistema español de Ciencia y Tecnología y teniendo en cuenta la calidad y cantidad de los grupos de investigación de los diferentes tipos de materiales incluidos en el CEI de Moncloa, este clúster pretende concentrar la experiencia, conocimientos y capacidades de diferentes grupos de excelencia internacional a través de su interés común en determinadas líneas de investigación. Desde una óptica pluridisciplinar pretende asimismo, desarrollar programas de docencia para formar el embrión de centros

conjuntos de conocimiento que puedan situarse como referente internacional en las diferentes materias consideradas en un plazo de tiempo razonable.

El enorme potencial del Clúster representado por el gran número de grupos de investigación es también un enorme reto para identificar la calidad y hacer surgir las sinergias y colaboraciones entre ellos, rompiendo el tradicional aislacionismo existente.

El Clúster pretende ser, dentro del CEI, para todos estos grupos de investigación de ambas universidades y entidades agregadas en sus líneas fundamentales de investigación, un eje vertebrador común y un mecanismo de coordinación que permita optimizar los recursos disponibles, generar nuevos recursos y aprovechar las sinergias, facilitando el salto cualitativo conjunto en su impacto internacional.

En la actualidad, el clúster cuenta con dos ICTS (una consolidada, la Central de Tecnología del ISOM y otra en construcción, el Centro de Microscopia Avanzada), el IMDEA de Materiales, dirigido fundamentalmente a la investigación de materiales estructurales, y el Instituto de Magnetismo Aplicado (ADIF-UCM). Además de consolidar estos centros, y dado el enorme potencial de otros grupos de investigación en materiales funcionales, se proponen otras dos actuaciones fundamentales:

- Crear un Centro Mixto UCM-UPM de Investigación en materiales electrónicos sobre la base de los grupos de excelencia de ambas universidades y del CIEMAT.
- Diseñar actuaciones dirigidas a mejorar el conocimiento, elaboración y desarrollo de biomateriales para equipos o sistemas médicos, para lo que se cuenta con grupos de prestigio internacional y su relación con los hospitales universitarios.

6. Objetivos generales

El objetivo principal de las actuaciones es dotar a los grupos de investigación del Campus del eje vertebrador común, la coordinación y los medios necesarios para dar un salto cualitativo sustancial en el impacto internacional de sus actuaciones, tanto en investigación como en docencia, en especial de postgrado. Para alcanzar los objetivos establecidos, las actuaciones desarrolladas en el Clúster se apoyan en la **interdisciplinariedad** y la **transversalidad**; buscan atraer estudiantes e investigadores de todo el mundo y hacen del desarrollo de materiales uno de sus objetivos científicos.

Este clúster reúne a una serie de grupos de investigación en materiales estructurales y funcionales avanzados de la UCM y la UPM expertos en síntesis y caracterización estructural y de sus propiedades físico-químicas, con objeto de establecer la relación estructura-propiedades en diferentes materiales. Las líneas de investigación de estos grupos se dirigen a algunos de los temas más candentes en Ciencia y Tecnología de Materiales en el área de los materiales metálicos, cerámicos, magnéticos, conductores, biomateriales y materiales de base cemento.

El proyecto abarca el conocimiento básico de una serie de materiales avanzados, considerando aspectos relacionados con las técnicas de síntesis, su tamaño, su caracterización estructural y su funcionalidad, así como los desarrollos orientados a las aplicaciones en diferentes sectores estratégicos del sistema de Ciencia y Tecnología. Además, busca la mejora de los materiales de construcción en sus aspectos de durabilidad, sostenibilidad e incidencia con el medio ambiente, para lo que resulta imprescindible un mejor conocimiento de la microestructura y su evolución en distintas atmósferas agresivas. Se trata, además, de dar a los alumnos de master y doctorado las herramientas adecuadas para su formación en alguno de estos aspectos relacionados con la investigación en materiales funcionales.

Estos objetivos se ajustan a la política docente e investigadora de la UCM y de la UPM en las que destacados grupos de investigación dirigen sus trabajos a diferentes aspectos de los materiales avanzados. La puesta en práctica de un proyecto de estas características constituirá un apoyo fundamental al desarrollo de las tesis doctorales de distintos Departamentos, así como de los Institutos del CSIC y Departamentos de otros OPIS del entorno que dirigen sus actividades a la Ciencia de Materiales.

Los objetivos concretos son:

- Establecimiento de una colaboración efectiva entre UCM y UPM para mejorar la calidad en la investigación y la docencia en Ciencia y Tecnología de Materiales.
- Selección de las posibles líneas de actuación, que aglutinen a una masa crítica importante de científicos del Campus Moncloa, en el intento de realizar una investigación excelente que llegue a poder aplicarse en un tiempo prudencial.
- Generar publicaciones de calidad.
- Desarrollo de patentes.
- Puesta a punto de la nueva ICTS de microscopía avanzada.
- Docencia conjunta.

Por otra parte, los medios disponibles y la necesidad de optimizar la eficacia de su utilización obligan a establecer objetivos concretos, evaluables (con indicadores), de éxito seguro y gran impacto, que beneficien al mayor número posible de grupos de investigación de calidad contrastada. Para conseguirlo es imprescindible la priorización de un reducido número de líneas de actuación y el apoyo de los grupos de investigación que ya alcancen un alto nivel de prestigio e impacto internacional.

Los ejes estratégicos que permiten la priorización son las líneas fundamentales de investigación definidas en la propuesta, y definidas en el apartado 7. Esta priorización se ha materializado a través de las diferentes solicitudes realizadas (p.e., INNOCAMPUS 2010), que permitieron además obtener financiación para otras actuaciones.

7. DAFO del Clúster

Un primer resumen del DAFO del Clúster de Cambio Global y Nuevas Energías es el siguiente:

7.1. ANÁLISIS INTERNO

DEBILIDADES

- Gran heterogeneidad.
- Gran número de grupos de investigación involucrados.
- Escaso trabajo previo en común.
- Resistencia interna a lo nuevo y a los cambios.
- Falta de recursos económicos para hacer todo lo previsto.
- Falta de infraestructura de apoyo a los Coordinadores y Consejo Asesor para el desarrollo de sus funciones, en particular promover las colaboraciones entre los grupos de investigación integrados en el Clúster y la creación y mantenimiento de una página web.
- Falta de una estructura de coordinación y de toma y aceptación de decisiones internas.

FORTALEZAS

- Gran número de grupos de investigación involucrados.
- Prestigio internacional y buen nivel científico en bastantes grupos de investigación.
- Proximidad geográfica.
- Complementariedad.
- Experiencia en investigación y desarrollo de materiales.
- La UCM coordina los Masters Erasmus Mundus “*MOLECULAR NANO- AND BIO-PHOTONICS FOR TELECOMMUNICATIONS AND BIOTECHNOLOGIES*” y “*ADVANCED SPECTROSCOPY IN CHEMISTRY*” en los que participan universidades de siete países europeos.
- Ubicación en el Campus de varios centros no universitarios de investigación en materiales (CIEMAT, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, IMDEA de Materiales, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto del Cemento y sus Aplicaciones).
- Infraestructura Científica: La UCM y la UPM disponen de la infraestructura adecuada para llevar a cabo estos estudios. Conviene destacar los CAI de Técnicas Físicas, de Difracción de Rayos X y de Resonancia Magnética que cuentan con las técnicas adecuadas para el estudio estructural y de las propiedades de transporte de los materiales objeto de estudio. Mención especial merecen las Instalaciones Científico Técnico Singulares (ICTS) de ambas universidades que se utilizarán para el estudio de los materiales mencionados y que se describen a continuación:

➤ **ICTS de Microscopía Electrónica Avanzada (UCM)**

El Centro Microscopía Avanzada (CMA) ha sido diseñado, de acuerdo con el estudio realizado por la FECYT sobre Instalaciones Científico-Tecnológicas Singulares (ICTS), para desarrollar, implementar y ofertar a la comunidad científica nacional e internacional los métodos y técnicas más avanzados en microscopía electrónica de transmisión para el análisis estructural de materiales inorgánicos en media y alta resolución. Esta instalación fue introducida en el mapa de ICTS acordado por el Gobierno y las CCAA (Enero de 2007) y ha sido aprobada por el Comité Asesor de Instalaciones Singulares (CAIS). El CMA constará de una serie de microscopios de última generación y de instrumentos y técnicas para la preparación de muestras, y para la aplicación de métodos computacionales de tratamiento de imágenes.

El primero de los nuevos microscopios, dotado de corrector de aberración en la lente condensadora está siendo instalado en la actualidad y estará disponible en abril de 2012. Esta disposición centralizada y coordinada de aparatos para realizar microscopía se complementa con personal científico y técnico para desarrollar, implementar y ofrecer servicio en preparación y procesamiento computacional. Su puesta a punto constituye una de las actuaciones de este clúster. La puesta a punto de esta ICTS constituye la acción transversal de este clúster.

➤ **INSTITUTO DE SISTEMAS OPTOELECTRONICOS Y MICROTECNOLOGIA (ISOM, UPM)**

El Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM) es un Instituto Universitario de Investigación adscrito a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (BOCM del 28-03-2000). Se trata de un Instituto de

Investigación, interdepartamental, con sede en la ETS de Ingenieros de Telecomunicación (UPM), integrado por varios grupos de investigación para llevar a cabo proyectos en las áreas de Optoelectrónica y Microelectrónica. La Central de Tecnología del ISOM (Sala blanca y Laboratorios de Tecnología y Caracterización) fue reconocida como **Gran Instalación Científica (GIC)** (actualmente reciben el nombre de **ICTS**) de carácter nacional en noviembre de 2001, siendo la única GIC universitaria española. El ISOM fue reconocido en 2002 Unidad Asociada al CSIC-CNM-Barcelona y mantiene una estrecha relación con la ICTS: "Sala Blanca del CNM-Barcelona". Asimismo, sus directores mantienen reuniones periódicas y una presencia única y coordinada en los foros de Grandes Instalaciones a nivel de la U.E. En la ICTS-ISOM trabaja un conjunto de 17 doctores, 4 técnicos y 1 administrativo, cuya labor de servicios al exterior e investigación en el ISOM se ha venido consolidando durante los últimos años. En particular, los grupos que integran el ISOM han participado en numerosos proyectos de investigación financiados por la UE durante más de 15 años. La ICTS-ISOM ha desarrollado protocolos de fabricación y procesado de muestras que permiten el seguimiento de la trayectoria de las mismas y un control de incidencias y calidad final de las estructuras obtenidas.

Singularidad de la instalación en el contexto nacional

La ICTS-ISOM posee instalaciones singulares, capaces de proporcionar toda la gama de servicios tecnológicos ofertados, desde el diseño de máscaras hasta el dispositivo final pasando por todos los métodos de procesado de muestras y caracterización de propiedades de materiales y de las prestaciones de los dispositivos. Las técnicas de crecimiento (Epitaxia de Haces Moleculares, MBE, y Sputtering) se aplican tanto a materiales semiconductores como magnéticos, y los dispositivos que se pueden fabricar varían desde emisores y detectores de luz hasta sensores magnéticos, incluyendo otras áreas importantes, como nanoestructuras, nanopartículas magnéticas, espintrónica y sensores.

La ICTS-ISOM dispone de un sistema de nanolitografía con resolución hasta 10 nm, prácticamente único en Europa (otro sistema similar se encuentra en la Universidad de Magna Grecia, Italia). El sistema es el más solicitado por los usuarios externos de la ICTS y necesita de otros sistemas complementarios para servir de herramienta indispensable en el área de la nanotecnología y nanofabricación. Es el único centro en España que posee varios sistemas de epitaxia por haces moleculares (4) para fabricar materiales optoelectrónicos que cubren el espectro electromagnético, desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. La combinación de las técnicas disponibles, crecimiento por MBE, nanolitografía y otras de caracterización, como AFM, MFM, XRD, PL, CL, facilita el acceso a la investigación dirigida hacia la nanotecnología, como el crecimiento y caracterización de nanoestructuras con múltiples aplicaciones.

Áreas científicas de servicio

Los servicios de apoyo y actividad científica que presta la Central de Tecnología son los relacionados con las áreas de investigación del ISOM: electrónica, micro-nanotecnología, optoelectrónica, magnetismo, integración funcional, sensores, etc. En el ISOM hay dos grupos de investigación: 1) Grupo de dispositivos semiconductores, 2) Grupo de dispositivos magnéticos del ISOM. Algunas de las actividades de I+D+I que en la actualidad se

desarrollan en el ISOM se pueden agrupar de la siguiente forma: Microsistemas y Nanotecnología, Sistemas con Sensores Ópticos, Comunicaciones ópticas y Sistemas con Sensores Magnéticos.

7.2. ANÁLISIS EXTERNO

OPORTUNIDADES

- Agregación
- Sinergias
- Complementariedad
- Incorporación de España a EEES
- Convocatorias internacionales
- Colaboración con otros CEI
- Foco de atracción para colaboraciones nacionales e internacionales
- Foco de atracción para colaboración con empresas

AMENAZAS

- Incertidumbre legislativa
- Crisis económica

Las debilidades internas se pueden paliar en gran medida mediante una información generalizada a los Grupos de Investigación y a los Centros de ambas Universidades tanto desde el propio Clúster como desde los Rectorados. Esto ayudará a implicar a todos en el CEI y a sentir que el CEI es de, y somos todos, eliminando así las resistencias internas, reduciendo las inercias y fomentando el trabajo conjunto.

8. Ámbito de Actuación y Líneas de Investigación

En este plan director, a la vista de las condiciones de la concesión del proyecto, se propone desarrollar las siguientes actuaciones:

Actuaciones transversales

A1. Puesta a punto de la Instalación Científico-Técnica Singular (ICTS) de Microscopia Avanzada (en el Centro Nacional de Microscopia Avanzada (UCM))

El objetivo fundamental consiste en la incorporación de:

- Dos nuevos microscopios electrónicos con ultra alta resolución, uno TEM y otro STEM, dotados de correctores de aberración, el primero en la lente de objetivo y el segundo en la lente condensadora, y sistemas de análisis por espectroscopía de dispersión de energías (EDS) y espectroscopía por pérdidas de energía (EELS) y contraste en Z (HAADF). Hay que destacar que son los correctores Cs los que confieren un carácter singular a la instalación ya que permiten disponer de imágenes con resolución entre puntos inferiores a 1 Å (0.05 Å en TEM por lo que será el primero de estas características que se instalará en Europa). Esta actuación ya ha sido aprobada por el MICINN y la Comunidad de Madrid (CM).
- Un sistema Dual Beam (FESEM-FIB) para el análisis micro y nanoestructural de materiales y su caracterización mecánica desde escala nanoscópica (se solicita financiación para esta actuación concreta).

Se utilizará la ICTS para formar nuevos investigadores a través de cursos de doctorado y masteres así como otros cursos de especialización que puedan surgir a raíz de las necesidades de los investigadores, usuarios habituales de las instalaciones.

A2. Taller de Comportamiento Mecánico: Durabilidad y Sostenibilidad de Materiales

Objetivos:

Investigación, desarrollo tecnológico y enseñanza avanzada en el campo del comportamiento mecánico de los materiales, predominantemente a escalas macroscópica y mesoscópica con atención especial al comportamiento de sus superficies. En particular, se pretende incidir en la caracterización, modelización y, si es posible, diseño avanzado de composites, aleaciones y compuestos de especial interés actual tales como cerámicas o polímeros. Aunque el énfasis será en materiales estructurales y, en particular, en el estudio de la evolución de los materiales de construcción (base cemento, metálicos, cerámicas, fibras y resinas), también se atenderá a determinados materiales funcionales.

Mejora científica y técnica del conocimiento del ciclo de vida de los materiales de construcción para contribuir a un desarrollo sostenible, con menor consumo energético en la producción, fabricación y uso y respeto al medio ambiente. Empleo de materiales de construcción provenientes de reciclado de otros materiales y residuos urbanos. Estudio del ciclo de vida completo de los materiales (desde la materia prima, pasando por la fabricación, uso, reparación, eliminación y reciclado) centrado en los aspectos de la producción y absorción de CO₂ y el consumo energético.

A3. Red de Talleres de Preparación de Nuevos Materiales en Película Delgada

Objetivos:

Preparación de nuevos materiales en película delgada para el desarrollo de sensores y dispositivos para la nanoelectrónica. Se establecerán colaboraciones multidisciplinares entre químicos, físicos e ingenieros para optimizar así todas las potencialidades. La búsqueda de nuevas composiciones basadas en propiedades interesantes en sólidos policristalinos, bien caracterizados, constituirá uno de los aspectos prioritarios de estos talleres. La caracterización se basará en el uso combinado de técnicas de microscopía de alta resolución de la ICTS de STEM-EELS de este campus y espectroscopias de dispersión y absorción de rayos X y neutrones polarizados así como con medidas magnéticas y de transporte. Se propone hacer uso de los fenómenos que aparecen en las interfases entre óxidos complejos para fabricar dispositivos con nuevas funcionalidades. En los procesos de nanofabricación se utilizarán las instalaciones de la ICTS ISOM en este campus.

A4. Plataforma de Diseño y Construcción de Sensores y Actuadores Electromagnéticos

Objetivos:

El primer objetivo es la investigación de calidad en el área de los materiales magnéticos y en los campos electromagnéticos. Un segundo objetivo, importante y singular, es la introducción de los investigadores en el tejido industrial de la tecnología a través del diseño y construcción de sensores y actuadores electromagnéticos con aplicación en medicina, tecnología radar y ferroviaria. Ambos objetivos se sintetizan en uno: mostrar la compatibilidad de la investigación de calidad con el mundo de la innovación tecnológica integrando expertos de varias instituciones.

A5. Taller de Diseño de Biomateriales para Regeneración de Tejido Óseo

Objetivos:

El objetivo fundamental se dirige al diseño de nuevos materiales con aplicación en medicina regenerativa ósea. La UCM y la UPM disponen de equipos tanto humanos como de recursos para abordar proyectos de *INGENIERÍA BIOMÉDICA*, dando respuesta a problemas relacionados con *prótesis e implantes, instrumental y equipos, modelización, simulación y biomecánica*, con el soporte de la *biología* y la *química* implicadas en problemas biomédicos y

biotecnológicos. Para ello, se combinará la acción de diferentes equipos de especialistas (químicos, físicos, ingenieros, biólogos, veterinarios y clínicos), con el objetivo de desarrollar nuevos materiales implantables que ofrezcan soluciones a diferentes patologías del tejido óseo y que requieran de la regeneración del mismo. El objetivo último es preparar materiales aptos para ser patentados y evaluados clínicamente, capaces de proporcionar a la sociedad nuevos productos sanitarios diseñados para regenerar el hueso y/o restituir su función en el organismo.

A6. Taller para el desarrollo y caracterización de Materiales para la Energía

Objetivos:

Una de las prioridades de nuestra sociedad es mejorar la eficiencia en la generación de la energía a partir de generadores térmicos (centrales de energía y motores), y el desarrollo de nuevas fuentes de energía alternativas, capaces de generar energía de manera económica, sostenible y casi ilimitada. El objetivo básico de este taller se focaliza en el diseño, fabricación y caracterización de nuevos materiales con aplicación en la generación de energía. La UCM, la UPM, el CIEMAT y el CENIM (CSIC) disponen de equipos tanto humanos como materiales para lanzar propuestas competitivas en el ámbito internacional, y de hecho ya lo están haciendo en la actualidad pero sin una coordinación mutua. Se trata de dar respuestas, desde el campo de materiales, a los siguientes puntos: i) aumento del rendimiento y disminución de las emisiones contaminantes de las centrales térmicas actuales mediante el aumento de la temperatura de trabajo de las mismas; ii) mejora de las centrales de generación eólica y su posibilidad de instalarlas en condiciones ambientales agresivas como en el mar; iii) mejora del rendimiento de las centrales solares térmicas mediante el aumento de su temperatura de funcionamiento; iv) desarrollo de fuentes de energía alternativas como la fusión nuclear entre otras. Las respuestas a estas condiciones extremas de trabajo implican conocer el comportamiento de los materiales desarrollados en condiciones muy adversas de temperatura, esfuerzos mecánicos, oxidación,... donde además la aplicación combinada de estas condiciones puede dar lugar a efectos sinérgicos que limiten la durabilidad del material y su integridad estructural. Dada la complejidad e importancia del problema, se combinará la acción de diferentes equipos de especialistas en física, química e ingeniería, con el objetivo de desarrollar nuevos materiales que ofrezcan soluciones a diferentes situaciones señaladas anteriormente.

Líneas de investigación prioritarias

L1. MATERIALES ESTRUCTURALES

L11. Materiales metálicos. Pretende favorecer la síntesis de nuevas aleaciones que sustituyan a las actuales en uso mediante la mejora de sus propiedades, tales como su resistencia, tenacidad, corrosión, resistencia al desgaste, fatiga y comportamiento a fluencia. En lo que se refiere a las propiedades mecánicas, conviene recalcar que la colaboración entre la UPM y la UCM permite rellenar el "gap" existente entre descripción mesoscópica de dislocaciones (UPM) y descripción nanoscópica, a nivel atómico, de la UCM. Se incluyen posibles desarrollos en tratamientos aplicables a aleaciones convencionales, que sean fáciles de realizar industrialmente y permitan una mejora de las mismas en propiedades interesantes desde el punto de vista industrial. Se consideran también los procesos de recubrimiento enfocados a mejoras del comportamiento mecánico de la superficie de las piezas y los que tienen como objetivo la protección frente a la oxidación y corrosión. Se pretende, asimismo favorecer el mejor conocimiento de la evolución de la estructura de los metales y de su comportamiento durante las etapas del proceso de conformado.

L12. Materiales cerámicos. Se promueve la actividad coordinada de grupos de investigación capaces de sintetizar materiales del tipo Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , SiC , BN , con pureza y granulometría adecuadas para la fabricación de cerámicas avanzadas. Otro aspecto será el de recubrimientos cerámicos para mejorar las prestaciones de piezas con objeto de cambiar las propiedades del material y dar prestaciones de alto valor añadido. Se potenciará, por otra parte, la investigación en cerámicas funcionales de prestaciones específicas como las ferro, termo, piro y piezoeléctricas, así como las refractarias que forman parte de las nuevas cerámicas de alta tecnología con prestaciones superiores a las disponibles y el desarrollo de conductores iónicos para aplicaciones en baterías, acumuladores de energía o sensores de gases. En este contexto se fomentará el estudio de nuevas técnicas de síntesis que permitan obtener óxidos de tamaño de partícula nanométrico y, por tanto, propiedades diferentes.

L13. Materiales polímeros. Poder correlacionar las características estructurales con las prestaciones que se observan o requieran es una de las finalidades de este objetivo. La continuación lógica es poder modificar la estructura de los polímeros para obtener las propiedades que se desean. Muchas de estas prestaciones sólo tienen relación con la superficie del polímero, por lo que debe potenciarse el trabajo coordinado en este epígrafe. Continuando con una visión global del medio ambiente se necesita incidir en el reciclado de materiales plásticos. El interés económico y ecológico del mismo justifica su apoyo y fomento. Otro aspecto a destacar consiste en el diseño de nuevos polímeros complejos, que cubrirá desde el diseño molecular a la síntesis y procesados de sistemas complejos. A corto plazo se propone el desarrollo de mezcla y aleaciones de polímeros para conseguir materiales con propiedades diferentes a las de los polímeros convencionales y obtener materiales de mayor valor añadido. Se potencia la investigación y desarrollo en aditivos que mejoren las propiedades y prestaciones en servicio de los polímeros.

L14. Materiales compuestos. Solapa con los tres objetivos anteriores pero presenta especificidades que le hacen tener una consideración diferenciada. Uno de los principales hándicaps de los materiales compuestos, que impiden el despegue masivo de su utilización, es el alto coste. Por tanto, se potenciará el desarrollo de fibras específicas de bajo coste, así como la posibilidad de hacer uniones fiables entre estos materiales y los anteriores. Uno de los sectores productivos que influyen en el PIB es el de la construcción, con lo cual es necesario involucrar al sistema de I+D en el desarrollo de nuevos materiales basados en el cemento.

L15. Materiales de base cemento. Caracterización de los materiales de base cemento a escala nano y micro para mejorar sus prestaciones, durabilidad y sostenibilidad. Estudio de la modificación de la microestructura y de los productos hidratados mediante la incorporación de aditivos y nanoaditivos de última generación. Obtención de hormigones y morteros de ultra-altas prestaciones y complementación con capacidad multifunción (sensorización embebida, conductividad, etc.). Desarrollo de modelos multiescala que permitan integrar el estudio y actuación sobre las escalas nano y micro con las escalas meso y macro (son las que utiliza el ingeniero en su proyecto). Mejora de la durabilidad de los materiales de base cemento.

L2. MATERIALES FUNCIONALES

L21. Materiales semiconductores. La extraordinaria importancia que los semiconductores tienen en las tecnologías actuales, microelectrónica, comunicaciones, comunicaciones ópticas y sensores, así como su potencialidad en el futuro, hace que sea necesario mantener grupos de investigación en estos temas. Se desarrollarán actuaciones relacionadas con semiconductores policristalinos y amorfos para el desarrollo de dispositivos y sensores. Su potencial aplicación al área de dispositivos que pudieran apoyar el desarrollo de grupos trabajando en cristales líquidos y en el área de sensores coloca a estos materiales próximos a una posible aplicación. Finalmente, existe una actividad creciente en la utilización de compuestos organometálicos

como precursores para materiales electrónicos que podrían aplicarse en el área de sensores y dispositivos.

L22. Materiales superconductores. Se investiga en el desarrollo de prototipos de sistemas electrotécnicos superconductores que, interesan en gran manera a compañías productoras de electricidad y que han despertado, a través del programa MIDAS, el interés de las industrias fabricantes de bienes de equipo. Entre los dispositivos de futuro más cercano están los circuitos pasivos de microondas que pueden incidir en la telefonía móvil y las telecomunicaciones por satélite. Deben generarse proyectos aplicados en los que estén representados los especialistas en procesos y en diseño de circuitos. Las empresas que podrían recoger la tecnología desarrollada son básicamente las del ramo de las telecomunicaciones y las de electromedicina o instrumentación. Se continúa investigando en nuevas alternativas de fabricación de materiales, para lo que se precisa estudiar la microestructura y su relación con sus corrientes críticas. El tema de los materiales superconductores de alta temperatura es aún demasiado joven como para no esperar que aparezcan novedades desde el punto de vista del descubrimiento de nuevos materiales. En este sentido, la búsqueda de nuevas composiciones en el área de los oxisulfuros, seleniuros, antimoniatos ha conducido, recientemente, a buenos resultados. Este hecho subraya el interés de fomentar estos estudios que combinados con las nuevas alternativas de síntesis, basadas en química suave, pueden dar lugar a la estabilización de fases nuevas.

L23. Materiales magnéticos. Las perspectivas de desarrollos novedosos en el campo de los materiales magnéticos están asociadas a los materiales en forma de lámina delgada o a los nanocompuestos. Asimismo, uno de los descubrimientos recientes en la que trabajan diferentes grupos del CEI es la magnetorresistencia gigante. Los materiales magnéticos duros y blandos seguirán siendo considerados como objetivos básico-orientados, buscando materiales nuevos, incluyendo su procesado y puesta en forma. Otra actuación se dirige al estudio de sensores magnéticos como actuadores magnetorrestrictivos. La incorporación de nuevos materiales magnéticos en sistemas electrotécnicos tales como motores, inductores, cabezales lectores, sensores, etc., requiere una labor previa de optimización y diseño del sistema mediante métodos numéricos. Asimismo, se desarrolla actividad de alta calidad en materiales magnéticos moleculares.

L24. Biomateriales. Los objetivos se dirigen al diseño, síntesis y desarrollo de biomateriales para equipos o sistemas médicos. Debe hacerse hincapié en la necesidad de colaboración entre grupos con capacidad de evaluar biológicamente los materiales, tanto in-vitro como in vivo, con grupos capaces de elaborar y caracterizar biomateriales mediante métodos físico-químicos. Los materiales que parecen más relevantes y alcanzables son: Biocerámicas, nuevos polímeros y *composites*, materiales para implantes y regeneración de tejido óseo y nanopartículas magnéticas para biomedicina.

Todas estas actuaciones se llevan a cabo a través de grupos de investigación, siempre de forma conjunta UCM-UPM y preferentemente en colaboración con otras Instituciones Agregadas del CEI de Moncloa y con empresas.

9. Estrategia de Agregaciones

Además de los grupos de investigación de las Universidades Complutense y Politécnica, existen otras unidades agregadas que se incorporan, dentro del Campus de Moncloa, a este Clúster de Materiales para el Futuro, como es el caso de los grupos que investigan en materiales en el CIEMAT, máxima institución científica española en estudios medioambientales y energéticos, así como algunos institutos del CSIC (CENIM y unidades asociadas del Instituto de Ciencia de

Materiales), el IMDEA de Materiales, el Instituto de Magnetismo Aplicado (ADIF-UCM) y el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

Las agregaciones originales del Clúster son las descritas en “Descripción del proyecto CEI Campus Moncloa”:

- Por la UPM (ETSI de Caminos, Telecomunicación, Aeronáuticos, Minas, Industriales, Navales, Arquitectura y Montes).
- Por la UCM (Facultades de Física, Química, Farmacia, Biológicas, Bellas Artes, Informática y Veterinaria).
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a través del CENIM y del ICMN.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

Considerando que el CEI es un foco de atracción importante para colaboraciones futuras en el ámbito de instituciones de investigación, enseñanza superior, organismos públicos y empresas, se irán incrementando a lo largo del desarrollo de las actividades (masters, proyectos, congresos, exposiciones, etc.). El objetivo es conseguir atraer a los “mejores” a nivel nacional e internacional así como establecer y fomentar colaboraciones en proyectos de investigación que promuevan un intercambio fluido de conocimiento, equipamiento y personal investigador.

Centros extranjeros a contactar

U.Berkeley, Lawrence Radiation Lab (prop. mecánicas a escala atómica), Max Planck Inst (Alemania), Univ. Oxford (UK), CNRS (Francia), Univ. Oak Ridge, Instituto Tecnológico de California (Caltech), MIT, Northwestern University, Universidad de Michigan, Politécnico de Milano, Politécnico de Torino, Fraunhofer Institute.

Empresas a contactar

Telefónica I+D, Unión Resinera Española (LURESA), AMI Doduco España, 3M, TOLSA Grupo Antolín, LLEDO, Philips Ibérica, IZASA, Nanomegas, FEI, Acciona, LABEIN, Grupo Dragados.

10. Plan de actuaciones general

El Clúster de Materiales para el Futuro cuenta con unos 120 grupos de investigación en los diferentes tipos de materiales entre las dos universidades. El primer objetivo, a conseguir mediante la información de los coordinadores del Clúster, miembros de su Consejo Asesor y demás responsables del CEI, y de la oferta de oportunidades, es implicar a los grupos de excelencia en el desarrollo de las diferentes tareas.

La selección de grupos se realizará mediante la competición por méritos en las convocatorias de personal en formación, jóvenes doctores y equipamiento, mediante criterios de calidad y agregación entre UCM, UPM y organismos agregados. En todos los casos serán prioritarios estos dos aspectos:

- Calidad científica contrastada.
- Complementariedad entre científicos del campus de Moncloa con investigaciones de alta calidad.

El equipamiento se considera que debe tener un uso razonable y generalizado en la comunidad del área en ambas universidades y organismos agregados en función de criterios a

definir, y que permita realizar saltos de calidad y favorecer las colaboraciones productivas, tanto en el marco interno del CEI, como con instituciones/organismos/empresas externas (nacionales y extranjeras). Para ello, será fundamental la información para asegurar que todos los grupos se impliquen, en particular los más productivos, facilitando la colaboración entre los de las dos universidades y agregados. Para ello se usarán reuniones, página web y correos electrónicos directos.

Entre las actuaciones inmediatas se cuentan:

- Puesta a punto de la ICTS de Microscopia avanzada
- PICATA (Programa de Captación de Talento): se contempla en el apartado 12 de este plan director.
- Escuela de Postgrado: establecimiento de un Título de Master en Materiales desarrollado por las dos universidades que cumpla los requisitos de excelencia e internacionalidad. Nótese la complementariedad entre el punto de vista macroscópico y mesoscópico de la UPM y el nanoscópico de la UCM.
- Infraestructuras: Se contempla en el apartado 13 de la memoria.
- Desarrollo de blogs sobre materiales.
- Web de recursos y últimos avances del Clúster de Materiales.
- Coloquios-debate divulgativos con periodicidad trimestral.

Para estas acciones se contará con el apoyo de becarios de colaboración de la UCM y UPM.

11. Éxitos y beneficios esperables a corto plazo

Los primeros éxitos están ligados a la obtención de financiación para equipamiento e infraestructuras en el marco del Programa INNOCAMPUS 2010. Estos equipamientos permitirán dar saltos importantes de calidad en las diferentes ramas científicas en que se aplican y el inicio de colaboraciones que redundarán en el aumento de resultados, así como en la relevancia de éstos y en la visibilidad científica, docente y social del CEI (ver <http://www.campusmoncloa.es/es/campus-moncloa/financiacion-cei.php>).

También ayudarán, de forma importante, a obtener resultados conjuntos a corto y medio plazo los proyectos de investigación y publicaciones que se generen como consecuencia del inicio de la coordinación interna del Clúster a través de los becarios y jóvenes doctores captados a través del Programa PICATA en sus convocatorias de 2010 y 2011.

La convocatoria de INFRAESTRUCTURA de 2011 debe ser una fuente importante de resultados a corto plazo una vez resuelta.

En general, y a la vista de las actuaciones propuestas y las líneas de investigación que se van a desarrollar, se pueden utilizar los siguientes **“indicadores de éxito”**:

- Constatación de una colaboración efectiva entre UCM y UPM (publicaciones conjuntas, codirección de trabajos, etc.).
- Constatación de una colaboración efectiva entre los grupos anteriores y empresas (medibles en euros).
- Puesta a punto de un Master Interuniversitario conjunto sobre Materiales. Debe aprovecharse este Master para establecer una metodología coherente y un “vocabulario” común entre químicos, físicos, biomédicos e ingenieros.
- Puesta a punto de la ICTS de Microscopia avanzada.

12. Plan de Recursos Humanos

La captación de personal en formación y de jóvenes doctores, elemento importante en el desarrollo de trabajos conjuntos entre grupos de ambas Universidades y entidades agregadas se llevará a cabo (<http://www.campusmoncloa.es/es/convocatorias/picata.php>) a través del Programa PICATA del CEI, proyectos conjuntos a nivel nacional e internacional, contratos con empresas, contratos postdoctorales “Juan de la Cierva” y “Ramón y Cajal” del Ministerio de Ciencia e Innovación, además de las acciones del Programa People del 7º Programa Marco de la Unión Europea: Marie Curie Initial Training Networks (ITN), Industry and Academia Pathways (IAPP) y COFUND.

Hasta el momento ha habido dos convocatorias PICATA internacionales de Ayudas Predoctorales y Postdoctorales en 2010 y 2011 en las cuales se han asignado a grupos de investigación, de al menos una Universidad (UPM, UCM) y al menos una entidad agregada al Clúster, un total de cuatro becarios predoctorales y cuatro contratados postdoctorales.

Se ha planteado en el marco del Consejo Asesor, y en relación con alguna de las líneas de investigación prioritarias, la posibilidad de reconvertir becas/contratos postdoctorales en contratos de personal técnico que permita el desarrollo de las actividades. Este aspecto habrá de estudiarse, en el marco global de todas las convocatorias PICATA para el año 2012.

13. Plan de instalaciones y equipamiento

La Investigación, uno de los cuatro ejes estratégicos sobre los que actúa el Campus Moncloa, es donde se enmarca este programa específico para adquisición de instalaciones y equipamiento científico-tecnológico y adecuación de infraestructuras que impulse la excelencia en la investigación en todo el Campus y particularmente en el área del Clúster de Materiales para el Futuro. Para ello se solicitarán ayudas a las diferentes convocatorias oficiales: INNOCAMPUS; CEI, etc. Además se pondrá en marcha un programa propio de dotación de infraestructuras del CEI Campus Moncloa. Estas ayudas propias estarán orientadas a fortalecer las áreas temáticas definidas en el plan estratégico del Campus Moncloa y ayudar al desarrollo de los planes directores de los clústers. Se pretende también optimizar el uso de estas infraestructuras y asegurar la implicación en el Campus Moncloa de los grupos o centros en las que se localice el equipamiento, con el fin de garantizar su uso estable a corto y largo plazo, así como crear las sinergias necesarias para fortalecer el Campus y optimizar la transferencia de los resultados de la investigación al sector productivo. Así, se regulará el procedimiento de concesión de ayudas, en régimen de concurrencia competitiva conforme a los principios de publicidad, transparencia e igualdad a proyectos de infraestructura científico-tecnológica enmarcados en los clústers temáticos del Campus Moncloa, que hagan posible:

- a)** desarrollar una investigación de calidad, en las áreas estratégicas propuestas en los planes directores de los clústers.
- b)** obtener el mejor uso y rendimiento de las inversiones en infraestructura científico-tecnológica,
- c)** crear nuevas capacidades de investigación, y
- d)** contribuir, mediante la investigación y el desarrollo tecnológico, al avance del conocimiento, al desarrollo social y económico y a la mejora de la calidad de vida.

Las actuaciones objeto de la ayuda son la adquisición e instalación de equipamiento científico-tecnológico en las áreas estratégicas del clúster. En particular, la finalidad de estas ayudas propias será la financiación de equipos que se soliciten para uso compartido de varios grupos

de investigación de ambas universidades, centros de Asistencia a la Investigación y grandes instalaciones, laboratorios o fincas experimentales.

14. Presupuesto de gastos corrientes

Se considera necesario disponer de un presupuesto de entre 10 y 15 K€/año que permita la realización de pequeñas actividades, una vez sean evaluadas por el Consejo Asesor y aprobadas por el Consejo de Dirección o el Comité Ejecutivo según el procedimiento que se establezca. Se podría dar una financiación parcial a estas actividades, de forma que se complemente la obtenida por otras vías. Entre las actividades a realizar estarían: organización de *workshops* y congresos internacionales, publicaciones, preparación de propuestas Programa marco de la UE, actuaciones internacionales, etc.

15. Plan financiero, origen de los fondos

La obtención de los objetivos descritos exige la elaboración de un plan financiero, que fomente y permita el total desarrollo de las capacidades de los grupos de investigación. Para ello, se promoverá y apoyará la solicitud de proyectos a instituciones regionales, nacionales e internacionales, en las distintas áreas del sector, por ejemplo:

- **7º Programa Marco (2007-2013)**, por ejemplo dentro de los programas:

- Cooperation
- Capacities
- Ideas
- People
- Joint Technology Initiatives

- **EUREKA**

- **COST: European Cooperation in Science and Technology**

- **ESF**

- **European Research Council** (<http://erc.europa.eu/>) en algunas de sus dos modalidades:

- ERC Starting Independent Researcher Grants (ERC Starting Grants) [atraer talento]
- ERC Advanced Investigator Grant (ERC Advanced Grant) [liderazgo].

- **Plan Nacional de I+D+i**

- **Consolider**

- **CENIT**

- **Acciones bilaterales o integradas**

- **Infraestructuras**

- **Estrategia Estatal de Innovación (e2i)**

- **Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica**

- **Otro tipo de proyectos**

16. Estrategia de valorización y comercialización de la innovación

El Campus Moncloa tiene entre sus objetivos dar un salto cualitativo en la colaboración universidad-empresa-sociedad, proyectando a la sociedad los conocimientos, capacidades y resultados generados para que sean transformados en fuente de progreso, desarrollando la denominada tercera misión de la universidad.

Alineado con estos objetivos, el Clúster de Materiales para el Futuro contempla los siguientes planes específicos de valorización y comercialización de la innovación:

- Aumento del número de proyectos cooperativos y colaborativos.
- Aumento de los registros de propiedad intelectual e industrial.
- Incremento del número de contratos de licencia de tecnologías.
- Fomento de la creación de nuevas empresas.

- Diversificación de sus fuentes de financiación.

Por ello, las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la UCM y la UPM en colaboración con la coordinación del clúster, serán las encargadas de transferir de manera eficaz los resultados de la investigación realizada. Se aprovecharán por lo tanto de manera conjunta, la experiencia, las herramientas y los canales de transferencia de las investigaciones que ambas oficinas han ido desarrollando desde su creación en 1989. Particularmente se apoyará y fomentará el desarrollo de las siguientes actividades:

- Identificación y difusión de la oferta tecnológica del clúster.
- Protección de resultados de investigación del clúster.
- Promoción y comercialización de tecnologías desarrolladas en el clúster.
- Creación de empresas de base tecnológica.
- Divulgación a la sociedad de los resultados de la investigación científica y tecnológica generados en el clúster.

17. Sinergias y dependencias con otros clústers

En casi todas las actuaciones de este Clúster hay relaciones y posibilidad de sinergias con los otros Clústers del Campus:

- La acción transversal dirigida a la puesta a punto de la ICTS de Microscopia Avanzada permitirá beneficiarse de sus instalaciones al resto de los clústers. La utilización de microscopios con correctores de aberración será de gran utilidad en diferentes aspectos: (i) al clúster de Patrimonio para la caracterización analítica de pigmentos y otros materiales de construcción; (ii) a los clústers de i-Health Medicina Innovadora y de Agroalimentación y Salud para la caracterización de compuestos a bajo voltaje; (iii) al clúster de Cambio Global y Nuevas Energías para la caracterización estructural de materiales a ultra-alta resolución. Con este clúster, y en lo que se refiere a la instrumentación científica se colaborará en la construcción del Laboratorio de Instrumentación Científica Avanzada (LICA).
- La línea de investigación dirigida al estudio de materiales estructurales tiene relación directa con el clúster de Patrimonio.
- Las líneas de investigación dirigidas al estudio de materiales eléctricos y magnéticos tiene relación directa con el clúster Cambio Global y Nuevas Energías, con particular relevancia en el estudio de dispositivos fotovoltaicos. Con este clúster se tiene asimismo relación en el desarrollo de programas de apoyo al proyecto ITER.
- La línea de investigación dirigida al estudio de biomateriales tiene relación directa con los clústers de i-Health Medicina Innovadora y de Agroalimentación y Salud.

18. Barreras principales para la puesta en marcha

A pesar de ser muy importante la limitación presupuestaria para poder desarrollar los objetivos del Clúster en el marco del Campus Moncloa, las principales barreras para la puesta en marcha y el desarrollo adecuado de éste en el tiempo, son la poca colaboración previa entre los diferentes grupos de investigación y docentes de ambas Universidades, así como la resistencia de los docentes e investigadores de éstas a llevar a cabo el cambio radical en la hábitos de trabajo que implica el Campus Moncloa. Habrá que emplear esfuerzo e imaginación para motivar a los docentes e investigadores, utilizando tanto los nuevos equipamientos como

los resultados obtenidos por los primeros grupos que rompan la inercia, para entrar en esta nueva dinámica necesaria haciéndoles ver las ventajas que se obtienen. El hecho de que estas ventajas no se reflejen siempre, al menos inicialmente, en la disposición de nuevos recursos (económicos o de personal) para los grupos dificulta esta motivación.

19. Identificación y valoración de los principales riesgos del Clúster

Los principales riesgos detectados para el desarrollo de los objetivos del Clúster son:

1. Excesiva diversidad temática
2. Elevado número de grupos de investigación.

Aspectos ambos que también pueden ser también identificados como fortalezas, pero que dificultan claramente el desarrollo de los trabajos y la consecución de objetivos del Clúster. La excesiva diversidad temática puede hacer difícil la identificación clara de prioridades así como provocar dispersión de esfuerzos, dificultando la concentración de medios y la obtención de resultados de relevancia. El excesivo número de grupos puede dificultar tanto la identificación de grupos consolidados y emergentes de calidad, así como el contacto entre estos grupos de ambas Universidades y de las diferentes entidades agrupadas. En el apartado 10 se indican los criterios que se utilizarán para la selección de grupos.

20. Identificación de aspectos donde se necesita ayuda por parte del Campus Moncloa

El Clúster, sus Coordinadores y Consejo Asesor, necesitan apoyo del Campus Moncloa en diferentes aspectos de gestión, como pueden ser:

- Difusión de la información entre las comunidades Universitarias y entidades agregadas.
- Preparación de convenios con entidades públicas y empresas.
- Definición y evaluación de convocatorias.
- Lobby de apoyo a proyectos de importancia liderados por investigadores CEI.
- Presencia activa en las administraciones para consecución de proyectos de infraestructura.
- Apoyo administrativo a Coordinadores y Consejo Asesor.

21. Gobernanza

Coordinadores del Clúster (plantean actuaciones, las discuten y las elevan al Consejo asesor del Clúster):

- Jaime Gálvez Ruiz: Coordinador UPM
- José M. González Calbet: Coordinador UCM

Consejo Asesor del Clúster (recibe ideas y propuestas de los Coordinadores, las discute y genera propuestas de actuaciones, que eleva al Comité de Dirección del Campus):

Apellidos, Nombre	Institución	Teléfono	email
Calleja Pardo, Enrique	UPM- Telecomunicac.	913367315	calleja@die.upm.es
Gálvez Ruiz, Jaime	UPM-Caminos	913365350	jaime.galvez@upm.es
González Calbet, José M.	UCM-Químicas	91394434	jgcalbet@quim.ucm.es
González Viada, María	CIEMAT	913466578	maria.gonzalez@ciemat.es
Guinea Tortuero, Gustavo	UPM-Caminos	913366754	gguinea@mater.upm.es
Hernando Grande, Antonio	UCM-Físicas, IMA-ADIF	913007173	antonio.hernando@externos.adif.es
Moragues Terrades, Amparo	UPM-Caminos	913366720	amparo.moragues@upm.es
Pastor Caño, José Ygnacio	UPM-Caminos	913366684	jy.pastor@upm.es
Rojo Alaminos, Juan Manuel	UCM-Físicas	913944544	jmrojo@fis.ucm.es
Santamaría, Jacobo	UCM-Físicas	913944367	jacsan@fis.ucm.es
Vallet Regí, María	UCM-Farmacia	913941843	vallet@farm.ucm.es