

Estudio de prospectiva tecnológica sobre la aplicación de la nanotecnología en el sector de la refrigeración y la climatización (RECLINA)





Edita:

Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA

Consejería de Economía, Innovación y Ciencia

JUNTA DE ANDALUCÍA



Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPLEO

Autores:

Rafael Rodríguez Acuña (IAT)

Rafael Serrano Bello (IAT)



Colabora:

Asociación de Fabricantes Andaluces de Refrigeración (AFAR)



Índice

ANTECEDENTES	5
OBJETO	5
METODOLOGÍA	5
INTRODUCCIÓN	7
<i>¿Qué entendemos por “nano”?</i>	7
<i>Tres enfoques para la nanotecnología</i>	8
<i>Enfoques top-down</i>	8
<i>Enfoques bottom-up</i>	9
<i>Enfoques híbridos</i>	10
SELECCIÓN DE ÁREAS TECNOLÓGICAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR.....	11
ANÁLISIS DE CUESTIONARIOS	12
ESTADO DEL ARTE DE LA NANOTECNOLOGÍA APLICADA A LAS ÁREAS TECNOLÓGICAS DE INTERÉS.....	16
<i>Aislantes</i>	17
<i>Patentes</i>	21
DAFO de aplicación de nanotecnología en aislantes.....	24
<i>Antiescarcha</i>	25
<i>Patentes</i>	29
DAFO de aplicación de nanotecnología en recubrimientos antiescarcha	31
<i>Modificación de mecanismos de transferencia de calor</i>	33
<i>Patentes</i>	37
DAFO de aplicación de nanotecnología en modificación de mecanismos de transferencia de calor.....	43
<i>Filtros</i>	45
<i>Patentes</i>	47
DAFO de aplicación de nanotecnología en filtros de NOx.....	48
<i>Nuevos ciclos</i>	49
DAFO de aplicación de nanotecnología en nuevos ciclos	50
<i>Nanocomposites</i>	52
<i>Aurorreparación en fugas de gases</i>	55
<i>Patentes</i>	58
<i>Patentes (nanocomposites autorreparantes)</i>	60
DAFO de aplicación de nanotecnología en nanocomposites	61
<i>Recubrimientos (distintos de antiescarcha)</i>	62
<i>Patentes</i>	66
DAFO de aplicación de nanotecnología en recubrimientos	68
<i>Refractarios</i>	69

Patentes	73
DAFO de aplicación de nanotecnología en refractarios	75
Refrigerantes	77
<i>Aplicaciones de los nanofluidos en los refrigerantes para automoción</i>	80
<i>Aplicaciones de las nanopartículas en los refrigerantes R134a</i>	81
<i>Aplicaciones de las nanopartículas en los refrigerantes R404a</i>	83
Patentes	83
DAFO de aplicación de nanotecnología en refrigerantes	85
Sensores de gases	87
<i>Uso de nanomateriales en sensores de gases de NOx</i>	92
<i>Uso de nanomateriales en sensores de gases refrigerantes fluorados (R134a y R404a)</i>	94
Patentes	95
DAFO de aplicación de nanotecnología en sensores para gases	98
PREDICCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS	100
<i>Factores con influencia en el diseño de escenarios en la aplicación de nanotecnología en el sector</i>	100
<i>Factores político/legales</i>	100
<i>Factores socioculturales</i>	101
<i>Factores tecnológicos</i>	102
<i>Factores económico/comerciales</i>	102
<i>Escenarios futuros</i>	103
PROVEEDORES DE NANOTECNOLOGÍA PARA EL SECTOR	109
UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA EL SECTOR	112
CONCLUSIONES	114
<i>Áreas tecnológicas de interés</i>	114
<i>Áreas con más potencial de desarrollo</i>	114
<i>Obstáculos a la aplicación de la nanotecnología en el sector</i>	115
<i>Actuaciones recomendadas</i>	115
<i>Sistema de Vigilancia Tecnológica</i>	115
<i>Proyectos de I+D</i>	115
<i>Cooperación</i>	116
<i>Protección de los resultados de la investigación</i>	116
<i>Anexo I: Resultados del cuestionario</i>	117
<i>Anexo II: Proveedores de nanotecnología</i>	125
EMPRESAS	125
CENTROS DE INVESTIGACIÓN	141
CENTROS TECNOLÓGICOS	148
GRUPOS DE UNIVERSIDADES	157
<i>Anexo III: Bibliografía</i>	162

ANTECEDENTES

Uno de los objetivos del “Plan Estratégico del sector de la refrigeración y la climatización de Andalucía” es el incremento de la competitividad del clúster mediante actuaciones dirigidas a fomentar la actividad de innovación en el sector.

El Comité de Seguimiento del Plan, a través de **AFAR** (Asociación de Fabricantes Andaluces de Refrigeración), pone en conocimiento de la **Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA)** la necesidad de la realización de estudios de prospectiva tecnológica en el ámbito de los materiales nanotecnológicos y su aplicación para la mejora del rendimiento, coste, mantenimiento, etc. de los equipos de refrigeración y climatización.

En este sentido el presente proyecto está alineado con las actuaciones promovidas por la Agencia Idea recogidas en el **Tema prioritario 09** “*Estudios y diagnósticos de la situación de la investigación y de las posibilidades de Nuevas Tecnologías en el territorio*”.

Es por ello que la Agencia IDEA encarga a IAT un Estudio de prospectiva tecnológica sobre la aplicación de la nanotecnología en el sector de la refrigeración y la climatización.

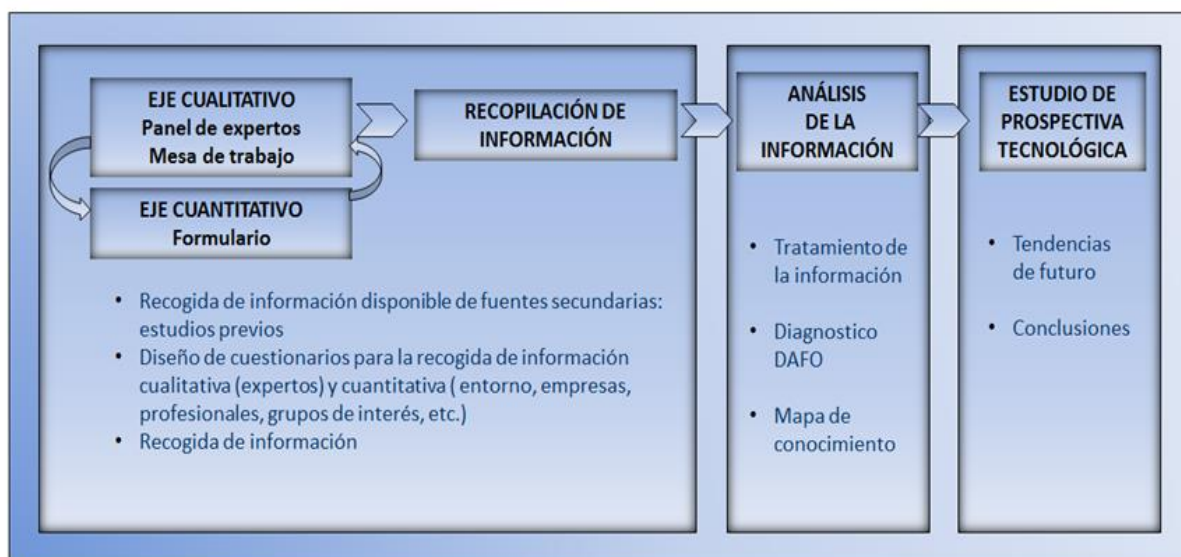
Este estudio ha sido financiado por la Subvención Global Innovación-Tecnología-Empresa de Andalucía 2007-2013, cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional e Incorporada en el Programa Operativo FEDER Andalucía 2007-2013.

OBJETO

Este informe recoge los resultados del Estudio que ha tenido como objeto el conocer las necesidades del sector de la refrigeración y la climatización de Andalucía en el uso de materiales nanotecnológicos y otros materiales desarrollados recientemente con aplicabilidad en la producción de equipamiento de refrigeración y climatización, así como ofrecer una orientación estratégica al respecto del uso de estos materiales, con el fin de contribuir a la necesaria mejora en el rendimiento, durabilidad, mantenimiento, eficiencia energética y costes de los productos propios de dicho sector.

METODOLOGÍA

El estudio se ha llevado a cabo según la metodología acordada en la oferta previa y que ha seguido el siguiente esquema:



Para las mesas de trabajo se constituyó un panel de expertos formado por 9 responsables del Área de I+D y directores técnicos de empresas generadoras de conocimiento en el sector. A lo largo de dos sesiones técnicas se validó el cuestionario a enviar a las empresas, debatiéndose principalmente las Áreas tecnológicas de interés para el sector a incluir en el formulario. De igual manera se analizaron los principales puntos de los resultados extraídos de dichos cuestionarios (Anexo I), aportando matices y nueva información a lo reflejado en estos.

Tras un exhaustivo análisis de las BBDD científicas, técnicas y de patentes se realizó un estudio del estado del arte de cada Área de interés en el campo de la nanotecnología aplicado a cada sector, analizando la información a nivel geográfico (del ámbito global al nivel andaluz, cuando existía en cada área), y se elaboraron DAFOs de cada una de las Áreas. Estos DAFOs, junto con el grado de maduración estimado en base al número de patentes y publicaciones encontrados en cada Área y ámbito geográfico permitió establecer un grado de madurez actual para la aplicación de la nanotecnología en cada área, y el planteamiento de escenarios futuros (optimista, pesimista y más probable).

Todo ello conduce finalmente a las conclusiones y recomendaciones que pueden encontrarse al final de este estudio, donde se hace un especial énfasis en un enfoque sostenible de la aplicación de la nanotecnología al sector.

INTRODUCCIÓN

¿Qué entendemos por “nano”?

En el marco regulatorio de la Unión Europea, “por «nanomaterial» se entiende un material natural, secundario o fabricado que contenga partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado y en el que el 50 % o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm. No obstante (...), los fullerenos, los copos de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones externas inferiores a 1 nm deben considerarse nanomateriales.” (Europea, 2011).

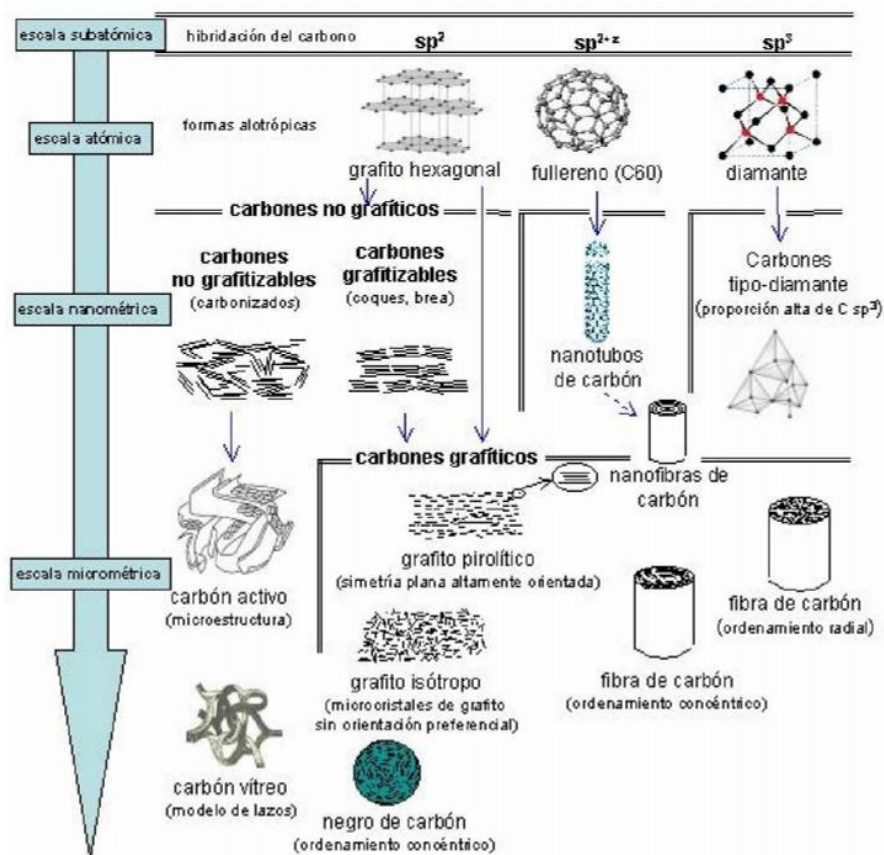


Ilustración 1: Distintas estructuras de materiales con base en carbono (Menéndez Díaz, 2012).

De igual manera, en la norma UNE-CEN ISO/TS 27687:2010. *Nanotecnologías. Terminología y definiciones para nano-objetos*. *Nanopartícula, nanofibra y nanoplaca*, se acota: “Nanoescala: intervalo de dimensiones desde aproximadamente 1 a 100nm”.

A esta escala aparecen fenómenos que no aparecen en la macroescala. La aparición de instrumentos como el microscopio electrónico permiten un control sobre la estructura atómica como no se tenía hasta ahora, pudiendo obtener propiedades nuevas y diseñadas *ad hoc*.

Tres enfoques para la nanotecnología

Dependiendo de cuál es la filosofía de fabricación subyacente a una nanotecnología, éstas pueden clasificarse en:

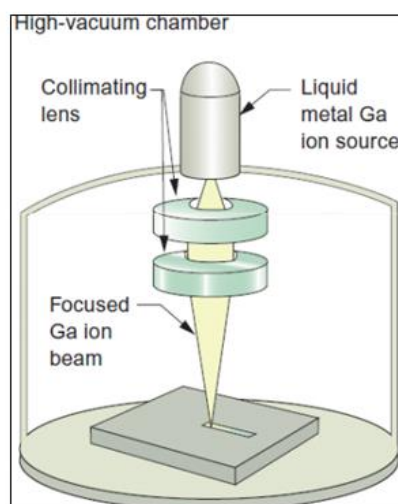
- top-down;
- bottom-up;
- híbridas.

Enfoques top-down

Esta aproximación consiste en reducir los métodos (las “filosofías”) de fabricación conocidos. Este tipo de nanotecnología es la más desarrollada hasta el momento, siendo su aplicación más importante el campo de la electrónica.



Mecanizado



Mecanizado por haz concentrado de iones

Ilustración 2: Ejemplo de enfoque top-down en nanotecnología.

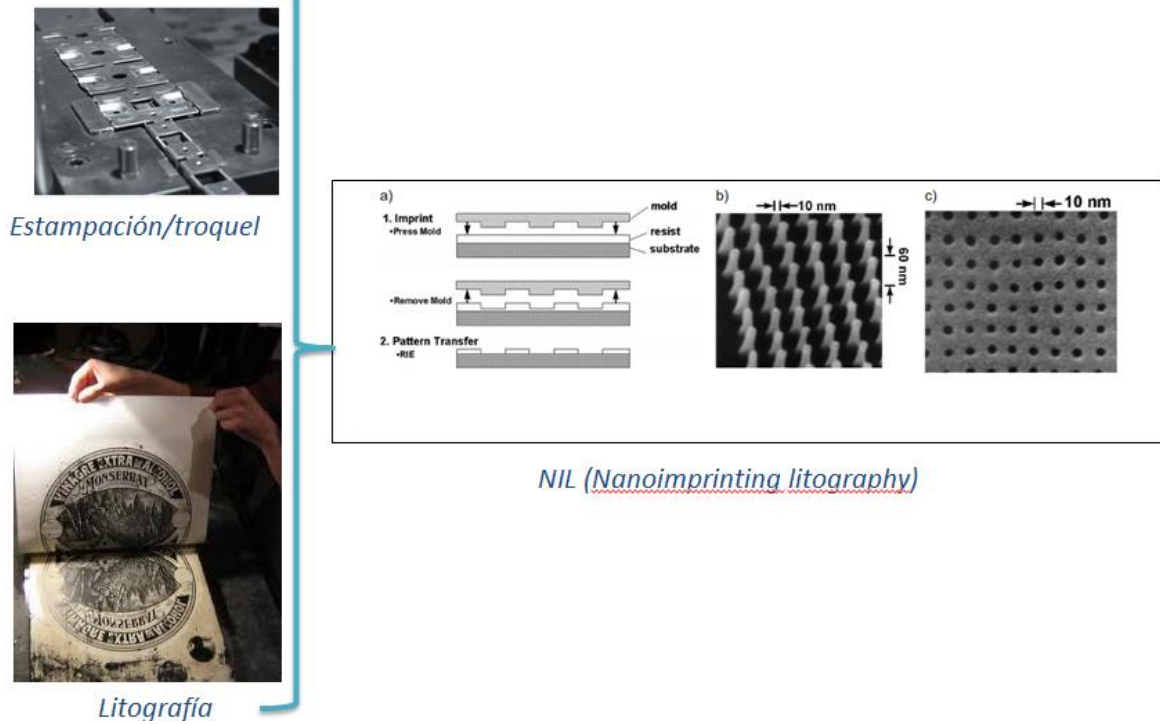


Ilustración 3: Ejemplo de enfoque top-down.

Enfoques bottom-up

También conocido como autoensamblado. Consiste en crear y hacer crecer estructuras, de menor a mayor, de lo particular a lo general, añadiendo de manera controlada átomos o moléculas para crear nanoestructuras con las propiedades deseadas. Es aquí donde reside el mayor potencial de la nanotecnología.

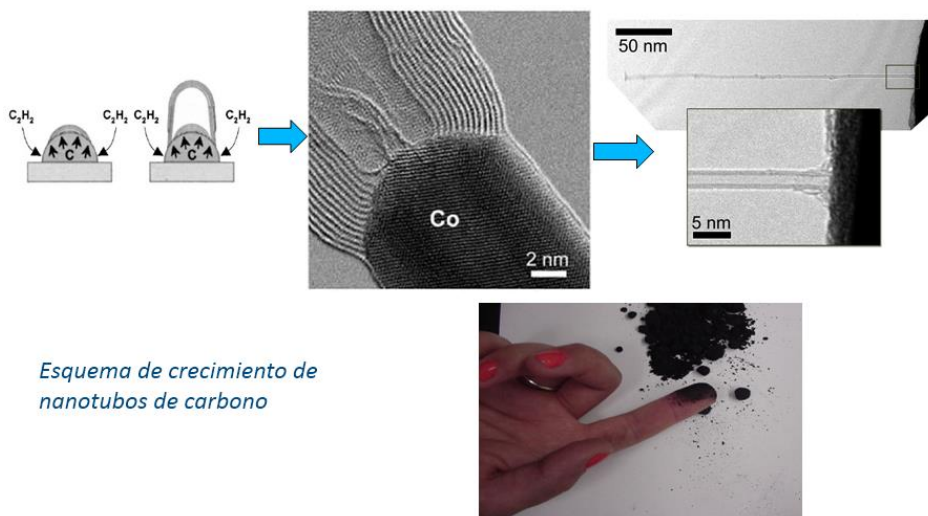


Ilustración 4: Ejemplo de enfoque bottom-up. Obtención de nanotubos de carbono por deposición a partir de "semillas".

Enfoques híbridos

Como su propio nombre indica, mezcla las dos filosofías anteriores, normalmente haciendo uso de patrones de crecimiento.

Crecimiento de nanotubos de carbono según patrón

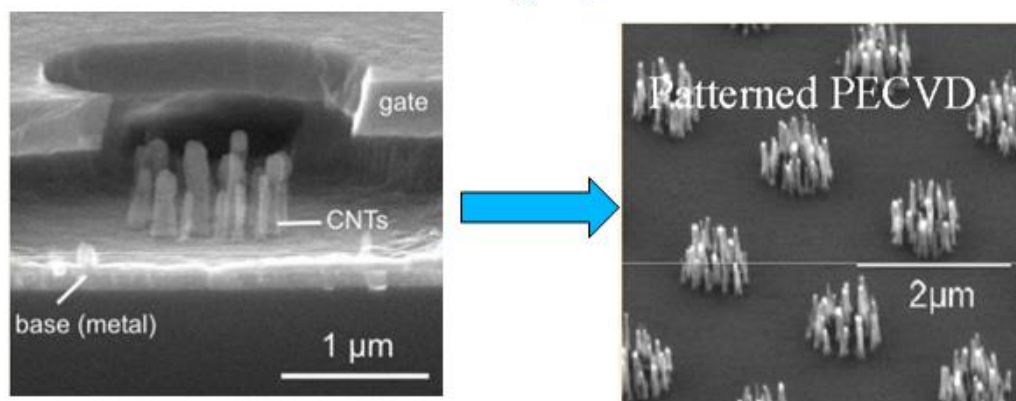


Ilustración 5: Ejemplo de enfoque híbrido en nanotecnología.





SELECCIÓN DE ÁREAS TECNOLÓGICAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR

Desde los inicios de la nanotecnología, sólo unas décadas atrás, hasta nuestros días, han sido muy numerosas las aportaciones científicas en la práctica totalidad de las ramas de la industria. A través de la elaboración y difusión de un cuestionario sobre necesidades tecnológicas entre empresas del sector, y con la ayuda específica de un panel de expertos conformado con la colaboración de AFAR, se acotaron los retos tecnológicos más relevantes a los que se enfrenta el sector de la climatización y la refrigeración en Andalucía.

En el cuestionario se establecieron las siguientes Áreas tecnológicas de partida, validadas por los expertos en la primera sesión técnica, para orientar a las empresas en la expresión de sus necesidades de innovación tecnológica:

- Nuevos materiales aislantes
- Nuevos materiales refractarios
- Nuevos materiales conductores
- Nuevos refrigerantes
- Nuevos recubrimientos
- Nuevos filtros
- Nuevos ciclos
- Sensorización
- Sustitución de materiales metálicos

Los resultados completos de este cuestionario enviado a empresas del sector pueden consultarse en el Anexo I.

▶▶▶ ANÁLISIS DE CUESTIONARIOS

Los cuestionarios fueron enviados a las empresas del sector que no se limitan a ensamblar o instalar equipos desarrollados por otros fabricantes, sino que son también generadoras de conocimiento. De las 12 empresas indicadas a tal efecto por AFAR, se obtuvo respuesta de 7 de ellas. El cuestionario se rellenó de manera anónima. Las estadísticas completas de los cuestionarios cumplimentados pueden consultarse en el Anexo I.

En la segunda sesión técnica con el panel de expertos se analizaron las respuestas más llamativas que se reflejaban en las estadísticas, y en base a este debate se pidió a los expertos que priorizaran en siete matrices multicriterio algunos problemas, actuaciones, causas, etc. que acabaran de perfilar una imagen global de las necesidades del sector.

Téngase en cuenta que todas las priorizaciones se refieren siempre a la aplicación de la nanotecnología (no se trataba de preguntas generales) en el sector.

El mayor grado de acuerdo en las priorizaciones se obtuvo en la referente a las Áreas tecnológicas y en la correspondiente a los factores que obstaculicen el embarcarse en un proyecto de I+D.

Los valores reflejados en las tablas son la suma de las puntuaciones de priorización por parte de los expertos (cuanta más puntuación, más importante).

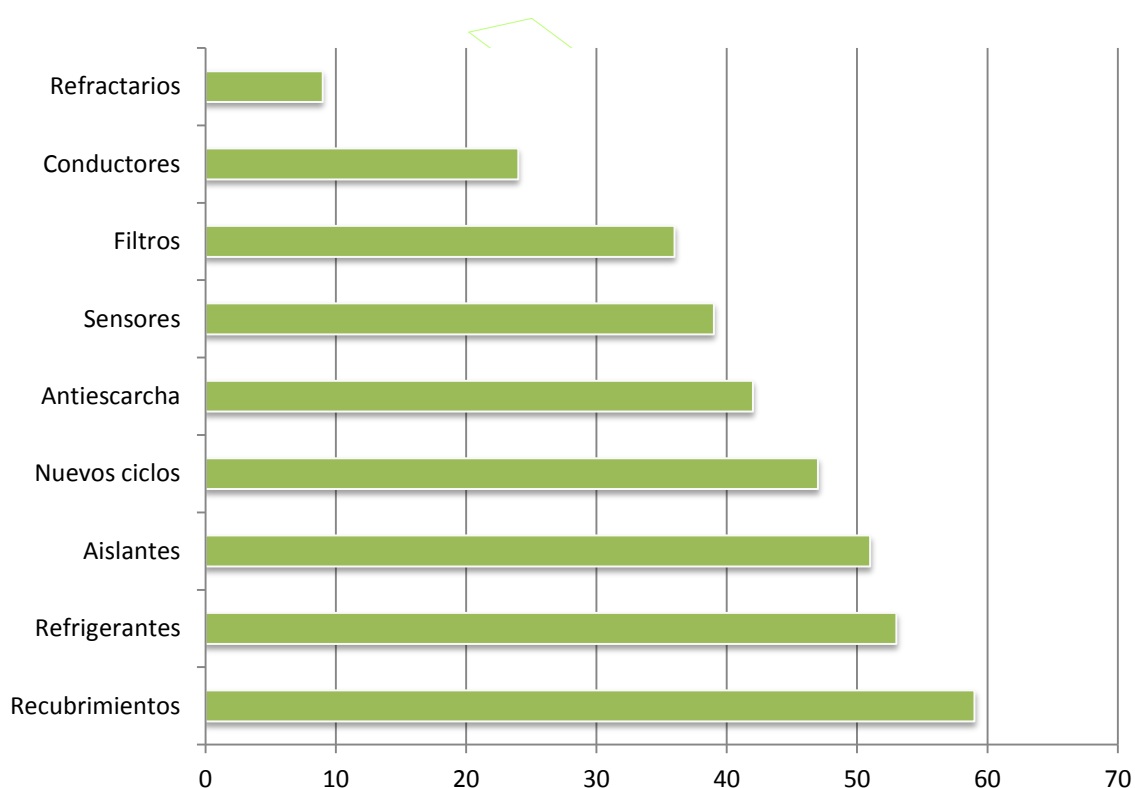


Ilustración 6: Priorización de Áreas tecnológicas por los expertos.

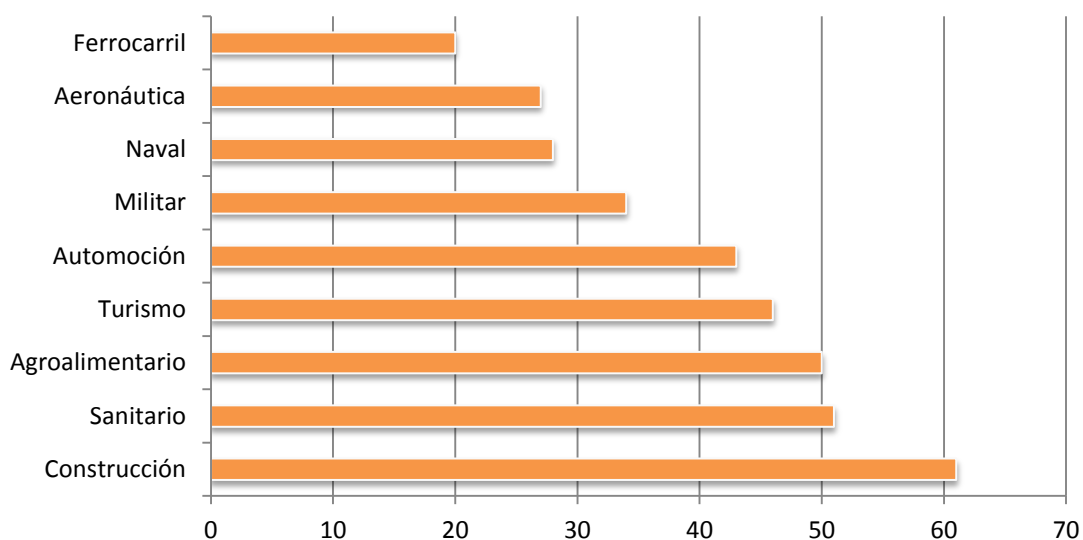


Ilustración 7: Priorización de sectores con los que buscar sinergias.

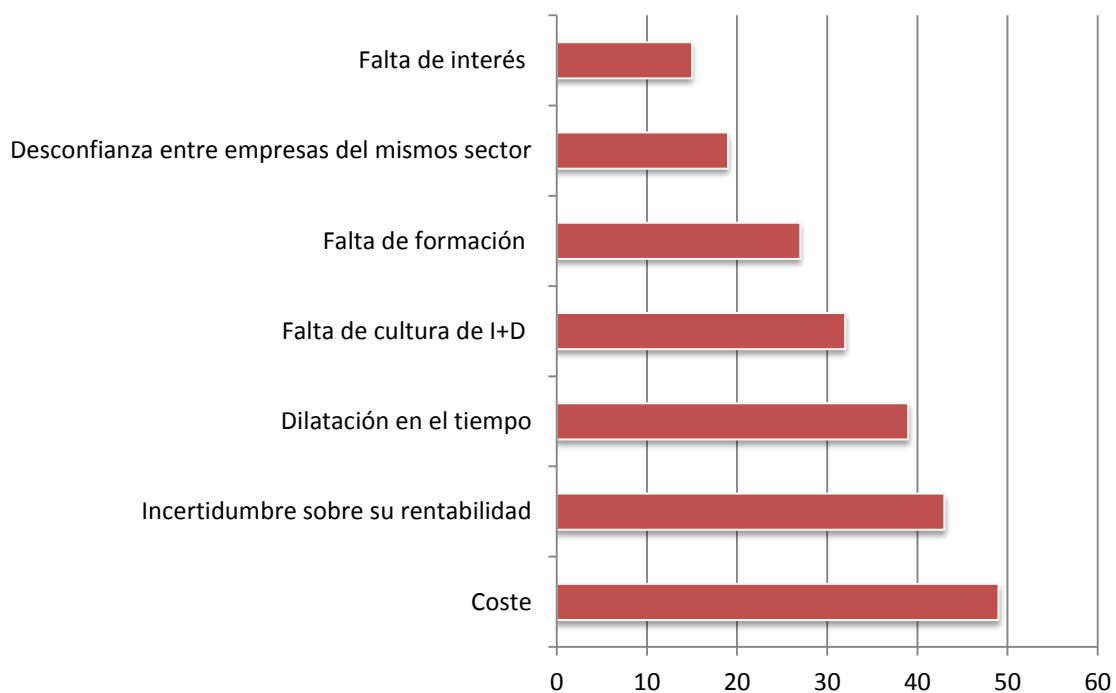


Ilustración 8: Priorización de factores que obstaculicen el embarcarse en un proyecto de I+D.

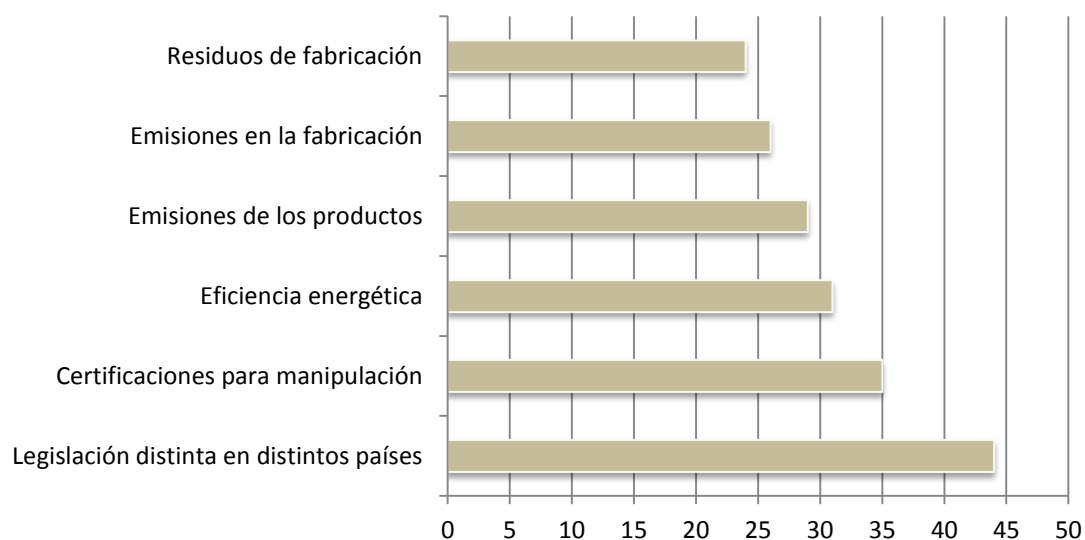


Ilustración 9: Priorización de legislación más problemática.

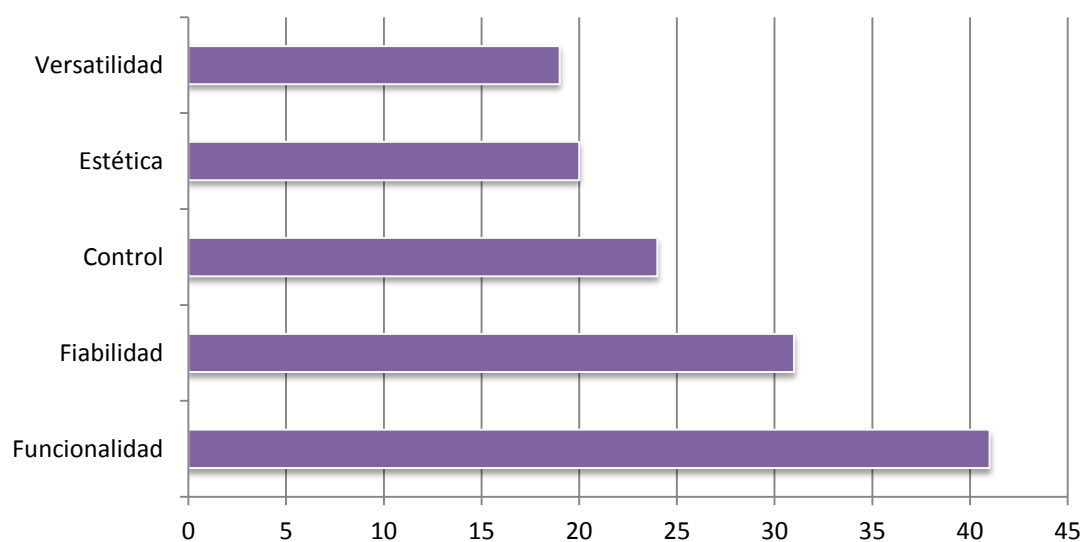


Ilustración 10: Priorización de estrategias de diferenciación de producto.

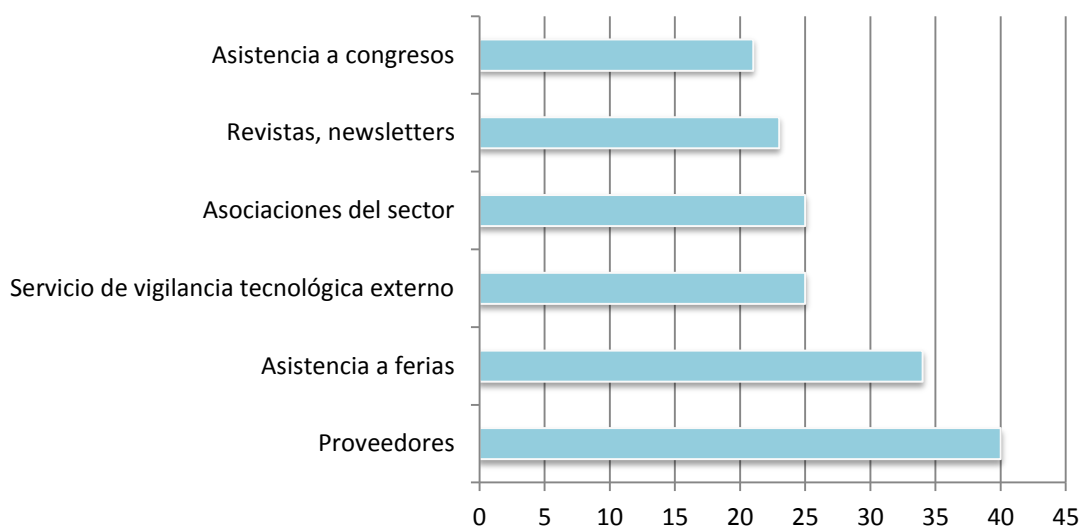


Ilustración 11: Priorización de fuentes de información más usuales.

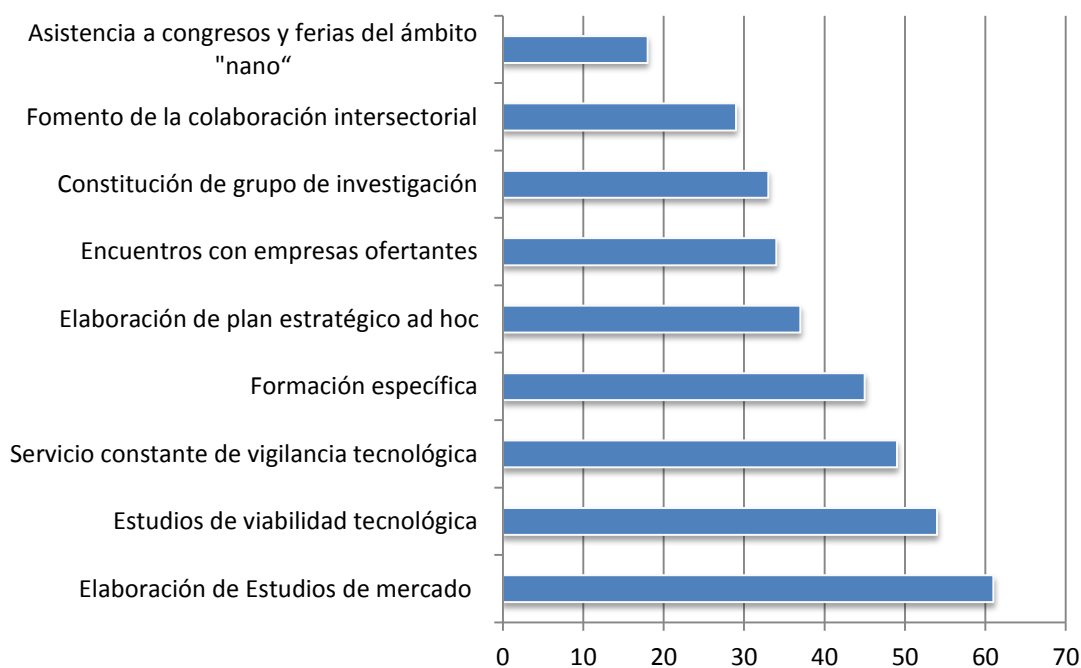


Ilustración 12: Priorización de actuaciones deseables para el fomento de la nanotecnología en el sector (excluyendo financiación pública para proyectos de I+D).



ESTADO DEL ARTE DE LA NANOTECNOLOGÍA APLICADA A LAS ÁREAS TECNOLÓGICAS DE INTERÉS

Para recabar las necesidades de información sobre estas Áreas de las empresas del sector, así como para conocer la actitud estratégica de dichas empresas para con la nanotecnología, se validó con el panel de expertos el cuestionario que puede consultarse en el Anexo I.

- Acceso a BBDD de revistas científicas y técnicas (ScienceDirect, Wiley InterScience, SpringerLink, SAGE, IEEE, JSTOR y CRCnetBASE, y en general todas las indexadas en Scopus).
- Acceso a metabuscadores (WOK, Scopus) para analizar el impacto de una publicación, buscar su influencia mediante mapas de referencias en el estado del arte, número de citas, etc.
- Espacenet: BBDD de la Oficina Europea de Patentes (con acceso a registros de patentes a nivel mundial).
- Patentinspiration: explotación gráfica de resultados de búsqueda de patentes a nivel mundial.

Se recogen a continuación los resultados obtenidos en cada una de las Áreas tecnológicas.



Aislantes

La nanotecnología está ofreciendo en los últimos años varias líneas prometedoras de investigación. Las más relevantes son las referentes a los aerogeles materiales nanoporosos por lo común con base en sílice (SiO_2). De todos los materiales con base en sílice, los aerogeles son los que presentan una menor conductividad (Fricke et al., 2006).

Los aerogeles pueden ser comprendidos atendiendo a su más común método de fabricación: como geles que se han sometido a un proceso de secado, durante el cual se le forman nanoporos. Además, dicha nanoestructura puede tener a diferentes tipos de nanopartículas como precursoras. De manera muy resumida, un gel “secado” produce lo que se conoce como xerogel, y si ese secado se efectúa en condiciones supercríticas (atravesando la región supercrítica del correspondiente diagrama de fases) no conlleva encogimiento del material, dejando un muy alto volumen intersticial, obteniéndose un aerogel (Li et al., 2009a).

Los aerogeles son conocidos desde el siglo pasado (Kistler and Caldwell, 1934), pero en los últimos años se ha intensificado la investigación alrededor de ellos debido a la aparición de nanotecnologías que permiten mejorar sus ya bien conocidas propiedades.

Tabla 1: Conductividad térmica para distintos materiales (Koebel et al., 2012).

Aislante	Estructura química	λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
Lana mineral	Oxidos inorgánicos	0.034 ... 0.045
Fibra de vidrio	SiO_2	0.031 ... 0.043
Espuma de vidrio	SiO_2	0.038 ... 0.050
Poliestireno expandido	Espuma polimérica	0.029 ... 0.055
Poliestireno extruido	Espuma polimérica	0.029 ... 0.048
Espuma de resina fenólica	Espuma polimérica	0.021 ... 0.025
Espuma de poliuretano	Espuma polimérica	0.020 ... 0.029
Aerogel de sílice	SiO_2 aerogel	0.012 ... 0.020
Aerogel orgánico	Depende del compuesto orgánico del que procede	0.013 ... 0.020
Paneles de vacío (VIP)	Núcleo de sílice	0.003 ... 0.011
Vidrio al vacío (Vacuum glazing)	Doble vidrio con vacío entre ellos	0.0001 ... 0.0005

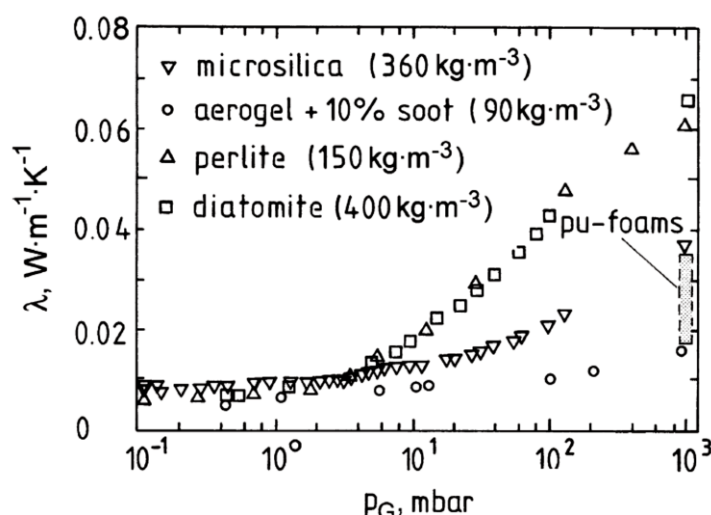


Ilustración 13: Conductividad térmica para distintos materiales con base en sílice y su variación con la presión del aire a 300K. Se puede observar que el aerogel es el que exhibe una menor conductividad. Fuente: (Fricke et al., 2006)

Una clasificación usual (Koebel et al., 2012) de los aerogeles es la que sigue:

- **Monolíticos:** bloques homogéneos de al menos 1cm como dimensión característica. La combinación de una muy baja conductividad térmica con buenas propiedades ópticas, especialmente la transparencia, estos aerogeles de sílice son de gran interés para las potenciales aplicaciones en el campo de aislamiento térmico transparente, sin embargo, poder obtener grandes paneles sin fisuras de este tipo de bloques está todavía en proceso de desarrollo (Buratti and Moretti, 2011).
- **Materiales “divididos”:** incluyen piezas monolíticas que contienen gránulos pequeños de menos de 1cm hasta polvos de alrededor 1mm de dimensión característica; su distribución es aleatoria en la matriz que los contiene.
- Se ha descrito en varios trabajos, p.ej.: (Reim et al., 2005), que las camas de perlas granulares presentan conductividades térmicas eficaces ligeramente más altas que sus “padres” monolíticos a presión atmosférica y dentro de la gama de bajo vacío debido al aire atrapado en los macroporos entre gránulos, incluso si los propios gránulos ofrecen la misma conductividad que los bloques monolíticos. La conductividad del conjunto puede ser significativamente disminuida por compresión que reduzca la fracción de volumen de aire (Smith et al., 1998). También hay que subrayar que aún a causa de la macroporosidad intergranular, sin carga externa significativa y bajo vacío, la conductividad térmica efectiva de lechos rellenos de gránulos de aerogel son generalmente más bajos que los de su homólogos monolíticos (Bisson et al., 2004).
- **Materiales compuestos:** homogéneos o heterogéneos, contiene una fase de aerogel con al menos un aditivo incorporado ya sea en la matriz de gel (por ejemplo, durante la síntesis) o añadido al gel como una segunda fase distinta, tales como fibras (Li et al., 2009a). Son los últimos en haber sido desarrollados (Ryu, 2000), buscando mejorar las propiedades mecánicas de los aerogeles monolíticos o los granulados. En la

actualidad, el principal inconveniente que todavía tienen estos compuestos de aerogel es la liberación de polvo perjudicial para la salud.

- Híbridos y orgánicos: La combinación de varios de los tipos anteriores persigue evitar la debilidad mecánica de los aerogeles monolíticos, la liberación de polvo de los materiales compuestos y la alta inflamabilidad de aislantes orgánicos. Es esta línea la que por ahora tiene un desarrollo menor, por ser la más reciente (Reim et al., 2005).

Otro tipo de aislante nanoestructurado con propiedades aislantes es el que se conoce como nanofoam (nanoespuma), aunque algunos autores consideren a los aerogeles como un subfamilia de las nanoespumas (Ibeh and Bubacz, 2008).

En la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanotecnología en el ámbito de los materiales aislantes “nano insulation” se han identificado 11 trabajos de afiliación española en este ámbito, destacando la actividad desarrollada por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC, ubicado en Madrid) con 5 trabajos publicados. Sólo se encuentra un trabajo publicado por un centro de investigación andaluz (Universidad de Granada, Departamento de Electrónica Tecnología de Computadores).

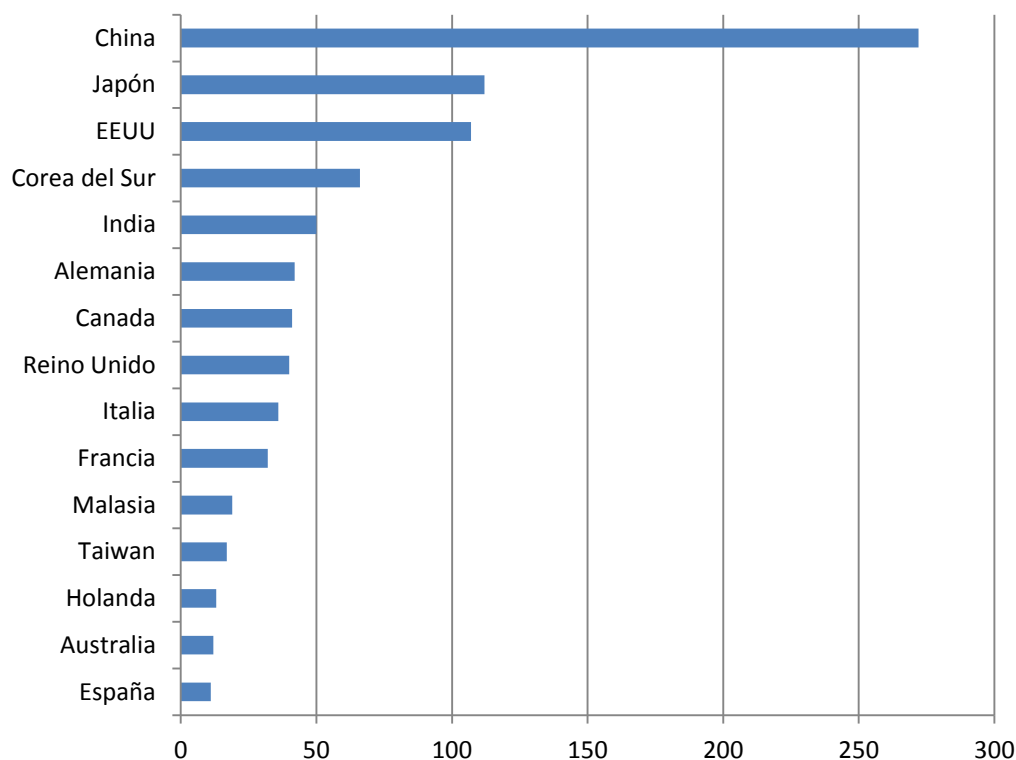


Ilustración 14: Resultados de la búsqueda en Scopus con TITLE-ABS-KEY (nano insulation) por países.

Si se restringe la búsqueda al ámbito del aislamiento térmico “(nano insulation) AND (thermal)”, se han identificado 6 trabajos de afiliación española en este ámbito, destacando la actividad desarrollada por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC, ubicado en Madrid) con 5 trabajos publicados.

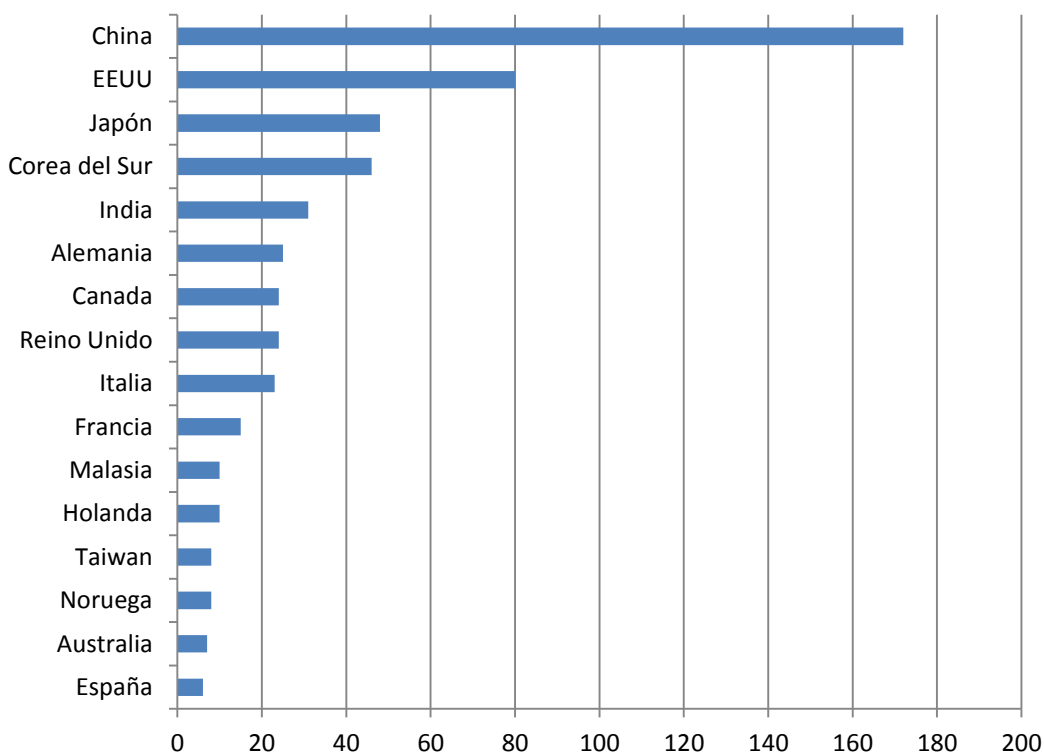


Ilustración 15: Resultados de la búsqueda en Scopus con (TITLE-ABS-KEY (nano insulation)) AND (thermal) por países.

En el ámbito concreto de los aerogeles “TITLE-ABS-KEY(aerogel)” se han identificado un total de 5.240 trabajos, donde se observa que el principal país que investiga en este ámbito es Estados Unidos (con una afiliación de 1.614 trabajos), seguido a gran distancia por China (1012), Francia (443), Japón (438) y Alemania (346). Se observa por tanto una importante actividad investigadora de países europeos en este sentido, ya que dos de ellos (Francia y Alemania) se encuentran entre los cinco primeros a nivel mundial. Además, Italia sería el octavo país a nivel mundial (con 220 trabajos identificados), seguida de España (135 trabajos) y Suiza (107).

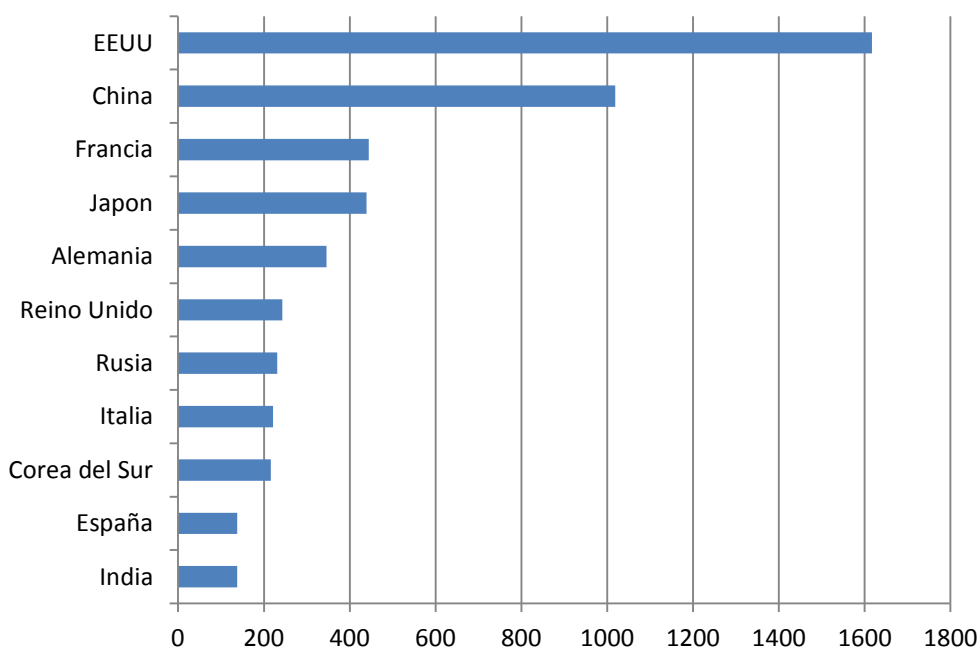


Ilustración 16: Resultados de la búsqueda en Scopus con TITLE-ABS-KEY (aerogel) por países.

En el caso de los trabajos en aerogeles de afiliación española, destaca la actividad desarrollada por el Instituto de Ciencia de los Materiales de Barcelona (CSIC) con 28 trabajos publicados. Se observa una destacable actividad de centros andaluces en el ámbito de los aerogeles, resaltando la actividad realizada por la Universidad de Granada que ocupa el segundo puesto a nivel nacional (con 26 trabajos), seguido por la Universidad de Cádiz que ocupa el tercer puesto a nivel nacional (con 24 trabajos) y la Universidad de Sevilla que ocupa el cuarto puesto a nivel nacional (16). Investigadores destacados de:

- Universidad de Granada
 - Carlos Moreno-Castilla (Dpto. de Química Inorgánica).
- Universidad de Cádiz
 - Manuel Piñero (Dpto. de Física aplicada).
- Universidad de Sevilla
 - Luis Esquivias (Dpto. de Física de la Materia Condensada).

Patentes

Con la búsqueda “nano thermal insulation” se encontraron 27477 patentes, 45 de las cuales incluyen algún autor español. Cabe destacar de entre las patentes españolas:

WO2009061111 (A2) - HEATING APPARATUS FOR THERMAL INSULATING IN ROOM TEMPERATURE

Inventor: KIM CHANG-KUN [KR]

Solicitantes: LEE SANG JUN [KR]; **FERNANDO OLIVER RUBIO [ES] (Consejero Delegado de RDF Group)**; KIM CHANG-KUN [KR] + (LEE, SANG JUN, ; FERNANDO, OLIVER, RUBIO, ; KIM, CHANG-KUN).

Descripción:” La presente invención se refiere en general a un aparato de calentamiento para mantener la temperatura de una habitación y, más particularmente, a un aparato de calentamiento para mantener la temperatura de una habitación, que puede mantener un ambiente cálido, puede manejarse fácilmente debido a que es fina y ligera , y puede prevenir incendios, atribuibles a un sobrecalentamiento, se produzca y, además, que puede promover la circulación de sangre en el cuerpo humano utilizando rayos infrarrojos lejanos radiados desde una capa de revestimiento de cerámica, que se recubre con un material, que se obtiene mediante la mezcla de platino polvo que tiene un tamaño de nanopartículas, polvo de plata que tienen un tamaño de nanopartículas, y un fotocatalizador junto con material mineral, tales como cerámica, cuando la capa de recubrimiento de cerámica se calienta, se pueden eliminar los malos olores en la habitación mediante la radiación de iones negativos, y puede matar a las bacterias que son perjudiciales para el cuerpo humano..”

US2013203878 (A1) - Polymer Composite Foams en el apartado Aislantes.

Inventores: IGUALADA JUAN-ANTONIO (Application Development Manager en A. Schulman, Inc) [ES]; FEIJOO JOSE-LUIS [ES]

Solicitantes: IGUALADA JUAN-ANTONIO [ES]; FEIJOO JOSE-LUIS [ES]; FERRO CORP [US]

Fecha: 8 Aug 2013.

Descripción: “Se describen composiciones poliméricas de espuma que contienen agentes de nucleación de arcilla. Las arcillas son preferiblemente sepioite, paligorskita, atapulgita, o combinaciones de los mismos. También se describen procesos para formar las composiciones de espuma. Los productos resultantes encuentran una aplicación particular como materiales de aislamiento y envasado.”

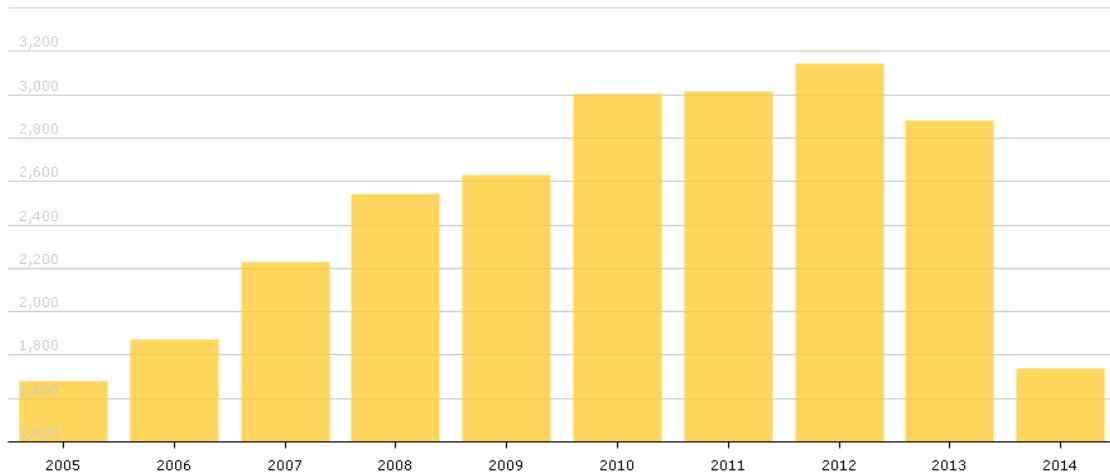


Ilustración 17: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano thermal insulation” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

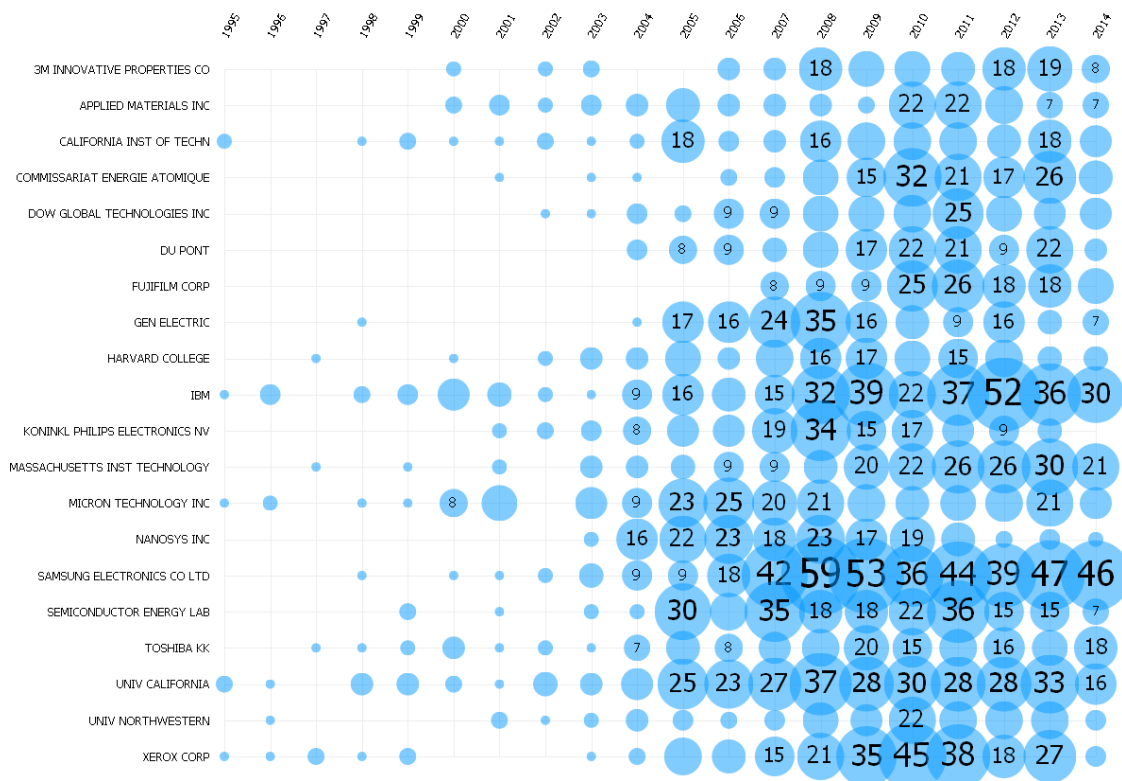


Ilustración 18: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano thermal insulation” en su título o resumen.

DAFO de aplicación de nanotecnología en aislantes

DEBILIDADES

- Relativo desconocimiento de comportamiento de aerogeles con el tiempo (degradación).
- Escasa capacidad portante.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.

AMENAZAS

- Posible incidencia sobre la salud al degradarse con el tiempo.
- Posible degradación de propiedades aislantes con el tiempo.
- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Menor volumen y peso que aislantes tradicionales con misma capacidad aislante.
- Mayor facilidad de moldeo.
- Relativamente intensa actividad de investigación en aerogeles en Andalucía.

OPORTUNIDADES

- Disminuir tamaños de capas aislantes.
- Disminuir pesos de capas aislantes.
- Disminuir el consumo energético de los sistemas de refrigeración y climatización.
- Posibilidad de colaboración en proyectos de I+D con grupos de investigación españoles con experiencia en este ámbito.

Antiescarcha

Muchos de los sistemas e infraestructuras desarrolladas se enfrentan con frecuencia a deficiencias de funcionamiento, o incluso dejan de funcionar climáticas severas debido a la acumulación de nieve o hielo en zonas indeseadas.

Uno de los métodos más comunes para evitar este fenómeno es el uso de productos químicos tales como depresores del punto de congelación (comúnmente agresivos con el medioambiente), que no pueden ser siempre utilizados en el caso de los intercambiadores de calor con aletas, donde la aparición de escarcha constituye un severo problema.

Otro método común (y más respetuoso con el medioambiente) es del recubrir aquellas superficies donde se pretende evitar la aparición de escarcha con una capa de algún material capaz de inhibir o reducir la unión entre superficies sólidas (por lo general, metálicas) y la nieve o hielo. En definitiva, convertir a la superficie metálica en **hidrófoba**.

La capacidad hidrófoba de una superficie se mide, por lo general, con el ángulo de contacto entre la superficie de una gota de agua y la superficie en cuestión (Wang and Jiang, 2007). Para ángulos mayores de 90° se habla de superficies hidrófobas, y en caso contrario de hidrófilas. Para ángulos de contactos mayores de 150° (160° según los autores que se consulten) se habla de superficies superhidrófobas o ultrahidrófobas, o que exhiben el fenómeno “hoja de loto”, ya que la hoja de esta planta posee esta propiedad. Además, se tiene en cuenta también la llamada histéresis del ángulo de contacto, que hace referencia a la diferencia entre los ángulos de contacto en una misma gota en movimiento. Usualmente, el ángulo en la zona de avance (ángulo de avance) es mayor que el ángulo de la zona de la “cola” de la gota (ángulo de retroceso) (Eral et al., 2013).

Las maneras más comunes de convertir una superficie en hidrófoba han tenido su subsecuente evolución en el campo de la nanotecnología. Así, se encuentran las siguientes vías de investigación:

1. Aumentar la energía superficial del sólido:

- Uso de fluorocarbonos en polímeros, ayuda a aumentar su rugosidad (Wang et al., 2012, Zhu et al., 2005);
- Imitación de estructuras orgánicas (Wu et al., 2010, Kim et al., 2012) ;
- Añadir recubrimiento de material inorgánico (Zhang et al., 2008) .

2. Modificar un sustrato rugoso con materiales de baja energía superficial:

- Mediante “grabado” (similitud con el grabado al aguafuerte). Este grabado puede ser químico, con láser (Dong et al., 2011, Xie et al., 2012, Yilbas et al., 2013) o con plasma (Tsougeni et al., 2009, Wang et al., 2008) , o varios tipos de litografía: por haz de iones, fotolitografía o rayos X, (Hwang et al., 2009).
- Uso de materiales sol-gel (sólidos que en su obtención han tenido como precursores soluciones coloidales) (Wu et al., 2008, Yao et al., 2011) .

- Materiales layer-by-layer (LBL; capa a capa) con ensamblaje coloidal, utilizado para hacer films con las propiedades deseadas, con los que se recubre la superficie a tratar (Amigoni et al., 2009, Yang et al., 2009).
- Deposición en baño electroquímico y/o químico (CBD) (Liu et al., 2008).
- Deposición física o química de vapor (PVD (Reihs et al., 2003), CVD (Chinn et al., 2010, Ming et al., 2011, Zhou et al., 2009)).

Tabla 2: Resultados de la búsqueda "nano XXX hydrophobicity".

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano XXX hydrophobicity"
fluorocarbon	60
organic	520
organic lotus	67
laser	144
plasma	209
lithography	113
lithography beam	19
sol-gel	158
layer-by-layer	65
CBD	1
CVD	28
PVD	2

Tabla 3: Resultados de la búsqueda "nano XXX hydrophobic".

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano XXX hydrophobic"
Fluorocarbon	57
organic	703
organic lotus	9
laser	172
plasma	232
lithography	120
lithography beam	19
sol-gel	166
layer-by-layer	72
CBD	0
CVD	31
PVD	6

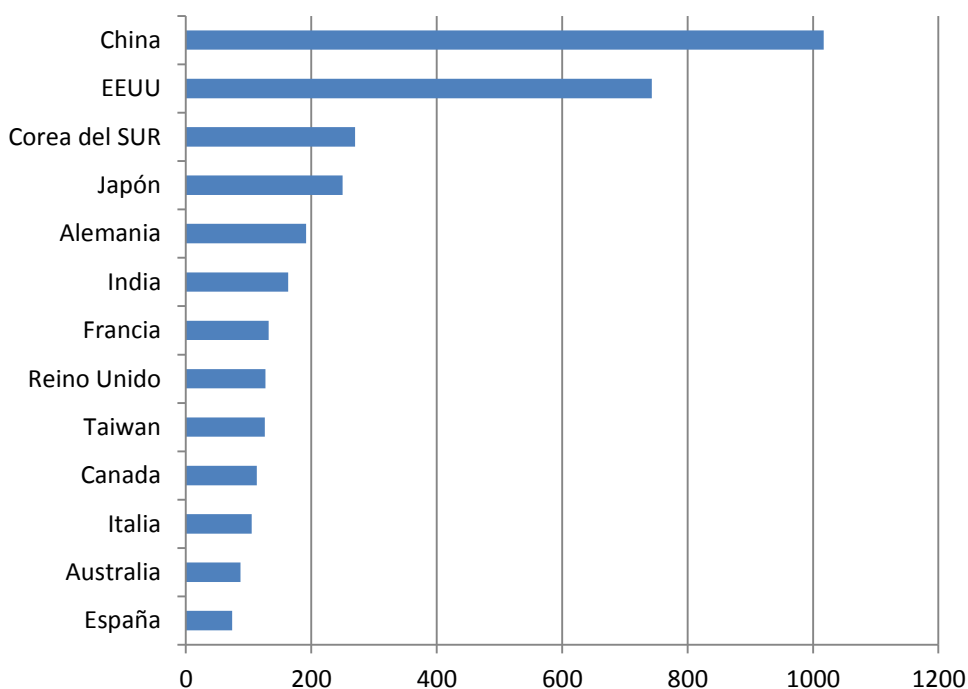


Ilustración 19: Resultados de la búsqueda TITLE-ABS-KEY (nano hydrophobicity) por países.

En concreto, el trabajo de (Kim et al., 2012) resulta particularmente interesante al tratarse de recubrimiento sobre aluminio. Estos investigadores de Harvard han desarrollado un recubrimiento basado en superficies SLIPS (Slippery, Liquid-Infused Porous Surfaces) que mejora sensiblemente las propiedades de éstas, consiguiendo un muy bajo ángulo de histéresis. También sobre aluminio son de relevancia los trabajos de (Feng et al., 2013, Li et al., 2009b, Yu et al., 2010, Zhang et al., 2009).

Sobre cobre, en (Zhang et al., 2010, Huang et al., 2010a) se han desarrollado recubrimientos para este metal

Existe también otro enfoque a la hora de evitar la formación de escarcha, en cierta medida opuesto al mencionado, pero con el mismo objetivo de convertir la geometría en hidrófoba (o superhidrófoba), y es el de utilizar superficies higrófilas (es decir, que “atraen” a la humedad) de manera que los extremos de las aletas de un intercambiador “atrapen” el agua y no dejen que ésta penetre entre las aletas. Así, el agua sobre el equipo a proteger no llega a quedar fijada a éste (o con muy poca superficie de agarra, siendo fácilmente eliminable por medios mecánicos). Más en detalle, los mecanismos (consideraciones geométricas en definitiva) para convertir a una superficie en hidrófoba utilizando propiedades higrófilicas pueden consultarse en (Marmur, 2013, Marmur, 2008)

Tabla 4: Resultados de búsquedas de artículos sobre materiales higrófilos.

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda
Hygrophilic	63
Hygrophil	5
Hydrophilic	89204
Hydrophilic nano	3153
Hydrophilic nano corrosion	33
Hydrophilic nano frost	2

Con la búsqueda “hydrophilic nano frost” se encontraron dos trabajos. En (Zhang et al., 2006) se estudia un recubrimiento de SiO₂ sobre cobre, y en (Lee et al., 2013) recubrimientos de polímeros (acetato de polivinilo y ácido poliacrílico). En ambas investigaciones se probó las propiedades antiescarcha y antivaho de las tecnologías en ellos presentadas.

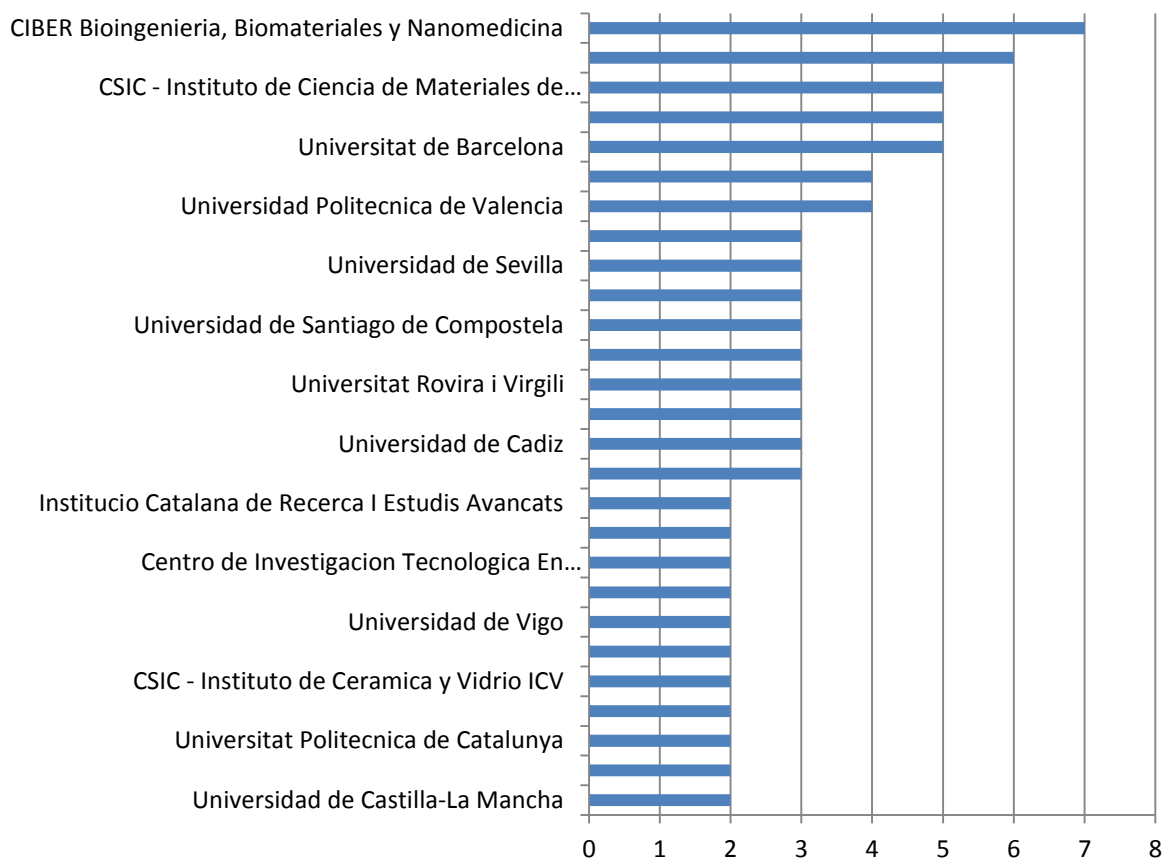


Ilustración 20: Resultados de con más de tres publicaciones en España para la búsqueda TITLE-ABS-KEY(nano hydrophobicity).

En particular, para esta búsqueda, el autor con más artículos (3) es la Dra. María Jesús Mosquera (Universidad de Cádiz). Sus trabajos están relacionados con la creación de recubrimientos superhidrofóbicos en piedra (restauración, viejos edificios). Su grupo de investigación ha desarrollado una tecnología de bajo costo y lista para la producción en serie de creación de superficies superhidrófobas sobre piedras y otros materiales de construcción (Facio and Mosquera, 2013).

Patentes

Con la búsqueda “nano frost” en título o resumen de patentes se encontraron 1082 patentes publicadas, 452 con “nano frost hydrophobic” (cuatro españolas pero fuera del objetivo de este Estudio) y con “nano frost superhydrophobic” 25. Como patentes más relevantes y recientes cabría destacar:

US2014242345 (A1) - COMPOSITION FOR NANO-COMPOSITE LAYER WITH SUPERHYDROPHOBIC SURFACES, NANO-COMPOSITE LAYER WITH SUPERHYDROPHOBIC SURFACES FORMED THEREFROM, AND PREPARING METHOD THEREOF

Inventores: PARK SUNG-HOON [KR]; LEE SANG-EUI [KR]; KIM DONG-OUK [KR]; KIM BYUNG-HOON [KR] + (PARK SUNG-HOON, ; LEE SANG-EUI, ; KIM DONG-OUK, ; KIM BYUNG-HOON)

Solicitante: SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR].

Fecha: 28 de agosto de 2014.

Descripción: “Un método de preparación de una capa de nano-compuesto que comprende superficies superhidrófobas, comprendiendo el método: proporcionar un primer rodillo y un segundo rodillo con una separación predeterminada entre las mismas girar el primer rodillo y el segundo rodillo en una dirección una hacia la otra, en el que una velocidad lineal del primer rodillo es mayor que una velocidad lineal del segundo rollo el suministro de una composición para la capa de nano-compuesto para la separación predeterminada para formar una capa de composición que tiene un primer espesor en una circunferencia del primer rodillo el ajuste de la velocidad lineal del primer rodillo, el segundo rodillo, o ambos, de tal manera que la velocidad lineal del segundo rodillo es mayor que o igual a la velocidad lineal del primer rodillo para formar la capa de nano-compuesto y separar la capa de nano-compuesto del primer rollo.”

US2014182790 (A1) - METHOD FOR PROCESSING A SUPER-HYDROPHOBIC SURFACE, AND EVAPORATOR HAVING THE SUPER-HYDROPHOBIC SURFACE

Inventores: HWANG WOON BONG [JP]; LEE SANG MIN [KR]; KIM YEONG AE [KR] + (HWANG WOON BONG, ; LEE SANG MIN, ; KIM YEONG AE)

Solicitante: HWANG WOON BONG [JP]; LEE SANG MIN [KR]; KIM YEONG AE [KR]; POSTECH ACAD IND FOUND [KR] + (HWANG WOON BONG, ; LEE SANG MIN, ; KIM YEONG AE, ; POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION).

Fecha: 3 de julio de 2014.

Descripción: “Un método para fabricar una superficie súper-hidrofóbico que tiene resistencia superficial excelente y un evaporador que tiene la superficie súper-hidrofóbico fabricado por el método se proporcionan. El método incluye la preparación de un material de base de metal, anodizar el material de base de metal para formar una capa cerámica que tiene una estructura compleja de una microestructura y nano-estructuras de fibra en una superficie del material de base de metal, y aplicar un material de polímero hidrófobo en la estructura compleja para formar una capa de polímero que tiene la misma forma de la superficie como la estructura compleja.”

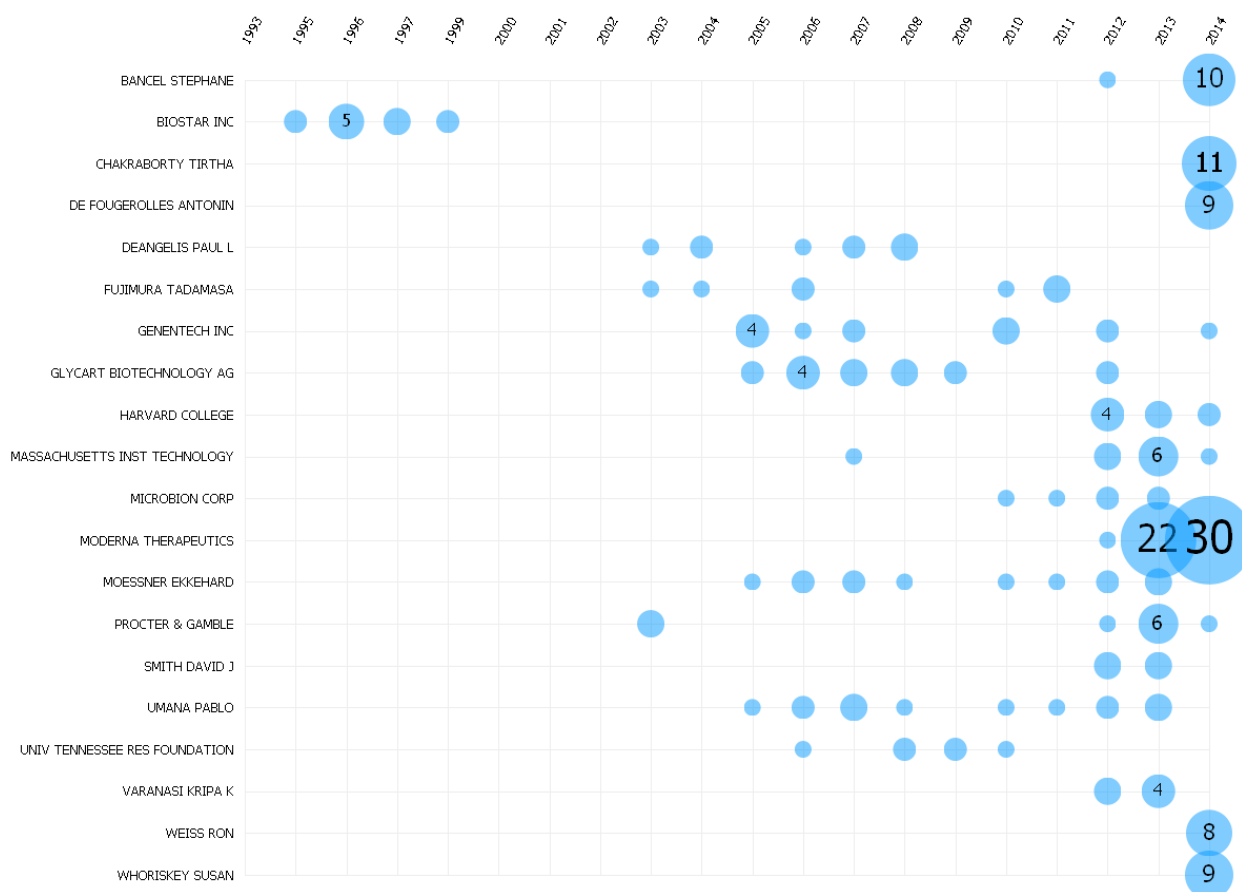


Ilustración 21: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano frost hydrophobicity” en su título o resumen.

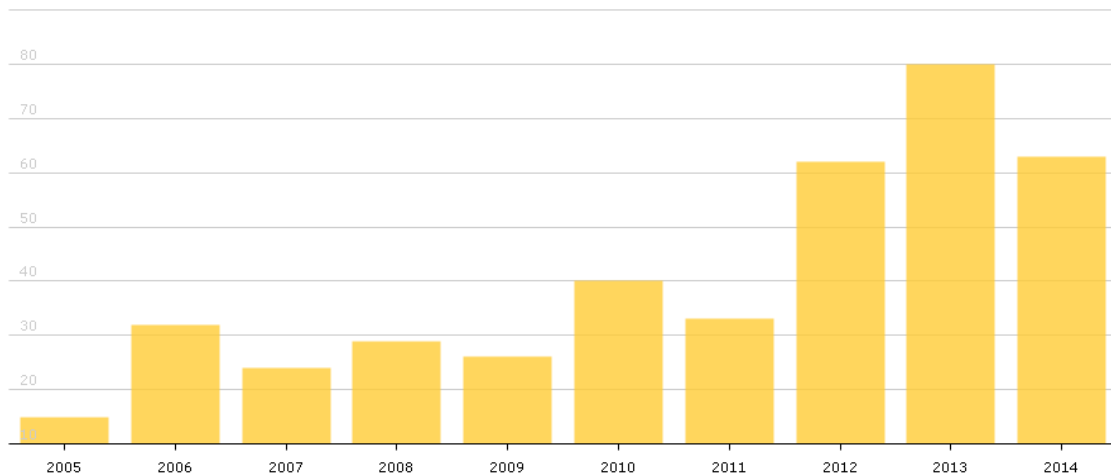


Ilustración 22: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano frost hydrophobicity” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

DAFO de aplicación de nanotecnología en recubrimientos antiescarcha

DEBILIDADES

- Ausencia de investigación de la degradación con el tiempo de recubrimientos de nanomateriales con propiedades antiescarcha.
- Muy escaso conocimiento de posibles efectos secundarios no deseados.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.

AMENAZAS

- Coste de producción en masa elevado.
- Producción de insuficiente cantidad para su uso a nivel industrial.
- Aparición de patentes que restrinjan el uso de nuevos recubrimientos antiescarcha.

FORTALEZAS

- Efecto ultrahidrófobo bien conocido e investigado.
- Variedad de soluciones para recubrimientos ultrahidrófobos.

OPORTUNIDADES

- Aumento de fiabilidad de equipos.
- Posibilidad de colaboración en proyectos de I+D con grupos de investigación españoles con experiencia en este ámbito.



Modificación de mecanismos de transferencia de calor

Se pueden dividir los resultados encontrados en la literatura científica en:

- Mejora de conductividad térmica de un material existente
- Mejora de la conductividad en la interfase de sólidos
- Mejora de la transferencia de calor por convección
- Mejora del mecanismo de transferencia de calor por radiación

Tabla 5: Resultados de la búsqueda "nano XXX thermal".

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano XXX thermal"
-	25719
heat	4756
heat transfer	1475
heat transfer coating	108
heat transfer additive	50
heat transfer alloy	76
heat transfer polymer	91
heat transfer insulation	43
heat transfer solid	293
heat resistance	701

Tabla 6: "nano XXX heat"

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano XXX heat"
-	2727
enhance	464
coating enhance	91
coating	1267
specific solid	142
transfer solid enhancement	80
transfer enhancement	611
transfer enhancement AND NOT fluid	145
metal	302
resistance contact	156
resistance contact coating	45

resistance contact alloy	34
resistance contact steel	27
resistance contact aluminium	32
resistance contact copper	29
resistance contact brass	7
resistance contact zinc	4

En el ámbito de la mejora de conductividad térmica de un material existente es interesante destacar la muy reciente aparición de los materiales “covetic” (no existe aún por lo que hemos observado una traducción de dicho término en español). Se trata de metales en los que se han dispersado pequeñas cantidades de nanopartículas de carbono, mejorando así sus propiedades térmicas y eléctricas (Forrest et al., 2012, Brown et al., 2011, Jasiuk et al., 2013). El término “covetic” es una unión de “covalent” y “metallic”, ya que se ha encontrado que el enlace creado entre metal y nanopartícula, que resulta ser particularmente fuerte, no responde exactamente a ninguno de estos dos tipos de enlaces, sino a una especie de híbrido entre ambos, y cuya naturaleza es actualmente objeto de estudio.

Tabla 7: Comparación entre conductividad térmica a distintas temperaturas de cobre y cobre “covetic”, según (Forrest et al., 2012).

Temperatura (C)	Conductividad Térmica Cu "covetic" W/(mK)	Conductividad Térmica Cu W/(mK)
23	612	401
200	630	389
400	614	379
600	594	366
750	587	355
900	591	344

Dichos “covetic” son obtenidos mediante un innovador proceso que permite añadir cantidades de carbono inusualmente altas, de hasta 6% en peso de carbón al metal, lo que está por encima del límite termodinámico de estabilidad en el diagrama de fases convencional del metal en cuestión. Las nanopartículas actúan como segunda fase en el resultado final (no como precipitados).

La primera patente (EEUU) describiendo la tecnología de obtención de cobre “covetic” fue publicada en diciembre de 2010 (US20100327233). Más tarde, en enero de 2012, se ha patentado el proceso para oro, plata, latón, plomo y zinc (US20120009110), y para aluminio en septiembre de 2012 (US20120244033).

Dejando a un lado estos materiales “covetic”, son más abundantes las investigaciones encaminadas a **nanoaditivo polímeros (nanocomposites)**, tanto para aumentar su conductividad térmica (Zhi et al., 2009, Long et al., 2011, Han and Fina, 2011) como para reducirla, que las encaminadas a nanoaditivo metales con el mismo objetivo.

Para una panorámica más amplia véase en este mismo Estudio el apartado Nanocomposites.

En cuanto a la mejora de conductividad térmica conseguida en nanocomposites, los resultados más relevantes se recogen en las siguientes tablas:

Tabla 8: Conductividad térmica obtenida mediante nanoaditivación en matriz epoxy (Agari et al., 1993, Agari and Uno, 1985, Kochetov et al., 2009a, Kochetov et al., 2009b).

Composite	Vol.%	λ_{epoxy} (W/mK)	$\lambda_{\text{partícula}}$ (W/mK)	Tamaño medio de partícula	λ composite (W/mK)
Epoxy R-	31.2	0.17	20-30	4 μm	0.67
Epoxy-SiO ₂	45	0.17	0.7-1.7	20 μm	0.72
ER-AlN	0.7	0.17	150-320	60nm	0.179
ER-MgO	0.7	0.17	45-50	22nm	0.175

Tabla 9: Conductividad térmica obtenida mediante nanoaditivación en matriz de polipropileno (PP) (Weidenfeller et al., 2004).

Composite	Vol.%	λ_{aditivo} (W/mK)	λ_{PP} (W/mK)	λ composite (W/mK)
PP-	30	400	0.25	1.25
PP-	30	10.6	0.25	2.5

Tabla 10: Conductividad térmica obtenida mediante nanoaditivación de partículas de nitruro de boro (BN) en matriz epoxy (Kochetov, 2012).

Composite	Vol.%	λ_{epoxy} (W/mK)	Forma	Tamaño medio de partícula	λ composite (W/mK)
ER-BN	5.	0.17	Esfér	70nm	0.240
ER-BN	5.	0.17	Plac	0.5 μm	0.274
ER-BN	5.	0.17	Esfér	1.5 μm	0.242

Por otra parte, se han encontrado varias investigaciones sobre el uso de nanotubos de carbono para la modificación de la transferencia de calor **a través de una interfase entre sólidos**, en particular con nanotubos de carbono particularmente en aluminio (Xu and Fisher, Wang et al., 2010, Shaikh et al., 2007, Huang et al., 2005, Cola et al., 2007, Cho et al., 2006a) aunque estas investigaciones parecen estar dando paso a un mayor interés por el grafeno, como viene siendo habitual en otras aplicaciones de ambos nanomateriales (Warzoha et al., 2013, Huang et al., 2010b).

En el ámbito del mecanismo de **convección**, hay que distinguir entre los avances con nanofluidos (véase en este mismo Estudio el apartado correspondiente a refrigerantes) y los encaminados a modificar la superficie con la que el fluido intercambia calor. En este último campo encontramos escasas investigaciones y una alta dispersión de las propuestas en cuanto a materiales objetivo y nanomateriales utilizados para recubrimientos. Así, en (Kunugi et al., 2004) se encuentra un interesante estudio del uso de recubrimientos nanoporosos sobre láminas de cobre, latón y aluminio para aumentar la capacidad de transferencia de calor mediante el mecanismo de convección, llegando a un aumento del 180% en el caso del latón. También de nuevo se encuentran los casi omnipresentes nanotubos de carbono, siendo algunos de los más recientes los presentados en (Senthilkumar et al., 2013) sobre latón, consiguiendo un 12% de mejora en la transferencia de calor.

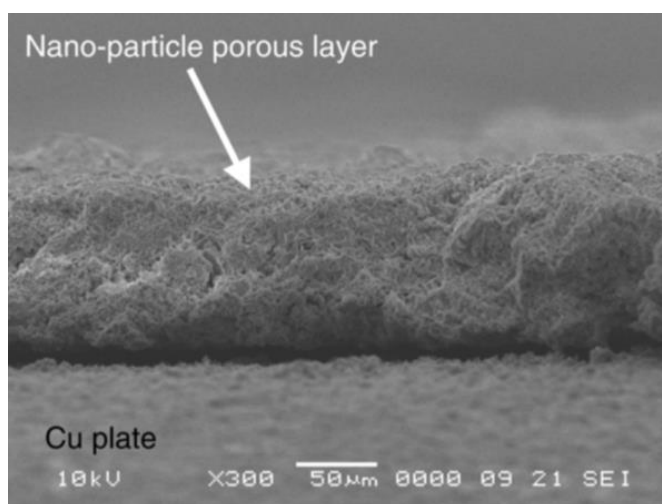


Ilustración 23: Detalle de capa nanoporosa depositada sobre lámina de cobre, (Kunugi et al., 2004).

De igual disperso modo se encuentran algunas investigaciones acerca de cómo recubrimientos que utilicen distintas nanotecnologías pueden modificar el mecanismo de transferencia de calor por **radiación**. Así, en (Baneshi et al., 2011, Baneshi et al., 2012) se aplica un innovador método, basado en criterios de desempeño térmico y estético, para la evaluación de distintos recubrimientos contra la radiación.

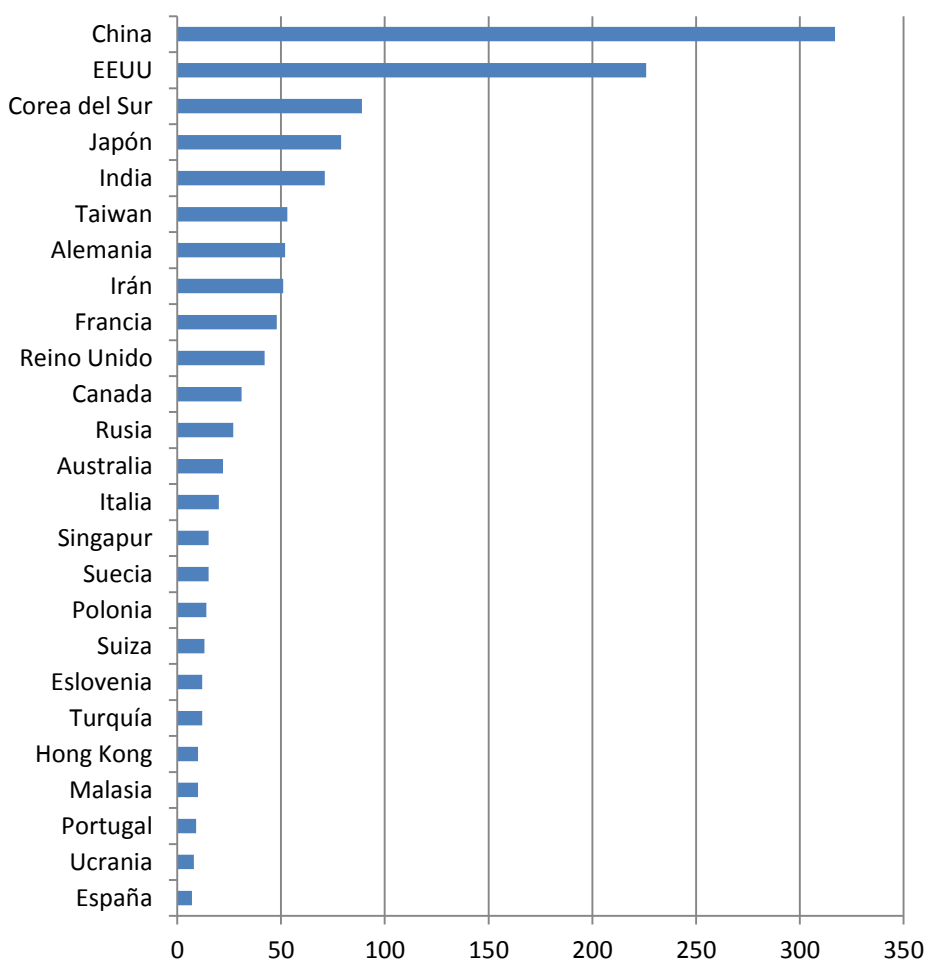


Ilustración 24: Resultados, hasta España, de la búsqueda TITLE-ABS-KEY(nano heat coating). España 8 publicaciones, pero la mayoría eran artículos en colaboración con otros países, evidenciándose la ausencia de algún grupo de investigación español fuerte en la materia.

De la búsqueda “nano heat coating”, 7 artículos son de autoría española, pero ninguno atañe al sector del frío o se refieren a aislamiento térmico, no a mejora de la conductividad térmica.

De la búsqueda “nano heat transfer enhancement” excluyendo “fluid”, ningún artículo era de autoría española.

Patentes

Con la búsqueda “nano heat transfer” en título o resumen se encontraron 58157 patentes, 151 de afiliación española.

La búsqueda “nano convection fluid” arroja 4551, de las cuales son de afiliación española 16. Sin embargo se refieren o bien a patentes referentes al sector de la medicina o bien a nanocomposites (las palabras convection y fluid aparecen al describir su proceso de fabricación).

La búsqueda “nano solar radiation” ofrece 7580 patentes, de las cuales 20 son de afiliación española.

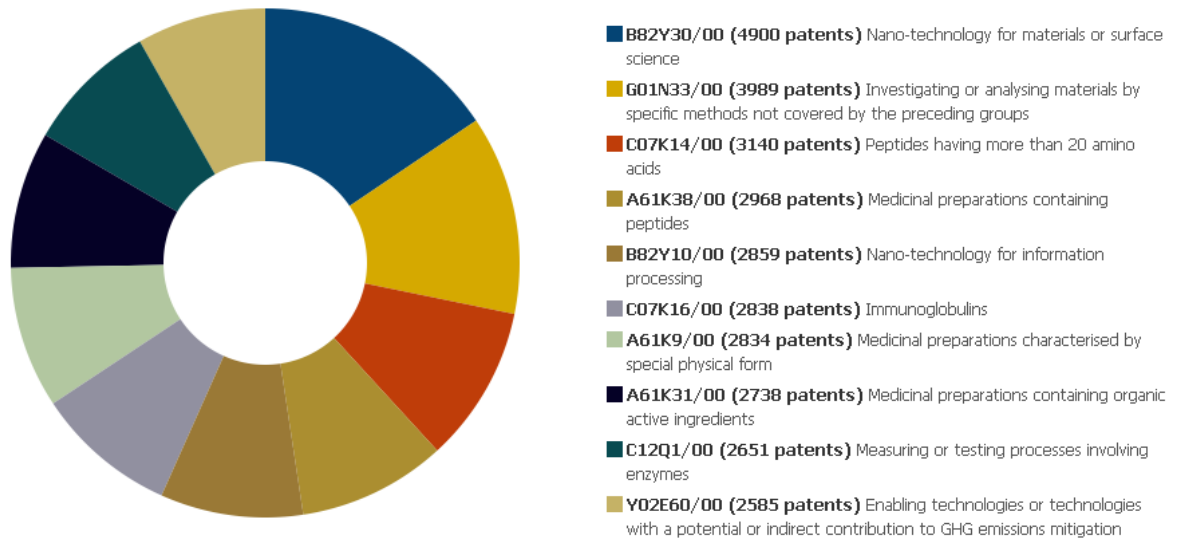


Ilustración 25: Representación de los 10 códigos de clasificación de patentes con más publicaciones en la búsqueda “nano heat transfer”.

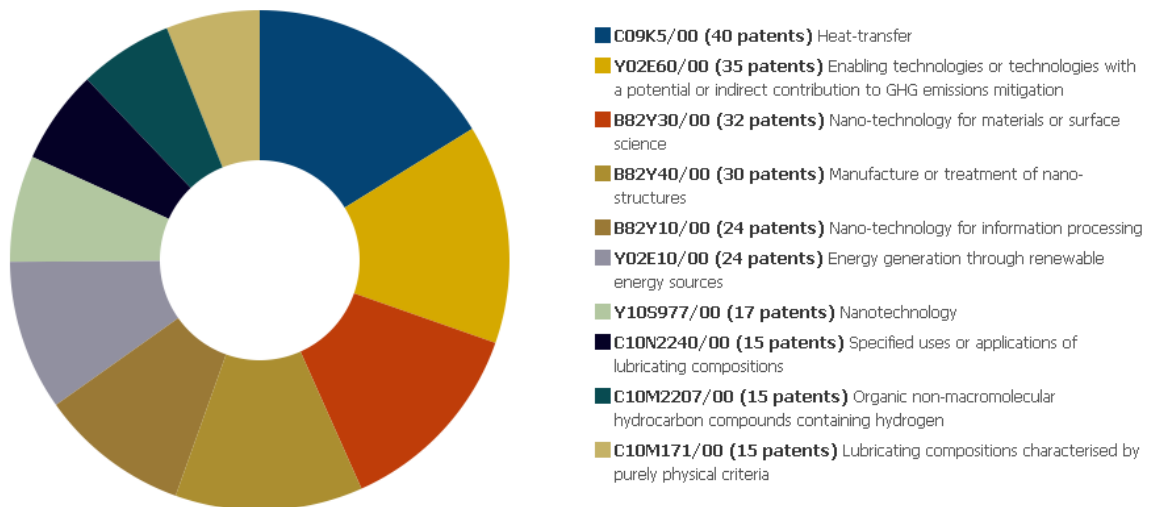


Ilustración 26: Representación de los 10 códigos de clasificación de patentes con más publicaciones en la búsqueda “nano heat transfer”, código B82Y30/00 (Nanotechnology for materials or surface science).

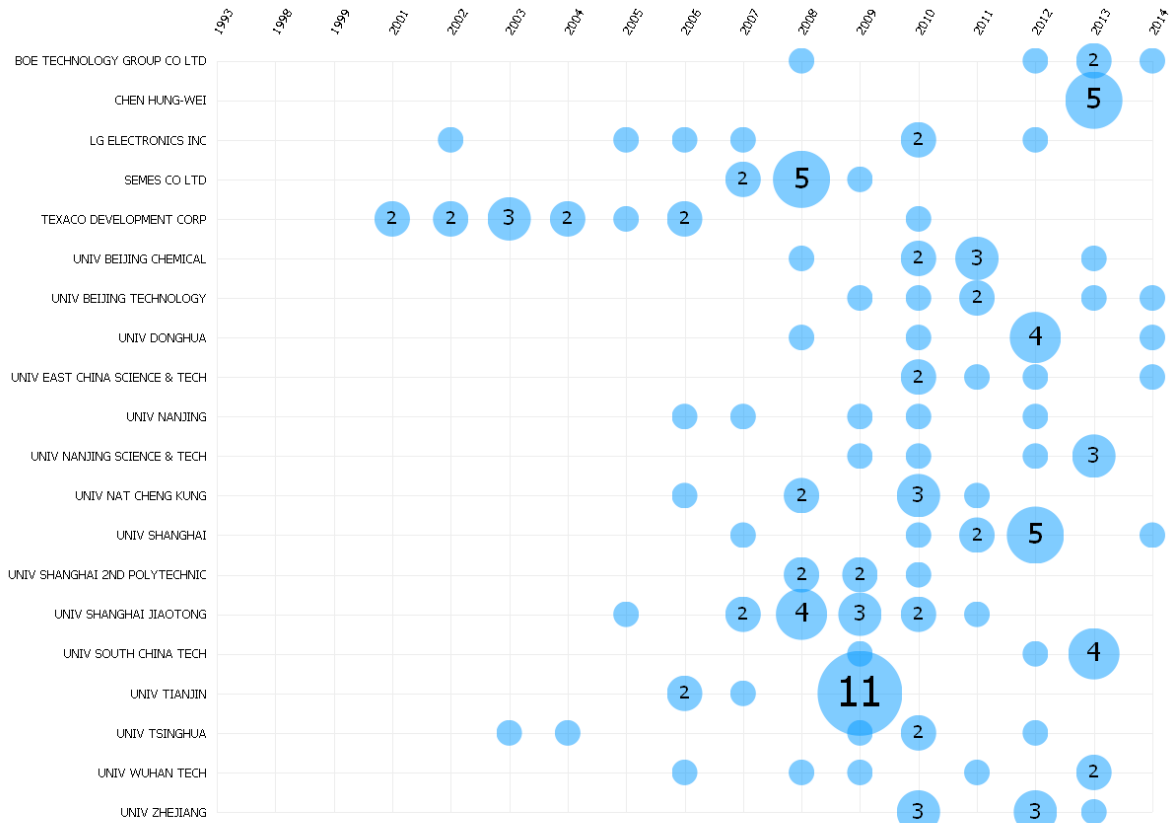


Ilustración 27: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano heat transfer” en su título o resumen, código B82Y30/00 (Nanotechnology for materials or surface science). Se encontraron 17 patentes de afiliación española.

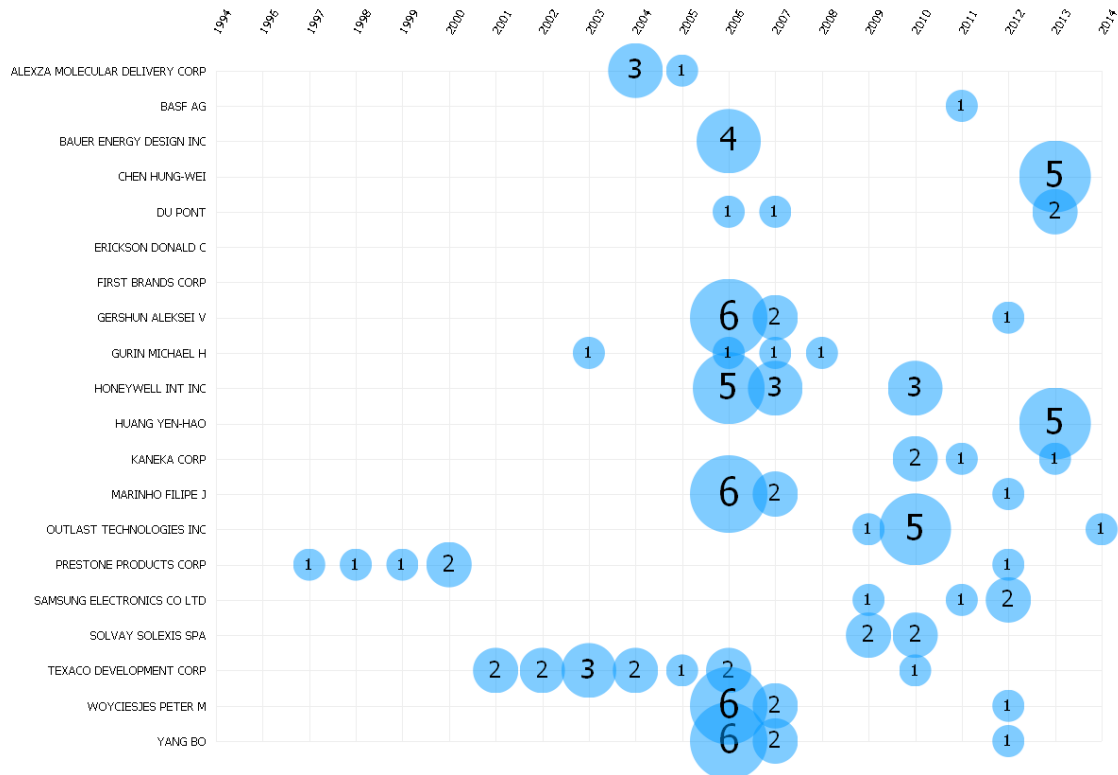


Ilustración 28: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano heat transfer” en su título o resumen, código C09K5/00 (Heat-transfer). Ningún resultado de afiliación española.

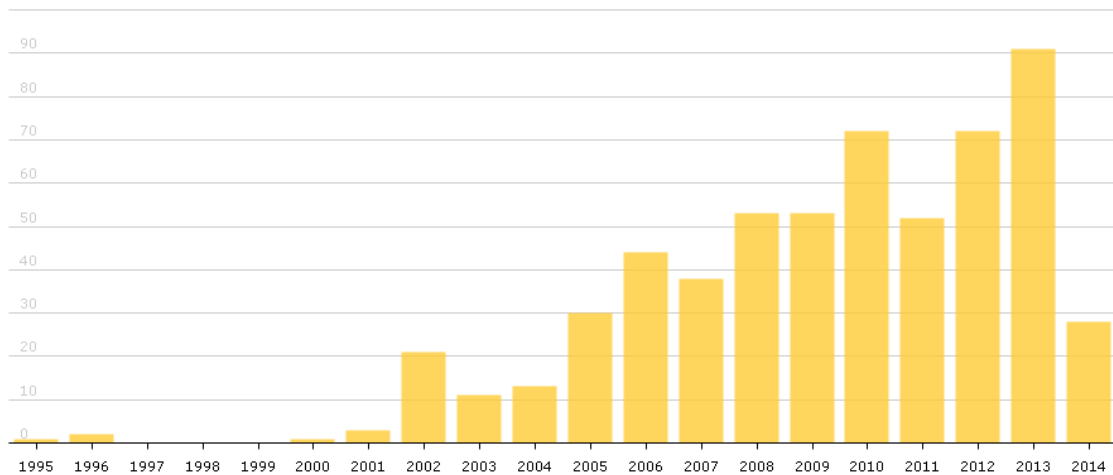


Ilustración 29: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano heat” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

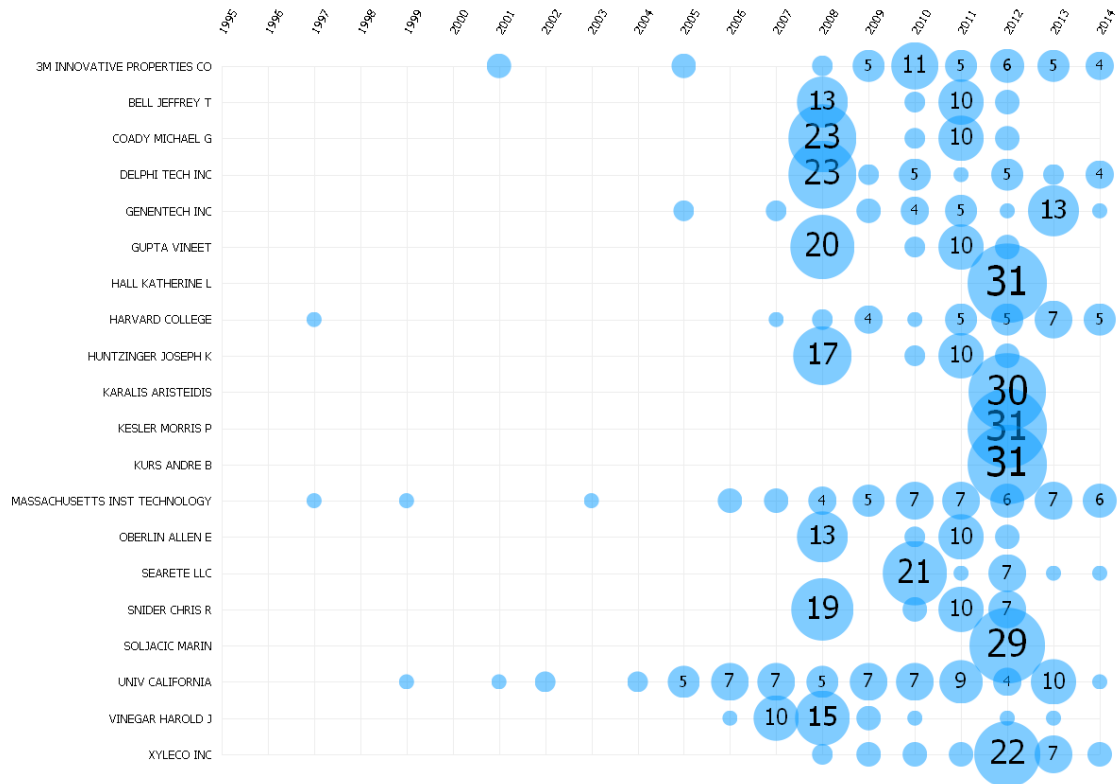


Ilustración 30: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano convection fluid” en su título o resumen.

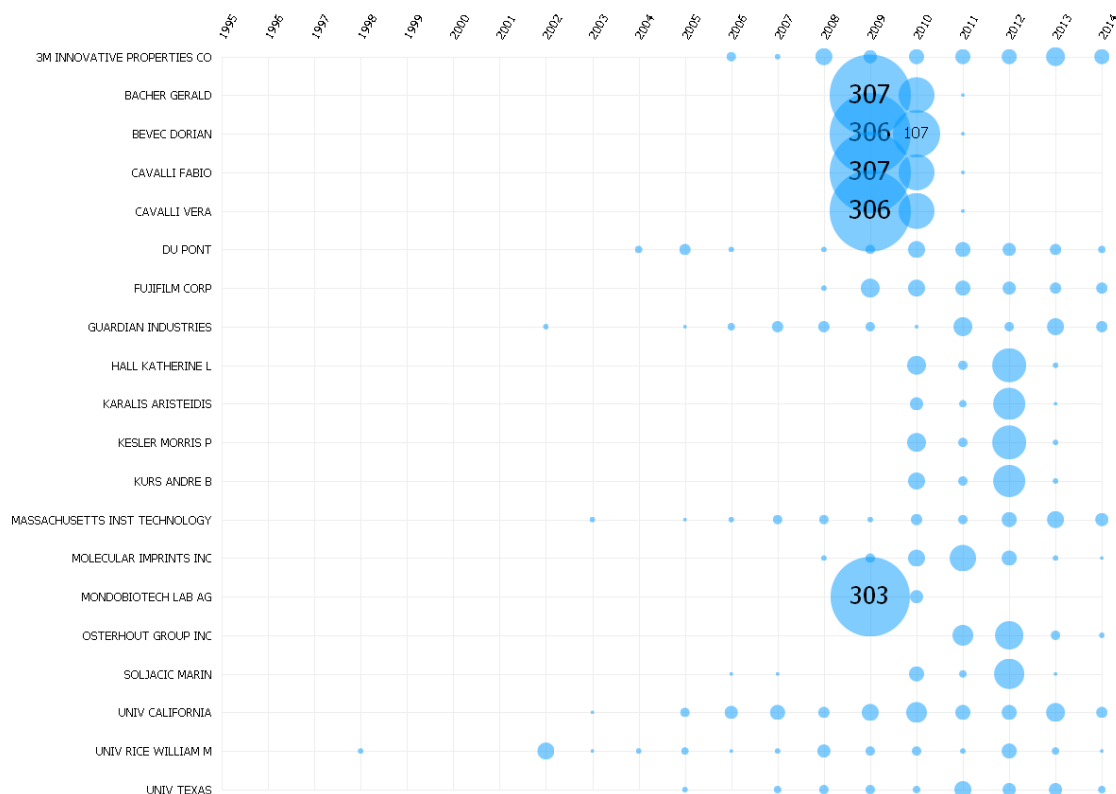


Ilustración 31: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano solar radiation” en su título o resumen.

Cabría destacar de entre las patentes encontradas con algún autor español las siguientes:

US2014008106 (A1) - Reflective Conductive Composite Film

Inventores: WRIGHT TINA [GB]; BORIES-AZEAU XAVIER [ES] + (WRIGHT TINA, ; BORIES-AZEAU XAVIER)

Solicitantes: WRIGHT TINA [GB]; BORIES-AZEAU XAVIER [ES]; DUPONT TEIJIN FILMS US LTD [US] + (WRIGHT TINA, ; BORIES-AZEAU XAVIER, ; DUPONT TEIJIN FILMS U.S. LIMITED PARTNERSHIP).

Fecha: 9 enero 2014.

Descripción: “Un proceso para la fabricación de una película reflectante conductora que comprende: (i) un sustrato polimérico reflectante comprende una capa base polimérica y una capa de unión polimérica, en el que el material polimérico de la capa de base tiene una temperatura de reblandecimiento TS-B, y el material polimérico de la capa de unión tiene una temperatura de ablandamiento TS-HS y (ii) una capa conductora que comprende una pluralidad de nanocables, en el que dicho nanocables están obligados por la matriz polimérica de la capa de unión de tal manera que los nanocables se dispersan al menos parcialmente en la matriz polimérica de la capa de

unión, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de proporcionar un sustrato polimérico reflectante comprende una capa base polimérica y una capa de unión polimérica disponer dicho nanocables en la superficie expuesta de la capa de unión y calentar la película de material compuesto a una temperatura T1 en la que T1 es igual a o mayor que TS-HS, y T1 es al menos aproximadamente 5 DEG C por debajo de TS-B.

EP2644662 (A1) - HYBRID PHOTOCATALYTIC COATINGS, METHOD FOR APPLYING SAID COATINGS TO DIFFERENT SUBSTRATES AND USES OF THE SUBSTRATES THUS COATED

Inventores: DE MIGUEL YOLANDA RUFINA [ES]; VILLALUENGA ARRANZ IRUNE [ES]; BERRIOZABAL SOLANA GEMMA [ES]; TENAS RICART JOAQUIN [ES] + (DE MIGUEL, YOLANDA, RUFINA, ; VILLALUENGA ARRANZ, IRUNE, ; BERRIOZABAL SOLANA, GEMMA, ; TENAS RICART, JOAQUIN)

Solicitante: FUNDACION TECNALIA RES & INNOVATION [ES].

Fecha: 2 Octubre 2013.

Descripción: “La invención define revestimientos fotocatalíticos híbridas que comprenden nanopartículas y nanopartículas de un óxido inorgánico funcionalizado con un grupo funcional seleccionado de amina, metacrilato, ciano, ácido, isocianato y alcohol de dióxido de titanio. La invención también define un procedimiento para aplicar dichos revestimientos sobre diferentes sustratos, así como el uso de los sustratos recubiertos. Dichos recubrimientos alternativos tienen propiedades fotocatalíticas aceptables y buena adherencia, manteniendo al mismo tiempo las propiedades intrínsecas del sustrato recubierto con el mismo.”

DAFO de aplicación de nanotecnología en modificación de mecanismos de transferencia de calor

DEBILIDADES

- Escasa investigación en modificación de metales (exceptuando “covetics”).
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.
- Existencia de patentes que restringen el uso.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Extensa investigación en modificación de polímeros.
- Existencia en España de servicios comerciales de creación de nanocomposites ad hoc.

OPORTUNIDADES

- Disminuir el tamaño y peso de los equipos.
- Disminuir el consumo energético de los sistemas de refrigeración.



Filtros

Los gases NOx han sido objeto de estudio en el campo de la nanotecnología sobre todo en el ámbito del desarrollo de nuevos catalizadores para automoción y sensores (véase apartado de sensores de NOx en este mismo estudio). Sin embargo, las búsquedas de literatura científica de filtros de NOx en el campo de la nanotecnología arrojan muy pobres resultados.

Se encontró sólo una investigación (Wolff et al., 2010) de filtro nanoporoso de NOx en gases, también para el ámbito de la automoción. Expone el desarrollo de un nuevo sustrato de SiC, llamado XP-SiC. La tecnología del XP-SiC se basa en un proceso de reacción de formación de silicio coextruido y partículas de carbono para obtener SiC. Este nuevo proceso de fabricación conduce a una microestructura porosa y una alta porosidad en el intervalo de 50% - 70%, consiguiendo una alta eficiencia de filtrado.

De manera más general, la nanofiltración de diferentes gases o partículas sí es un campo en el que se esté investigando intensamente (6116 documentos encontrados para “nanofiltración”). España es el 8º país del mundo productor de literatura científica al respecto.

Tabla 11: Resultados de la búsqueda "nano +XXX"

XXX	Documentos de la búsqueda "nano +XXX"
nox	241
nox engine	61
nox catalyst	113
filter nox	12
filtration	6116
filtration nox	5

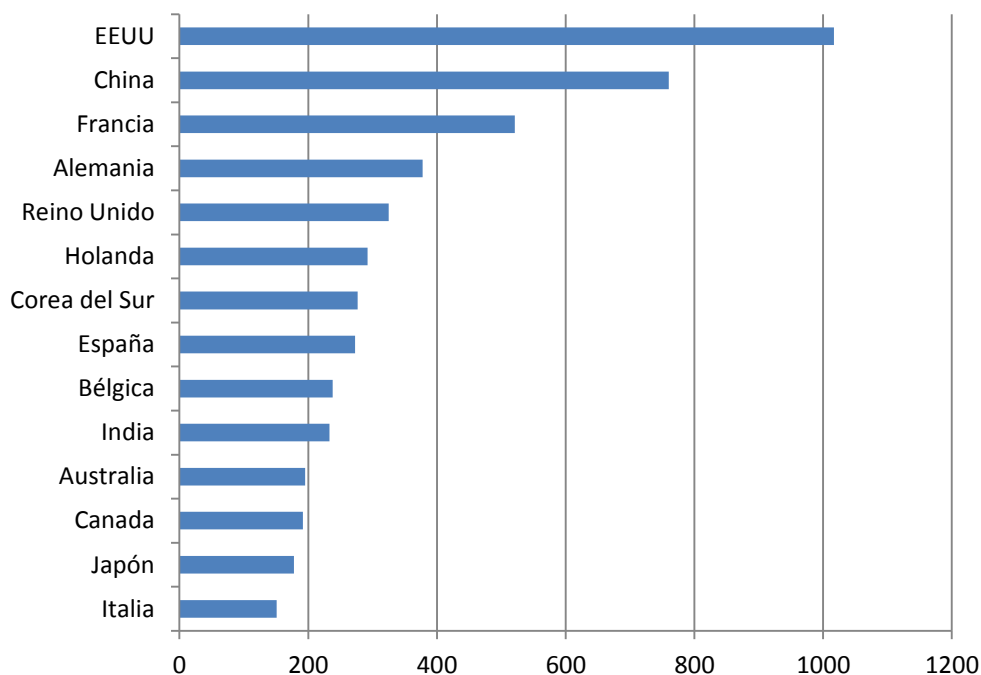


Ilustración 32: Resultados de la búsqueda TITL-ABS-KEY(nanofiltration) por países.

En particular, el grupo que dirige el catedrático Dr. Antonio Hernández Calvo de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid es el más prolífico en este campo. Son relevantes y más recientes sus investigaciones y desarrollos de membranas poliméricas porosas, nanofiltración y ultrafiltración (Calvo et al., 2011, García-Martín et al., 2014, Silva et al., 2011).

Hay que destacar también la labor realizada por la Dra. María Isabel Alcaína-Miranda, adscrita al Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia. Cabe citar sus investigaciones en nano y ultrafiltración de pigmentos (Alventosa-deLara et al., 2012, Alventosa-Delara et al., 2014, Aouni et al., 2012).

En Andalucía destacan por publicaciones la Dra. Juana Benavente (Universidad de Málaga, Departamento de Física Aplicada) y el Dr. Javier Miguel Ochando Pulido (Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química).

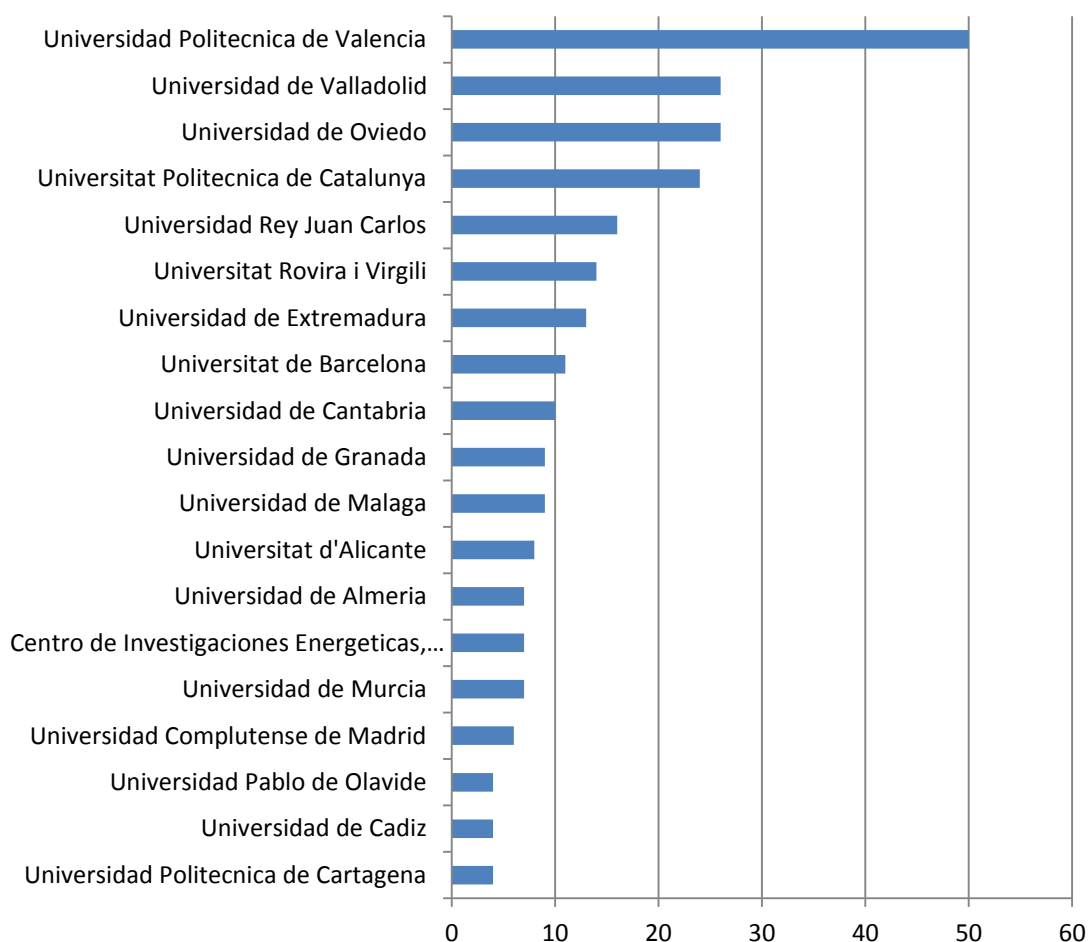


Ilustración 33: Resultados de la búsqueda TITILE-ABS-KEY(nanofiltration) en España por afiliación del autor.

Patentes

Con la búsqueda “nano filter gas” en el título o el resumen de la patente aparecen publicadas 33711 patentes hasta la fecha. Buscando sólo en el título aparecen 7 en todo el mundo, siendo la única relevante para este Estudio:

DE102011082830 (A1) - Membrane, useful in filter module for gas separation, comprises copolymer matrix, and nanoparticles embedded into matrix, where nanoparticles comprise single-walled carbon nano-tubes that are homogeneously distributed in copolymer matrix

Inventores: BERNHARD NICOLAS [DE]; KAPITZA HEINRICH [DE]; SEIDEL CHRISTIAN [DE]; ZEININGER HEINRICH [DE] + (BERNHARD, NICOLAS, ; KAPITZA, HEINRICH, ; SEIDEL, CHRISTIAN, ; ZEININGER, HEINRICH)

Solicitantes: SIEMENS AG [DE] + (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT).

Descripción: “ La membrana (2) comprende una matriz de copolímero, y nanopartículas incrustado en la matriz del copolímero. Las nanopartículas comprenden

de carbono de pared única nano-tubos que se distribuyen homogéneamente en la matriz de copolímero. Reivindicaciones independientes se incluyen para: (1) un módulo de filtro para la separación de gas y (2) un método de fabricación de un módulo de filtro.”

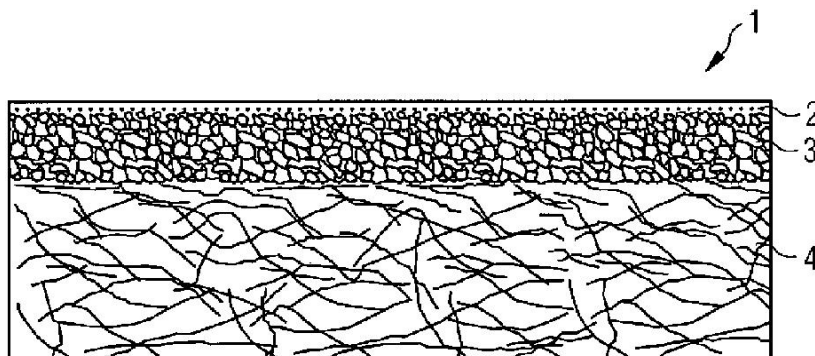


Ilustración 34: Esquema asociado a la patente DE102011082830 (A1).

DAFO de aplicación de nanotecnología en filtros de NOx

DEBILIDADES

- Relativamente escasa investigación en filtros de NOx.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Mejor desempeño de filtración hasta niveles no conseguidos hasta la fecha.

OPORTUNIDADES

- Disminución de tamaño de los equipos.
- Posibilidad de colaboración en proyectos de I+D con grupos de investigación españoles con experiencia en este ámbito.

Nuevos ciclos

Se han buscado nuevos ciclos de refrigeración desarrollados gracias a la escala nano (que no existieran previamente como tecnología macro), dejando a un lado los ciclos que, aunque de relativamente reciente aparición, no deban su existencia a los efectos que aparecen únicamente a esta escala. Una mejora debido al uso de nanomateriales de los ciclos ya conocidos a macroescala remitiría finalmente a otros apartados de este Estudio (aislantes, refrigerantes, conductores, etc.)

Los resultados son desafortunadamente muy escasos, y encaminados a la propia refrigeración de nanosistemas.

En (Luo et al., 2014) se hace uso de las particularidades que el efecto clásico termoeléctrico, de sobras conocido, adquiere en la nanoescala (y por ello lo incluimos en este Estudio). Se describen de manera teórica una bomba de calor y un sistema de refrigeración a nanoescala, ambos 2D, y son simulados numéricamente sus respectivos desempeños.

Cabría de igual manera destacar que existen investigaciones de ciclos de refrigeración que hacen uso del efecto “thermosize”. Dicho efecto no es propio de la nanoescala (y como hemos mencionado debería quedar por tanto del objeto de este Estudio), sin embargo el propio efecto se basa siempre en una diferencia de tamaños, y es precisamente el “nuevo” tamaño de la nanoescala el que confiere interés a algunos resultados hallados. El efecto de “thermosize” clásico es el que afirma que se induce una diferencia de potencial químico entre dos canales de distinto tamaño por los que circula un fluido. Es el caso de tener dos canales, uno a micro y otro a nanoescala. Puede ser generado aplicando un gradiente de temperatura entre los dos dominios de distinto tamaño. En (Nie et al., 2008) se describe analíticamente este ciclo comprendido por un micro y un nanocanal por los que circula un gas ideal, describiendo dos isotermas y dos isobaras, y obteniéndose la tasa de refrigeración para los casos de intercambio reversible e irreversible.

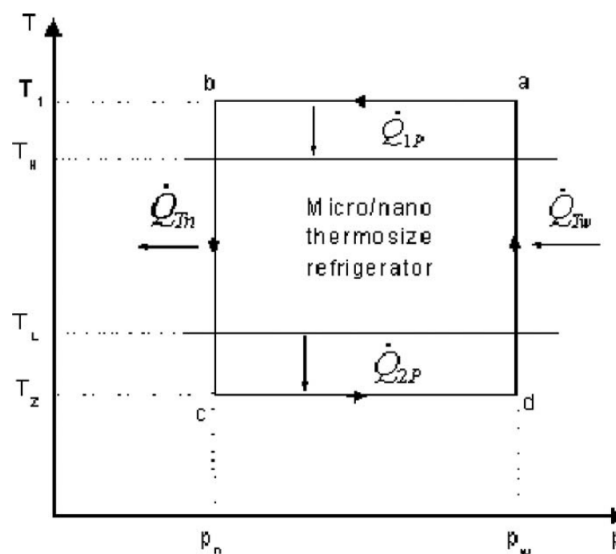


Ilustración 35: Diagrama T-P que aprovecha el efecto “thermosize”, descrito en (Nie et al., 2008) entre micro y nanoescala.

De igual manera, en (Wang and Wu, 2012) se describe un ciclo irreversible que aprovecha el efecto “thermosize” entre la macro y la nanoescala.

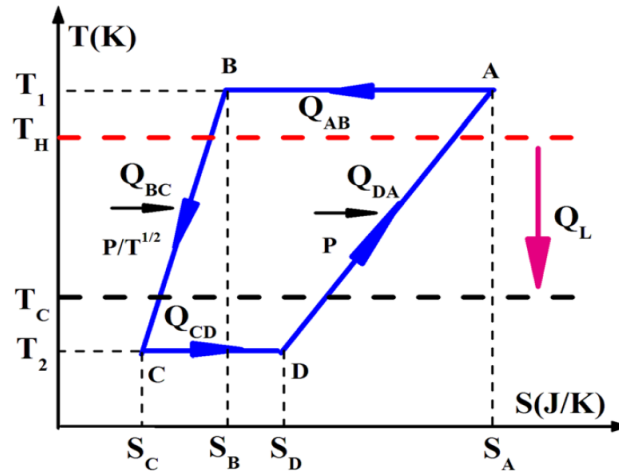


Ilustración 36: Ciclo que aprovecha el efecto “thermosize” entre macro y nanoescala, descrito en (Wang and Wu, 2012).

No se encontraron grupos de investigación españoles dedicados a trabajar en los campos de investigación mencionados.

Una oportunidad de negocio importante se encuentra pues en el campo de la refrigeración de nanosistemas, lo cual aunque no constituya actualmente un mercado actual para el sector, sí que habría de considerarse como un interesante mercado potencial.

DAFO de aplicación de nanotecnología en nuevos ciclos

DEBILIDADES

- Inexistencia de nuevos ciclos de refrigeración a macroescala debido a nanotecnologías
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.
- Aparición de patentes que restrinjan el uso de nuevos nanofluidos.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Debido a la escasez de resultados, no se encontraron fortalezas.

OPORTUNIDADES

- Nuevo mercado: refrigeración de nanosistemas.

Nanocomposites

Existen multitud de investigaciones en el ámbito de la mejora de las propiedades mecánicas de materiales poliméricos mediante distintas técnicas de nanoaditivación. Desde el comienzo del *boom* de la nanotecnología ha sido éste uno de los campos donde con mayor facilidad se han encontrado resultados muy prometedores. La búsqueda en Scopus “polymer+nano” arroja 27.592 resultados, de los cuales 585 son de afiliación española o contiene algún autor español.

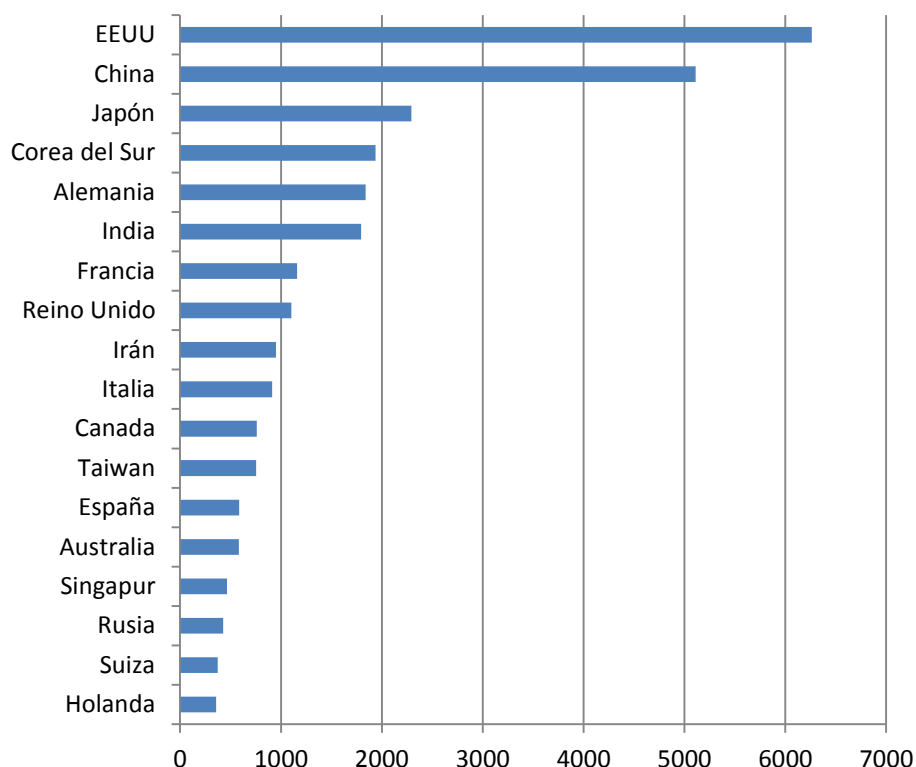


Ilustración 37: Resultados de la búsqueda TITLE-ABS-KEY (polymer nano) por países.

Se ha estudiado intensivamente desde entonces los distintos factores que inciden en las características mecánicas de materiales nanoaditivados (denominados también nanocomposites), siendo las principales:

- combinación de nanoaditivo y matriz polimérica;
- porcentaje de nanoaditivación;
- tecnología de dispersión del nanoaditivo en la matriz.

La matriz polimérica más comúnmente investigada y desarrollada para su nanoaditivación es la epoxy (Wichmann et al., 2006, Uddin and Sun, 2010, Ramu and Nagamani, 2014, Imai et al.), en parte por ser vista como una evolución tecnológica de los materiales compuestos de

fibra de carbono de dicha matriz. La industria aeronáutica ha actuado en este caso como tractora en este campo de investigación.

Como nanoaditivos más investigados se encuentran los distintos tipos de nanotubos de carbono (de pared simple o múltiple, etc.) (Ma et al., 2010b, Liu and Kumar, 2014, Lau et al., 2006, Khan and Kim, 2011, Ma et al., 2010a, Liu et al., 2012, Das et al., 2012a, Alhazov and Zussman, 2012), y, como no podía ser de otro modo, su combinación con matrices epoxy (Zohar et al., 2011, Warriar et al., 2010, Shen et al., 2014, Khun et al., 2013, Chakraborty et al., 2011, Godara et al., 2010, Davis et al., 2011, Davis et al., 2010, Cheng et al., 2010, Ashrafi et al., 2011).

Sin embargo, se han obtenido resultados muy atractivos con otras combinaciones de matriz y nanoaditivo. Así, en (Tjong, 2006) se detallan las importantes modificaciones conseguidas en el módulo de elasticidad de matrices de poliamida PA6 y distintos nanoaditivos (dos tipos de silicatos, y nanotubos de pared múltiple) y porcentajes en peso.

La elección de la tecnología de dispersión es de especial relevancia, hasta el punto de que suele constituir en sí casi siempre parte de la investigación llevada a cabo. Así, el desarrollo de un nuevo nacomposite lleva a veces aparejada, no ya la calibración o adaptación de una tecnología de dispersión ya existente, sino la invención misma de dicha tecnología (tarea añadida a la de la invención del nanoaditivo) (Uddin and Sun, 2010, Vaisman et al., 2006, Nasiri et al., 2011, Ma et al., 2010b, Zhang et al., 2012, Ma et al., 2010a).

La modificación de la práctica totalidad de propiedades mecánicas comunes ha sido perseguida y en muchos casos obtenida mediante el uso de nanoaditivación en polímeros. En concreto, y como es sabido, para el uso de un material como componente de un mecanismo suele ser de capital relevancia sus propiedades de fricción y resistencia al desgaste. Y, así, se ha estudiado ampliamente la influencia de nanoaditivos en el coeficiente de fricción y resistencia al desgaste en multitud de ocasiones. La cantidad de resultados al respecto es ingente, y pueden consultarse recopilaciones de los mismos en (Koo, 2006, Friedrich and Schlarb, 2008, Choudhury et al.).

Con carácter general, las características de los compusiste poliméricos cargados con nanorrefuerzos, en comparación con los refuerzos convencionales empleados en la industria, son:

- Límite de percolación muy bajo ($\sim 0.1 - 2\%$). Los efectos (en cualquier propiedad dependiente de la topología) se manifiestan con cantidades de nanorrefuerzo muy bajas.
- Las correlaciones de orientación y posición entre partículas aparecen a fracciones en volumen muy bajas.
- El número de partículas por unidad de volumen es muy grande ($10^6 - 10^8$ partículas/ μm^3).
- La superficie interfacial por unidad de volumen de partícula muy grande.

- Las distancias entre partículas son muy cortas (10-50 nm), comparables a las dimensiones de las cadenas poliméricas.

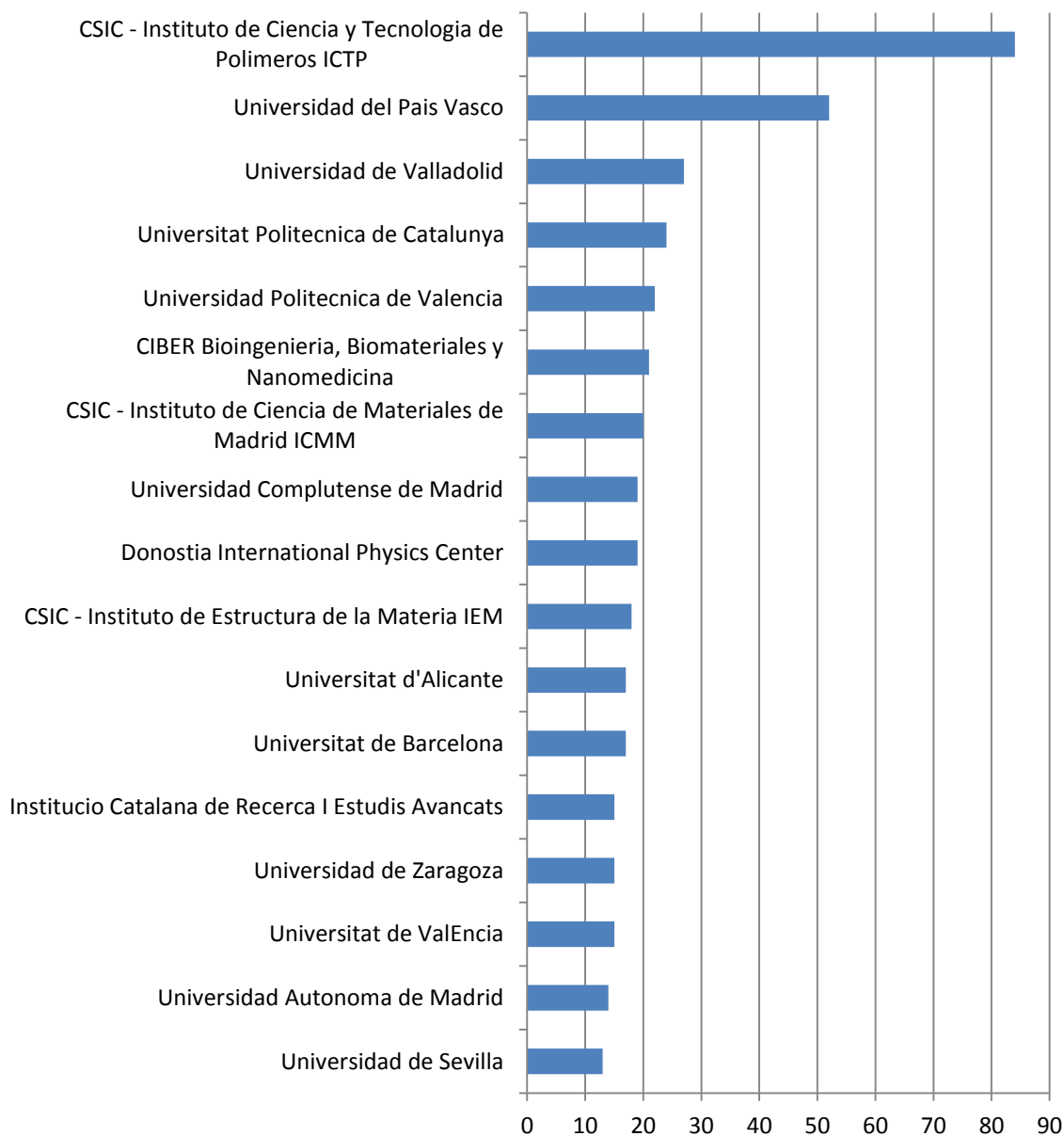


Ilustración 38: Resultados de la búsqueda TITLE-ABS-KEY (polymer nano) por afiliación de autoría española.

Como se ha comentado, la nanoaditivación de polímeros es uno de los ámbitos en los que más se ha investigado tanto a nivel mundial como español.

En España destacan por producción de literatura científica en este campo:

- Dr. Iñaki Mondragón. Grupo de Materiales y Tecnologías, Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente de la Universidad de San Sebastián. Sus investigaciones más citadas en otros artículos versan alrededor de modificaciones de polipropileno y resinas epoxy (Tejado et al., 2007, Cantero et al., 2003, Arbelaiz et al., 2005).
- Dr. Miguel Ángel López-Manchado . CSIC - Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP). Sus trabajos más citados por otros investigadores abarcan el uso de nanoaditivación de PLA (Armentano et al., 2013) y el uso de grafeno como nanoaditivo (Martin-Gallego et al., 2013, Hernández et al., 2012).
- Juan De Dios Colmenero. Donostia International Physics Center, San Sebastián. Sus artículos más citados datan la inmensa mayoría de la década de los 90. Sus artículos más recientes en el ámbito de la nanoaditivación de polímeros se refieren al estudio del envejecimiento y el desgaste de los mismos (Krutyeva et al., 2013, Cangialosi et al., 2013).
- Puede afirmarse que se trata también del Área tecnológica analizada más cercana al mercado. Actualmente existen varias empresas en España dedicadas a proveer de nanoaditivos que permiten mejorar las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos más comunes. La mayoría de ellas ofrecen también el servicio de asesoría respecto a cuál es la mejor tecnología de dispersión en cada caso (véase Proveedores en este mismo Estudio).

Aurorreparación en fugas de gases

Una de las deseos del sector apuntadas por el panel de expertos durante las sesiones técnicas fue el de encontrar materiales autorreparantes que detuvieran la fuga de gases cuando esta se produjera. Se ha buscado en este sentido en el campo de la nanotecnología, pero no se ha obtenido ningún resultado digno de mención en la literatura científica **aplicado a la reparación de fugas de gases**.

Tabla 12: Resultados de búsquedas de nanomateriales autorreparante

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano XXX"
self-healing	195
self-healing gas	6
self-healing gas leak	0
self-recovery	1
autorepair	0

Sin embargo, sí que existen investigaciones y desarrollos de nanomateriales autorreparantes aunque sin aplicación directa a la fuga de gases (una situación en la que la zona a reparar no estaría en reposo). Según (Shchukin and Möhwald, 2007) existen dos métodos principales mediante los cuales se dispone que se produzca esta autorreparación:

El agente reparador **se confina por capas** en la superficie a reparar, como por ejemplo en (Jiang et al., 2004). En este trabajo las membranas se componían de una capa central conteniendo nanopartículas de oro de 13nm de diámetro y confinada en “sandwich” por nueve capas a cada lado de dos polielectrolitos, alternando hidrocloreuro de polialilamina y poli(4-estireno-sulfonato de sodio).

El agente reparador se confina en “**nanocontenedores**” (nanoccontainers, nanorservoirs), a la espera de que se produzca el fenómeno (grieta, exposición al aire, etc.) que los active. Un ejemplo de este mecanismo es el que se describe en (Kumar et al., 2006)

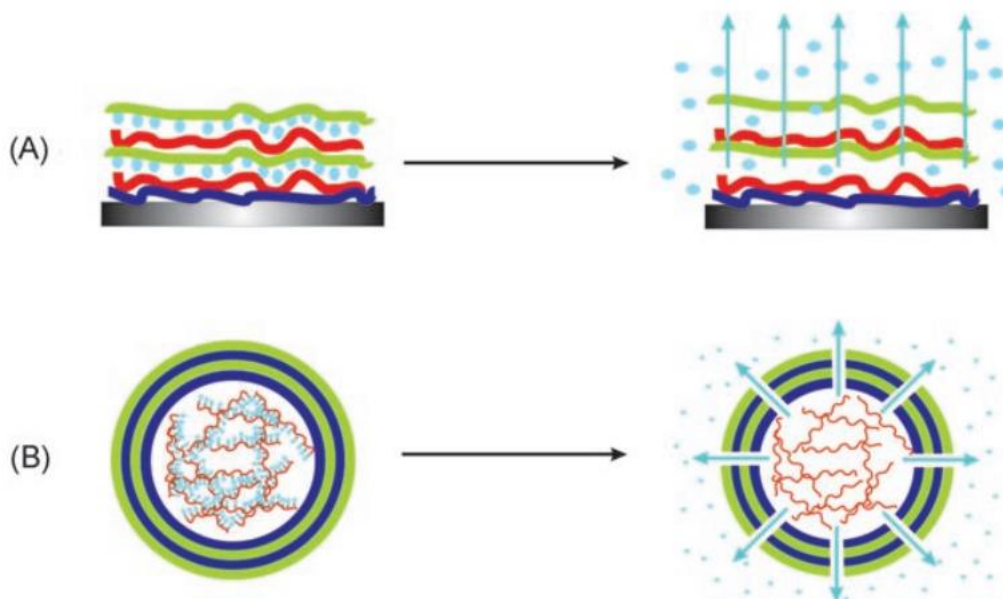


Ilustración 39: Reparador confinado en capas (A) o en nanocontainers (B). Extraído de (Shchukin and Möhwald, 2007)

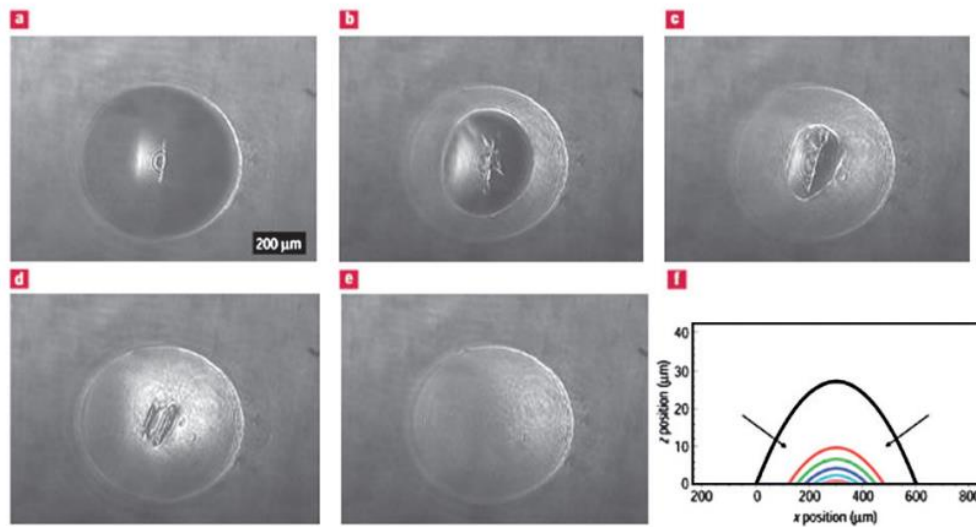


Ilustración 40: Secuencia de autorreparación de lámina con nanopartículas de oro-poliectrolito en la que previamente (a) se ha provocado una grieta (Jiang et al., 2004).

Patentes

Con la búsqueda “nanocomposite polymer” en título o resumen de patentes se encontraron 11709 patentes publicadas, 108 de las cuales son de afiliación española. Podemos destacar de entre las más recientes:

US2014187413 (A1) - NANOCOMPOSITE MATERIALS BASED ON METAL OXIDES HAVING MULTI-FUNCTIONAL PROPERTIES

Inventores: LAGARON CABELLO JOSE MARIA [ES]; NUNEZ EUGENIA [ES]; BUSOLO PONS MARIA [ES]; SANCHEZ-GARCIA MARIA DOLORES [ES] + (LAGARON CABELLO JOSE MARIA, ; NUNEZ EUGENIA, ; BUSOLO PONS MARIA, ; SANCHEZ-GARCIA MARIA DOLORES)

Solicitantes: LAGARON CABELLO JOSE MARIA [ES]; NUNEZ EUGENIA [ES]; BUSOLO PONS MARIA [ES]; SANCHEZ-GARCIA MARIA DOLORES [ES]; NANOBIO MATTERS RES & DEVELOPMENT S L [ES] + (LAGARON CABELLO JOSE MARIA, ; NUNEZ EUGENIA, ; BUSOLO PONS MARIA, ; SANCHEZ-GARCIA MARIA DOLORES, ; NANOBIO MATTERS RESEARCH & DEVELOPMENT, S. L)

Fecha: **3 de julio de 2014.**

Descripción: “La presente invención se refiere a materiales nanocompuestos que comprenden nanoarcillas como soporte de partículas de óxido de metal que dan a los materiales propiedades multifuncionales. Dichas propiedades se obtienen mediante la formulación de un tipo específico de aditivos a base de capas de arcillas naturales y/o sintéticos que se intercalan con óxidos metálicos con secuestrante y/o catalítico y/o de auto-limpieza y/o anti antimicrobiana y/o de oxígeno capacidad –abrasive y que puede contener opcionalmente otros orgánica, metal, compuestos inorgánicos o combinación de los mismos que puedan ejercer una función de compatibilización y/o dispersión y/o aumento de la funcionalidad de los óxidos metálicos y/o proporcionar nuevas funcionalidades, tanto pasiva de fortalecimiento físico y activo tales como el carácter biocida, absorbedores de antioxidantes y química de especies. Además, la presente invención describe el uso de dichos materiales para aplicaciones multi-sector.”

US2013085212 (A1) - PROCEDURE FOR THE OBTAINMENT OF NANOCOMPOSITE MATERIALS

Inventores: LAGARON CABELLO JOSE MARIA [ES]; MARTINEZ SANZ MARTA [ES]; LOPEZ RUBIO AMPARO [ES] + (LAGARON CABELLO JOSE MARIA, ; MARTINEZ SANZ MARTA, ; LOPEZ RUBIO AMPARO)

Solicitante: CSIC CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS [ES]; CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION [ES].

Fecha: 4 Apr 2013.

Descripción: “La presente invención se refiere a un procedimiento para la obtención de un material nanocompuesto a través de la técnica de mezclar en estado fundido que comprende una matriz polimérica y un nanoreinforcement que ha sido previamente dispersados en el mismo plástico u otra matriz por medio de métodos electrospinning.”

Ver también US2013203878 (A1) - Polymer Composite Foams en el apartado Aislantes.

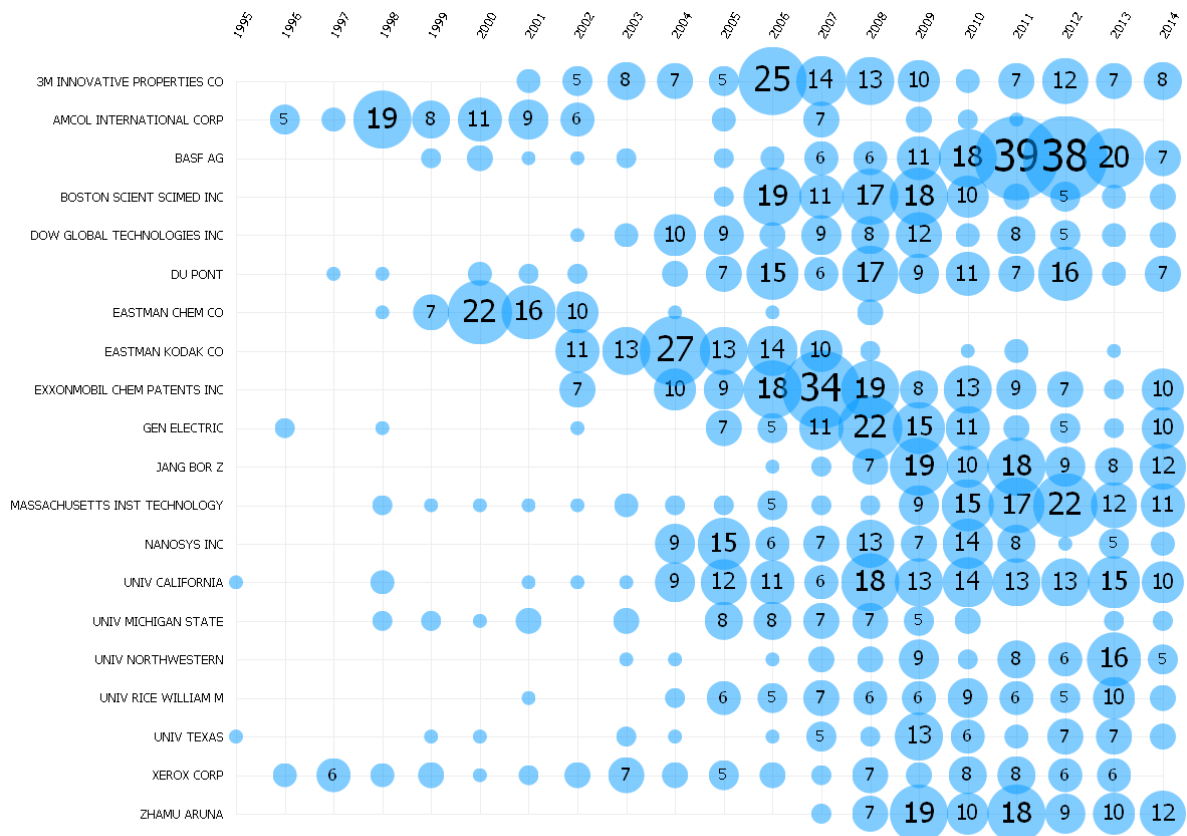


Ilustración 41: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nanocomposite polymer” en su título o resumen.

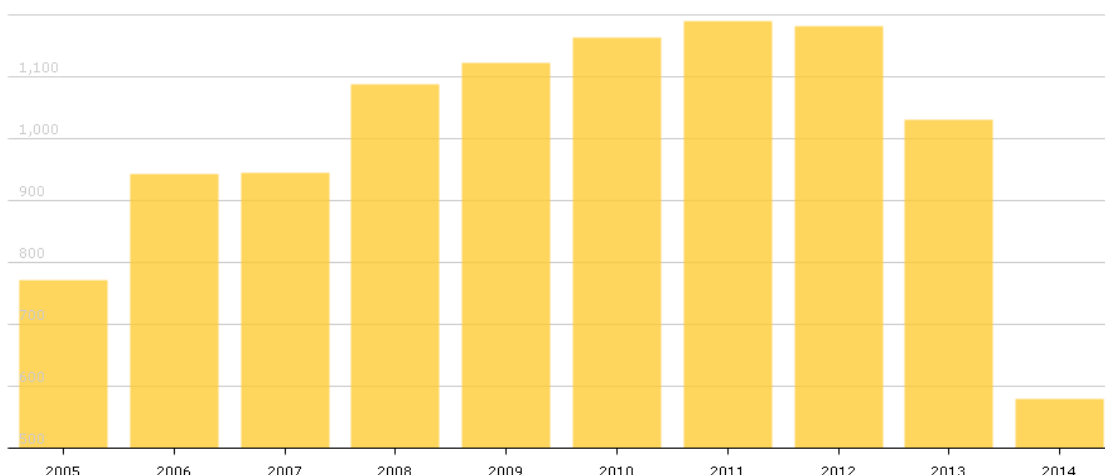


Ilustración 42: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nanocomposite polymer” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

Patentes (nanocomposites autorreparantes)

De especial relevancia es la siguiente patente de Applied Nanotech encontrada:

WO2014081930 (A1) - SELF-HEALING POLYETHYLENE

Inventores: MAO DONGSHENG [US]; FINK RICHARD LEE [US]; YANIV ZVI [US] +
(MAO, DONGSHENG, ; FINK, RICHARD LEE, ; YANIV, ZVI)

Solicitante: APPLIED NANOTECH HOLDINGS INC [US]

Fecha: 17 Mayo 2012.

Descripción: “Un material compuesto implementa microcápsulas de autocuración en matrices termoplásticas, tales como polietileno. Un monómero de dicitopentadieno microencapsulado y una fase sólida de catalizador de Grubbs está incrustado en una matriz de polietileno para lograr las propiedades de autocuración. Nanocargas pueden añadirse para mejorar las propiedades de la matriz de polietileno que incorpora un sistema de auto-sanación.”

En el texto de la patente se especifica que **el objetivo de este desarrollo es el de fugas de gases en tuberías a “baja presión”**, sin aclarar qué considera por baja presión. La empresa solicitante, Applied Nanotech firmó a finales de 2012 un contrato con el consorcio NYSEARCH-Northeast Gas Association para la demostración y desarrollo de tuberías de gas que incorporan nanocomposite autorreparante como el descrito en esta patente.

http://www.appliednanotech.net/news/130110_Self-Healing_Polyethylene_Pipes.php

DAFO de aplicación de nanotecnología en nanocomposites

DEBILIDADES

- Existen ya muchas patentes que condicionan el mercado.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Demostrada ampliamente la mejora de todas las propiedades mecánicas usuales para una gran variedad de polímeros mediante la correspondiente nanoaditivación.
- Mucha resultados de ensayos disponibles.

OPORTUNIDADES

- Disminuir el tamaño y peso de equipos.
- Disminuir el consumo energético de los sistemas de refrigeración.
- Mejorar la eficiencia y la fiabilidad de los sistemas con componentes mecánicos móviles (resistencia al desgaste).
- Posibilidad de colaboración en proyectos de I+D con grupos de investigación españoles con experiencia en este ámbito.

Recubrimientos (*distintos de antiescarcha*)

Uno de los retos tecnológicos a los que se enfrenta el sector es el de evitar la **corrosión** en los intercambiadores, normalmente en superficies de cobre o aluminio. Esta tendencia a la corrosión debida a la presencia de agua se ve agravada por el efecto que ciertos ácidos y componentes volátiles de los alimentos que se pretenden conservar tienen sobre estas superficies cuando interactúan con el vapor de agua. El recubrimiento ideal sería pues uno que, aplicado sobre aluminio o cobre, impida la escarcha, la corrosión, que no tenga toxicidad alimentaria y que incluso tenga un componente bactericida. Como veremos a continuación, se han encontrado recubrimientos con combinaciones de algunas, pero no todas, de estas propiedades.

Se observa que uno de los enfoques más comunes para afrontar el reto de evitar la corrosión en las investigaciones consultadas es el de recubrimientos hidrófobos, precisamente en el caso de los recubrimientos antiescarcha. Remitimos al apartado referente a antiescarcha en el presente Estudio para la consulta de las principales investigaciones sobre hidrofobicidad y nanotecnología aplicado a aluminio y cobre.

Según (Saji and Cook, 2012) existen tres estrategias en nanotecnología para la prevención de corrosión, y cada una acarrea diversas ventajas e inconvenientes:

1. Recubrimientos nanoestructurados: cubrir todo el material por una nanocapa con propiedades protectoras (Catledge et al., 2004).
2. Recubrimientos nanocomposites: incorporación de nanopartículas en recubrimientos convencionales (pinturas en su inmensa mayoría, y en menor medida por electrodeposición) (Pang and Zhitomirsky, 2005).
3. Recubrimientos con nanoportadores (nanocarriers, smart coatings): Estos son recubrimientos activos que pueden responder a un estímulo externo (pH, los cambios de humedad, de distorsión de la capa, la radiación electromagnética, etc.) y puede evitar una mayor corrosión por la liberación de inhibidores (Cook, 2005), biocidas, etc.

Recubrimiento	Ventajas	Inconvenientes
nanoestructurado	-Mejor difusión de elementos de aleación -Mejora la resistencia al desgaste	- Más lugares para corrosión en límites de grano
nanocomposite	-Mejora la resistencia al desgaste -Multifuncionalidad (añadiendo otras nanopartículas al composite)	- Distribución no uniforme del nanocomponente -Posible toxicidad
nanoportadores	-Liberación controlada inhibidora de la corrosión y/o bactericida -Protección más prolongada -Autorreparante	- Tendencia del nanoportador a formar agregados - Posible toxicidad

Muy pocas investigaciones en el campo de la nanotecnología están relacionadas con la combinación de evitar la corrosión y la influencia que puedan tener la presencia de **alimentos**. De manera aislada, se encuentra en (Punith Kumar and Srivastava, 2014) el desarrollo de recubrimientos sobre acero utilizando deposición en baños de sulfato de zinc que contenían lo que el investigador denomina aditivos “verdes” (gluconato de sodio, dextrosa, dextrina y sacarosa) y comprueba que la estructura atómica del recubrimiento de zinc permanece inalterada a pesar de la presencia de estos aditivos.

Para el caso de la inclusión de un componente **bactericida** en el recubrimiento se ha acudido a la búsqueda de uno de los más usuales indicado por los expertos, los iones plata. El uso de iones plata ha sido ampliamente estudiado, aunque por ahora poco se sabe sobre el efecto que sobre la posible corrosión de la superficie final pueden tener dichas nanopartículas. Uno de los problemas encontrados es que las nanopartículas de plata se corroen en determinadas circunstancias (se ha estudiado la relación entre su tendencia a la corrosión y su tamaño en (Ivanova and Zamborini, 2009)). Sin embargo, en determinadas circunstancias se ha probado que existen un aumento de la capacidad de resistencia a la corrosión (Akram et al., 2012, Rajendran et al., 2014, Venkateswarlu et al., 2012).

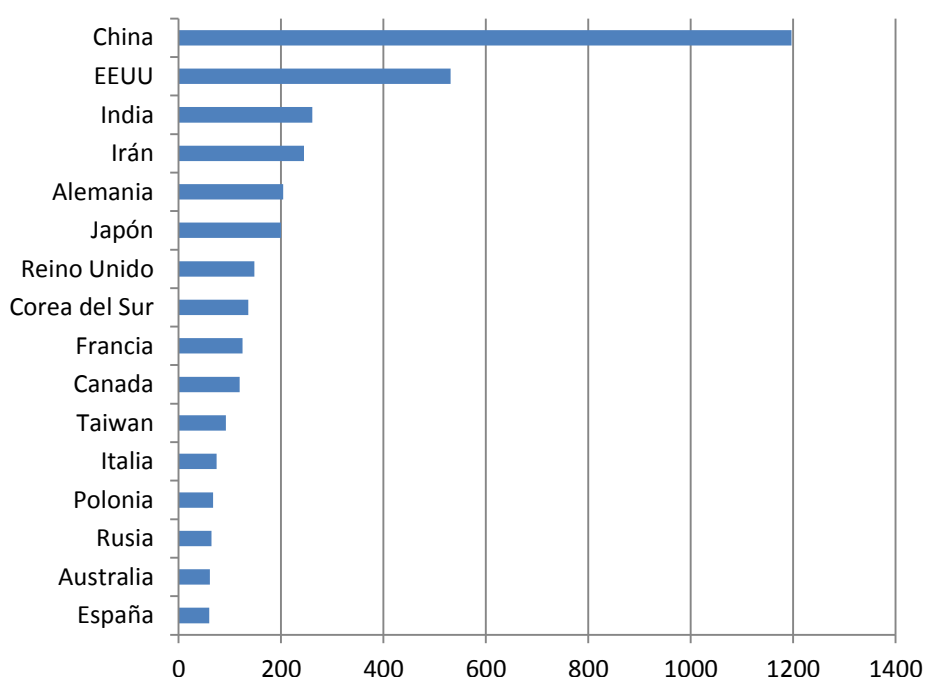


Ilustración 43: Resultados de la búsqueda TITL-ABS-KEY(nano corrosión) por países, hasta España.

Tabla 13: Resultados de la búsqueda "nano corrosion+XXX"

XXX (palabra clave)	Documentos de la búsqueda "nano corrosion+XXX"
corrosion	3906
aluminium	638
aluminium hydrophobic	21
copper	293
silver	98
corrosion (Spain)	60

En el CENIM se encuentran los grupos de investigación de interés para los objetivos de este Estudio en el ámbito de la corrosión:

- **Corrosión Atmosférica/Pinturas Anticorrosivas (CAPA).** Investigador principal: Manuel Morcillo Linares. A destacar el proyecto en marcha “Nuevos recubrimientos orgánicos inteligentes basados en la incorporación de nanopartículas cargadas con inhibidores de corrosión medioambientalmente aceptables”, todavía en ejecución, cofinanciado por subprograma de proyectos de investigación fundamental no orientada del Ministerio de Economía y Competitividad.
- **Corrosión y Protección de Materiales Metálicos (COPROMAT).** Investigadora principal: Ana Conde del Campo. Cabe destacar el proyecto ya finalizado (cofinanciado por el Plan Nacional de I+D) . “Recubrimientos nanoestructurados y triboreactivos resistentes a la corrosión y al desgaste para su aplicación en componentes de motores y transmisiones (NANOTRIBOCOR). 2005-2007.
- **Materiales Nanocompuestos y Películas Delgadas de Diseño (SURFPROT).** Investigador principal: Juan Carlos Galván Sierra. Para los objetivos de este Estudio es destacable el proyecto realizado por este grupo “Reactive Nanoparticulate Coatings (RENACO)”, ya finalizado (2007-2009), que contó con cofinanciación del VI Programa Marco de la Unión Europea.

Sólo un trabajo de investigación español en (nano+corrosion) menciona el cobre como sustrato, (Pellicer et al., 2011). Para el aluminio, se encuentran trabajos sobre todo para la aleación AA204 (de baja resistencia a la corrosión) en (Andreatta et al., 2011, Rosero-Navarro et al., 2009). Es de especial interés también el trabajo realizado en el grupo de investigación GlaSS (Glasses, glass-ceramics and sol-gel materials for a Sustainable Society) dirigido por la Dra. Alicia Durán en el Instituto de Cerámica y Vidrio, centro adscrito al CSIC, en concreto para recubrimientos de aluminio en (Durán et al., 2007, Paussa et al., 2010, Rosero-Navarro et al., 2009). Son particularmente interesantes los desarrollos de GlaSS en la técnica sol-gel para la obtención de recubrimientos vítreos sobre sustratos metálicos, poseyendo algunas patentes en este campo (vid.: patente ES2359550, “Recubrimientos vítreos realizados por sol-gel para la protección de metales frente a la corrosión”).



Ilustración 44: Resultados de la búsqueda TITLE-ABS-KEY(nano corrosion) por afiliación de autoría española.

Patentes

Con la búsqueda “nano coating” se encontraron 107.665 patentes. Con la búsqueda “nano coating corrosion” se obtuvieron 12277 patentes, de las cuales 38 incluían a algún autor español.

De especial interés son las siguientes patentes de autoría española:

ES2334542 (A1) - RECUBRIMIENTO SOL-GEL CON NANOPARTICULAS CERAMICAS PARA LA PROTECCION DE UN SUSTRATO Y PROCEDIMIENTO PARA SU OBTENCION

Inventor: SANCHEZ MAJADO SAGRARIO [ES]; JIMENEZ MORALES ANTONIA [ES]; TORRALBA CASTELLO JOSE MANUEL [ES]; GALVAN SIERRA JUAN CARLOS [ES].

Solicitante: UNIV MADRID CARLOS III [ES]; CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.

Fecha: 11 Mar 2010

Descripción: “La invención define un recubrimiento sol-gel aplicado a un sustrato constituido por una red polisiloxánica obtenida a partir de un compuesto organosilano que comprende nanopartículas de titania embebidas en la red y obtenidas in-situ a partir de un alcóxido de titanio, en el que la relación molar titanio: silicio está comprendida en el intervalo de 1:3 a 1:5. Este recubrimiento sol-gel presenta un menor espesor, actúa como eficaz barrera de protección del sustrato contra la luz ultravioleta y la corrosión y presenta, además, mejores propiedades mecánicas. Asimismo, la invención define un procedimiento para la preparación de dicho recubrimiento.”

ES2341637 (A1) - MICRO- AND NANO-STRUCTURED COMPOSITE MATERIALS BASED ON LAMINAR DOUBLE HYDROXIDES OF HYDROTALCITE TYPE AND SILICATES OF THE CLAY FAMILY

Inventor: RUIZ HITZKY EDUARDO [ES]; ARANDA GALLEGO PILAR [ES]; GOMEZ AVILES ALMUDENA [ES]

Solicitante: CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION [ES] + (CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)).

Fecha: 23 Jun 2010.

Descripción: “La presente invención se refiere a materiales compuestos de micro o nano-estructurado sobre la base de hidróxidos dobles estratificados de tipo hidrotalcita y silicatos de la familia de la arcilla. La invención también se refiere al proceso de preparación de estos materiales, así como a su uso en diversas aplicaciones tales como adsorbente, tanto de gases y de contaminantes en medio acuoso, neutralizador absorbente, ácido, intercambiador de iones, en aplicaciones médicas y biológicas, como soportes de materiales de origen biológico, tales como enzimas,

como cargas en polímeros, así como precursores de óxidos metálicos y de catalizadores.”

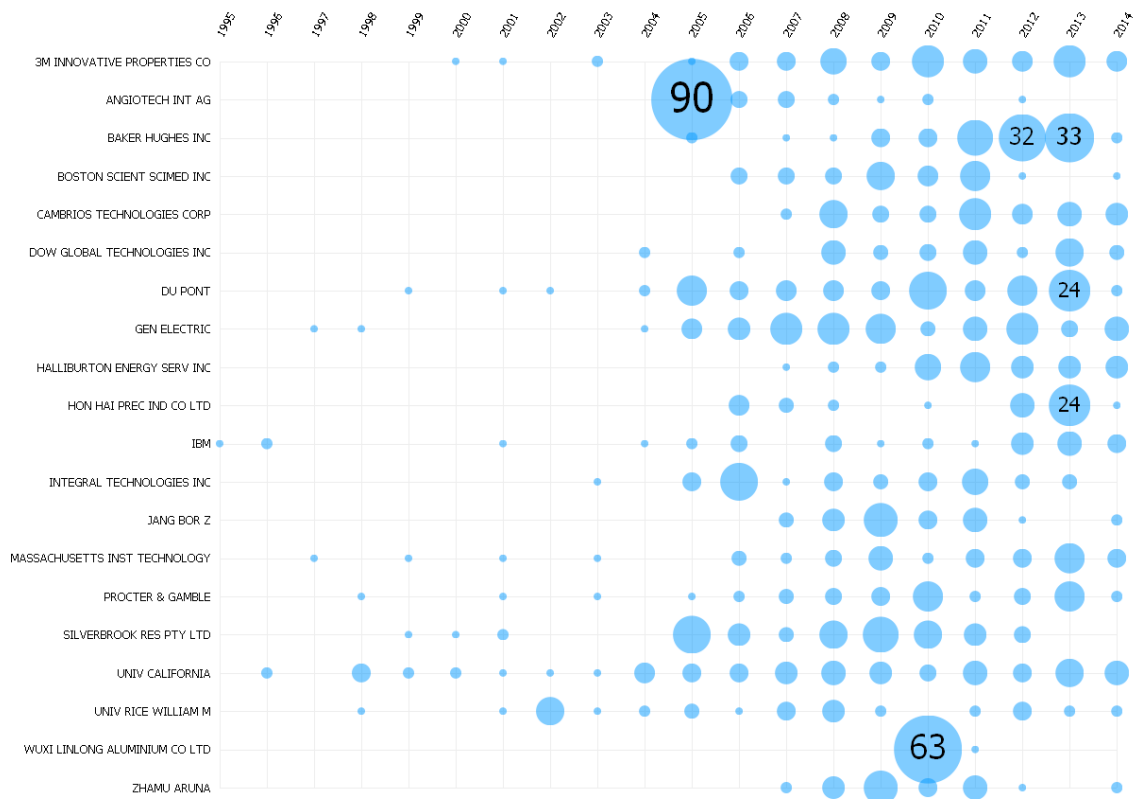


Ilustración 45: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano coating corrosion” en su título o resumen.

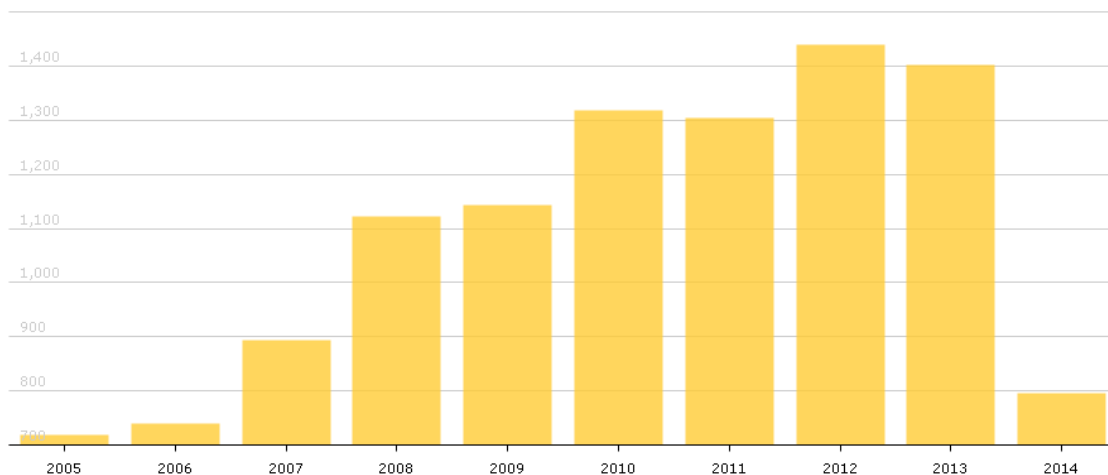


Ilustración 46: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano coating corrosion” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

DAFO de aplicación de nanotecnología en recubrimientos


DEBILIDADES

- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.
- Aparición de patentes que restringen el uso de algunos recubrimientos ya inventados.
- Producción de suficiente cantidad para su uso a nivel industrial.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Mayor eficacia anticorrosión que recubrimientos actuales comúnmente usados en la industria. 
- Existencia de grupos de investigación españoles.

OPORTUNIDADES

- Mejorar la eficiencia y la fiabilidad de los equipos.
- Posibilidad de añadir varias funciones en un mismo recubrimiento.
- Posibilidad de formar proyectos de I+D con grupos de investigación españoles con experiencia en este campo.

Refractarios

Los refractarios (materiales, que en condiciones de servicio resisten elevadas temperaturas), tienen por lo general **naturaleza cerámica** muy heterogénea con **múltiples fases**. Así, suelen estar formados por un **grueso esqueleto** (formado por agregados de partículas que van desde un tamaño de grano medio a pocos milímetros) enlazado a una **matriz de tamaño de grano fino** (la cual puede tener aditivos unidos). Dicha estructura tiene una fase adicional de naturaleza **porosa** que contribuye en gran medida a mantener las propiedades térmicas de estos materiales (Sadik et al., 2014).

Además, los materiales refractarios suelen **utilizarse en condiciones muy severas** por lo que su vida útil está condicionada, no sólo por su naturaleza, sino principalmente por su entorno de trabajo y la aplicación (Kreuels, 2009).

En este sentido, resistir las altas temperaturas no debe ser la única propiedad de este tipo de materiales. Por ello, en general, estos materiales **deben ser resistentes** [(Kreuels, 2009) (Sadik et al., 2014) (Sadik et al., 2014)], entre otros, a:

- Las **altas temperaturas** (refratariedad o resistencia pirosfópica): capacidad que tiene un material para resistir elevadas temperaturas sin fundirse ni reblandecerse conservando sus propiedades.
- **Choque térmico**: choque es una alta y rápida variación de la temperatura (pero sin acercarse a la temperatura de ablandamiento del material) lo que provoca una dilatación de la superficie del material mayor que la del interior de este y en consecuencia la aparición de grandes tensiones que pueden provocar tanto grietas como incluso la rotura del material.
 - Diferentes grados de **tensión mecánica** y la **deformación**.
 - **Abrasión** mecánica.
 - **Corrosión**/ataque de las escorias, metales reactivos, líquidos, gases (como el CO en los hornos de coque, altos hornos, etc.).
- Los materiales refractarios se pueden **clasificar** en varias clases **en función de** distintos criterios, siendo los más habituales (Sadik et al., 2014):
 - Su **composición química**: Esta clasificación se basa en la relación anión-catión de sus componentes. Si esta relación es de 1.5:1.0, el material refractario se clasifica como neutro, si es mayor que 1.5:1.0 como ácido, y si es menor, como básico. Algunos ejemplos de materiales refractarios para cada una de las divisiones mencionadas son los siguientes:
 - Ácidos: zirconio, sílice, arcilla o ladrillo quemado, alta alúmina.
 - Neutros: corindón, carbono, carburo de silicio, cromo, cromo-magnesita.
 - Básicos: magnesita-cromo, magnesita, dolomita.
 - El **método de instalación**: Según sea el método de utilizado se suelen clasificar en dos grandes grupos:

- Conformados: han sido sometidos a algún proceso de conformado previo a su instalación.
- Sin forma: material en polvo que adquiere su forma al ser aplicado durante su instalación con pistolas, por inyección, etc.
- El **método de fabricación** (fundido y sinterizado).
- **Porosidad** de los materiales (porosas y densas).

La gran mayoría de materiales refractarios se consume en la industria siderúrgica, seguido a gran distancia por la industria del vidrio y la del cemento, etc. (Kreuels, 2009). Respecto a los tipos de materiales refractarios producidos, la cabeza la ocupa los hormigones refractarios, que llegan a ocupar más de la mitad de la producción mundial (Vázquez Méndez, 2004).

Los principales retos a los que se enfrenta la industria de fabricación de materiales refractarios son (Kuznetsov et al., 2010, Guimaraes and Lee, 2007, Kreuels, 2009, Tamura et al., 2008)]:

- Las materias primas, ya que suponen en torno al 60% de los costes y la mayoría de las reservas de dichas materias primas están en China.
- La energía, ya que es una industria que consume grandes cantidades de energía y los precios de ésta sufren grandes oscilaciones.
- Protección del medioambiente, ya que cada vez más se busca que el sector produzca menos emisiones, emisiones más limpias, se reduzca el uso de materiales peligrosos, se reduzcan los residuos, etc. Así, están surgiendo distintas regulaciones con el objetivo de proteger el medio ambiente, pero que pueden afectar de forma muy negativa al funcionamiento actual de esta industria.

La investigación en el ámbito de los materiales refractarios se ha basado en el desarrollo de materiales compuestos de óxidos-carbono-metales, donde el aspecto crucial no sólo son las reacciones que se producen entre los propios constituyentes del material compuesto, sino las que se producen entre éstos y los materiales del entorno con los que entran en contacto durante su utilización. Sin embargo, se considera que el uso de materias primas y técnicas de producción convencionales será insuficiente para poder afrontar los retos anteriormente citados, por lo que el sector tiene que innovar tanto en productos como en tecnologías para seguir prosperando. Así, se considera que la nanotecnología puede ser una de las alternativas con mayor proyección (Guimaraes and Lee, 2007, Das et al., 2012b).

Se considera que los nanomateriales tienen un gran potencial en el ámbito de los materiales refractarios por su capacidad para **mejorar** la resistencia al **choque térmico**, **resistencia a la abrasión** y a la **corrosión química** de los materiales (Antonovič et al., 2010). En este sentido se han analizado principalmente nanomateriales derivados del carbono, de metales y de óxidos metálicos (Guimaraes and Lee, 2007, Antonovič et al., 2010, Georgescu et al., 2003, Tamura et al., 2008) Así, entre los **nanomateriales derivados** de:

- **Carbono**: se destaca el potencial de los nanotubos de carbono en la fabricación de materiales compuestos de óxidos-carbono-metales, ya que incrementan la

conductividad térmica y resistencia del material y, por tanto, puede mejorar su resistencia al choque térmico.

- **Metales:** se destaca el uso de metales que se usan habitualmente en la fabricación de materiales compuestos refractarios (que normalmente se usan a escala micrométrica), pero a escala manométrica. Estos metales son muy reactivos, por lo que ayudan a evitar la oxidación de la matriz de carbono. Además, también incrementan la resistencia del material compuesto.

- **Óxidos metálicos:** actualmente ya existe tecnología disponible para producir aquellos óxidos metálicos a nanoescala de interés para el sector, como son el MgO, Al₂O₃, ZrO, Cr₂O₃ (y sus combinaciones). Estos óxidos son muy reactivos y presentan un amplio abanico de aplicaciones como agentes de sinterización.

En nanotecnología, los materiales refractarios se dividen principalmente según el tipo de nanoestructura que posean en dos grupos, materiales:

- **Nanoporosos:** sus propiedades vienen determinadas por el tamaño, la cantidad, la forma y la distribución de los poros, así como por la estructura de empaquetamiento del material sólido.

- **Aditivados con nanopartículas:** sus propiedades vienen determinadas por la cantidad, la estructura, la distribución y la composición de las nanopartículas.

Tabla 14: Ejemplos de trabajos de aplicaciones de la nanotecnología a materiales refractarios.

Tipo de clasificación	Tipo	Ejemplo de investigación relevante
Por composición química	Ácido	(Rendtorff et al., 2014)
		(Dudczig et al., 2012)
		(Manivasakan et al., 2010)
	Neutro	(Yoshioka et al., 2010)
		(Cappelli et al., 2009)
	Básico	(Bag et al., 2012)
(Braulio et al., 2010)		
Por método de instalación	Conformado	(Bag et al., 2012)
		(Manivasakan et al., 2010)
	Sin forma	(Antonovič et al., 2010)
		(Dudczig et al., 2012)
		(Rendtorff et al., 2014)
		(Yoshioka et al., 2010)

Respecto a **sectores** concretos de aplicación destacan las investigaciones realizadas en la **industria siderúrgica** (principalmente con el objetivo de obtener aceros de alta calidad y pureza) y en la industria del cemento (principalmente con el objetivo de incrementar la resistencia térmica y resistencia a la compresión de los materiales de construcción) (Nouri-Khezrabad et al., 2013, Antonovič et al., 2010, Tamura et al., 2008).

La mayoría de los trabajos centrados en la aplicación de la nanotecnología en materiales refractarios se basa en los ladrillos de óxido de magnesio-carbono (Guimaraes and Lee, 2007, Das et al., 2012b) y, especialmente, en los de bajo contenido en carbono (Guimaraes and Lee,

2007). Así, se han conseguido mejoras significativas en la resistencia a la corrosión y al choque térmico por adición controlada de pequeñas cantidades de carbono a nanoescala y también por el desarrollo de nuevos compuestos antioxidantes. Se ha comprobado que materiales refractarios de óxido de magnesio-carbono conteniendo tan solo un 3% de carbono a nanoescala tienen un comportamiento al choque térmico similar que los ladrillos con un 10% de grafito y que la resistencia a la corrosión estaba cerca de los de magnesio-cromo, demostrando que pueden sustituirlos en aquellos casos donde la corrosión y la absorción de carbono es elevada (Guimaraes and Lee, 2007)

En el caso de los materiales de construcción se ha identificado que la adición de nanopartículas de soluciones de silicato sódico y de SiO₂ amorfo es posible incrementar la resistencia a la compresión y la durabilidad térmica del hormigón hasta 2-3 veces (Antonovič et al., 2010).

Como **principales inconvenientes** para la aplicación de nanomateriales destacan:

- **Coste:** el coste de producción de los nanomateriales aún es elevado para el sector, y se considera por tanto como el principal factor que retrasa la expansión de su aplicación.
- **Disponibilidad:** actualmente no existen plantas de fabricación de nanomateriales a gran escala.
- **Manejo:** el manejo y aplicación de nanomateriales es un aspecto crítico, tanto por su elevada reactividad como por los problemas relacionados con su dispersión y mezclado.
- Así, en la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanomateriales en el ámbito de los materiales refractarios “nano refractory” se han identificado 458 documentos, donde se observa además un aumento exponencial en el número de trabajos publicados desde 2001 hasta 2011, año a partir del cual comienzan a bajar el número de trabajos de forma significativa. El principal país que investiga en este ámbito Estados Unidos (con una afiliación de 97 trabajos), seguido a gran distancia por China (63), la Federación Rusa (40), India (35) y Japón (32). El principal país europeo que investiga en éste ámbito es Alemania (con una afiliación de 26 trabajos), seguido a gran distancia por Italia (14), Francia (11), Reino Unido (9) y Suiza (8).

Sólo se ha encontrado un trabajo de afiliación española en este ámbito, en el cual colaboran la **Universidad Complutense de Madrid** (el Departamento de Química Inorgánica y el Centro de Microscopía y Citometría), el **Instituto de Química Física Rocasolano** y el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (estos últimos del CSIC).

Por otro lado, se ha identificado una empresa española (**Refractaria S.A.**) con sede en Asturias, acaba de terminar un proyecto de I+D cuyo objetivo es el desarrollo de nuevos materiales refractarios conformados basados en nanotecnología y que cuenta con el apoyo financiero del Gobierno del Principado de Asturias y de los fondos FEDER. Dicha empresa forma parte además del patronato de la **Fundación ITMA** (fundación privada sin ánimo de lucro, que surge a partir de la Asociación de Investigación sobre Materiales y Materias Primas,

que también tiene su sede en Asturias, www.itma.es) y del **Cluster de Refractarios de Asturias** (agrupación de interés económico constituida a fin de promover la I+D+i aplicada en el ámbito de los refractarios, www.clusterderefractarios.com). Se ha identificado que la Fundación ITMA ha llevado a cabo diversos trabajos en el ámbito de la nanotecnología y en el de los materiales refractarios.

Por otro lado, se ha identificado el **Instituto de Cerámica y Vidrio** perteneciente al CSIC, como relevante en este ámbito. Así, el centro tiene por misión llevar a cabo investigaciones en el campo de la Ciencia y la Tecnología de los Materiales Cerámicos y Vidrios. Dentro del **departamento de Cerámica** se incluyen los siguientes grupos de investigación

- **Cerámica Técnica:** entre los objetivos de la Sublínea de investigación “Materiales y recubrimientos bajo condiciones severas de trabajo” se incluye el desarrollo de nuevos compuestos cerámicos resistentes a elevadas temperaturas, con alta resistencia al desgaste y la fricción, y con características multifuncionales (alta conductividad térmica y respuesta eléctrica) y los materiales compuestos con nanoestructuras de carbono (nanotubos de carbono y grafenos).
- **Grupo de investigación de Diagramas de Equilibrio de Fases:** entre los objetivos de la sublínea de investigación “Diagramas de equilibrio de fases en sistemas de interés cerámico. Aplicación al diseño y obtención de biocerámicas y cerámicas estructurales de alta temperatura” se incluye el diseño y procesamiento de nuevos cementos y hormigones refractarios y los estudios de corrosión por fundidos y escorias a materiales refractarios.

Patentes

Con la búsqueda “nano refractory” en título o abstract se obtuvieron 6262 patentes, de las cuales 26 eran contenían uno o varios autores españoles, sin embargo ninguna de las patentes sería aplicable a este estudio. Como puede verse en el siguiente diagrama, la búsqueda arroja patentes sobre todo en el campo de la medicina.

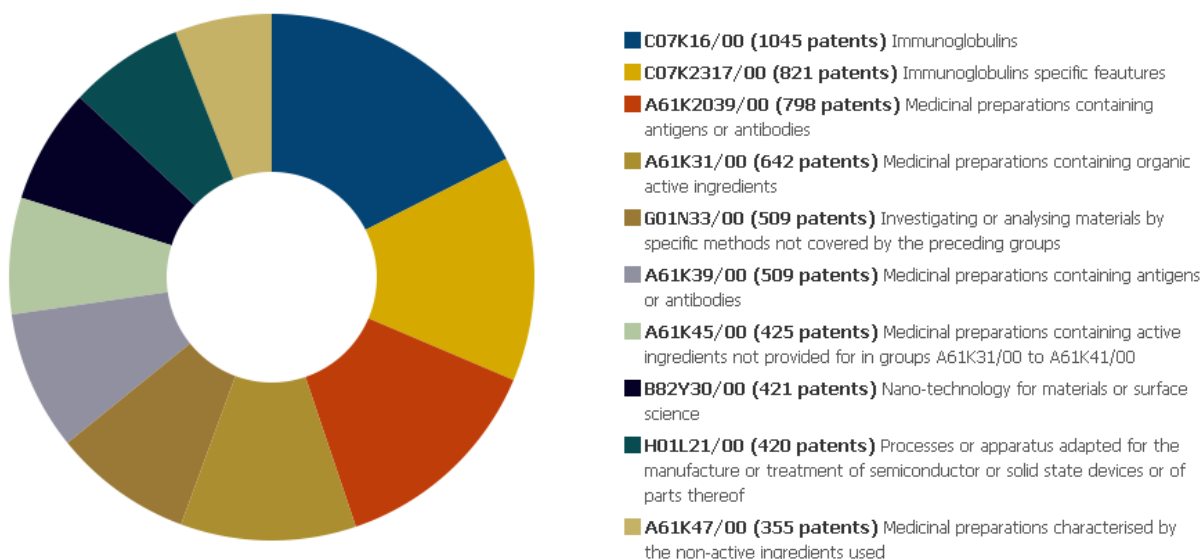


Ilustración 47: Representación de los códigos de patentes asociados a la búsqueda "nano refractory"

Cabe destacar sin embargo las patentes:

US2014239534 (A1) - NANO-STRUCTURED REFRACTORY METALS, METAL CARBIDES, AND COATINGS AND PARTS FABRICATED THEREFROM

Inventor: ZINN ALFRED A [US] .

Solicitante: LOCKHEED CORP [US] + (LOCKHEED MARTIN CORPORATION).

Fecha: 28 agosto 2014.

Descripción: "Se proporcionan metal refractario y mezclas de nanopartículas de carburo de metal refractario y métodos para fabricar la misma. Las mezclas de nanopartículas se pueden pintar sobre una superficie a recubrir y se calienta a temperaturas bajas para formar un recubrimiento estanco a los gases. La formación de metal refractario y recubrimientos de carburo de metal refractario de baja temperatura permite que estos recubrimientos que se deben proporcionar en las superficies que de otro modo serían imposibles o muy difíciles de recubrir ya sea porque son materiales basados en carbono (por ejemplo, grafito, materiales compuestos carbono / carbono) o la temperatura materiales sensibles (por ejemplo, los materiales que se fundan, se oxidan, o de lo contrario no resistir temperaturas superiores a 800 DEG C), o porque la alta relación de aspecto de la superficie podría prevenir otros métodos de recubrimiento de ser eficaz (por ejemplo, las superficies interiores de los tubos y boquillas). Las mezclas de nanopartículas también pueden estar dispuestos en un molde y se sinteriza para formar componentes locura densos."

CN101875561 (A) - Nano-SiO₂ and nano-CaO composite ceramic bond siliceous refractory castable and preparation method thereof.

Inventor: SHUSEN GAO.

Solicitante: SHUSEN GAO.

Fecha: 3 noviembre 2003.

Descripción:” La invención se refiere a un enlace cerámico compuesto de nano-SiO₂ y nano-CaO silíceo refractario moldeable y un método de preparación de los mismos. El moldeable utiliza nano-SiO₂ y nano-compuesto CaO sol-suspensión como agente de unión de cerámica manométrica. El método de preparación utiliza cuarzo, sílice, humo de sílice o vidrio agua como el material de partida y adopta el método mecanoquímico de alta energía, el método de precipitación y el método sol-gel y el sol-suspensión preparada se añade directamente en la mezcla de bajo mezcla húmeda para formar una matriz de nano-SiO₂ estructural utilizando como componente principal a través del proceso *solution* y preparar el refractario moldeable nano-SiO₂ de la invención. El moldeable de la invención utiliza la tecnología nanómetros y el material nanómetros con el fin de mejorar la estructura macroscópica y la estructura de fósforo y, obviamente, aumentar la durabilidad y el silíceo refractario moldeable con especial resistencia a altas temperaturas y resistencia a las grietas se puede preparar y aplicado con éxito en las estufas de alta viento-temperatura caliente, hornos de fundición de vidrio, hornos de coque y similares.”

DAFO de aplicación de nanotecnología en refractarios

DEBILIDADES

- No hay todavía gran capacidad de producción en refractarios que incorporen nanomateriales.
- Elevado coste actualmente.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.
- Aparición de patentes que restrinjan el uso de nuevos nanofluidos.

AMENAZAS

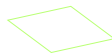
- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Mejores prestaciones en general que los refractarios actuales.

OPORTUNIDADES

- Disminuir el tamaño de capas refractarias.
- Proyectos de I+D con grupos de investigación españoles en este ámbito.



Refrigerantes

Los nanofluidos son **suspensiones de nanopartículas (1-100 nm) en fluidos convencionales** (Taylor et al., 2013, Saidur et al., 2011). Las nanopartículas son normalmente de naturaleza metálica o de óxidos metálicos, mientras que los fluidos base suelen ser el agua, los aceites y el etilenglicol.

El objetivo general del desarrollo de nanofluidos es mejorar las propiedades del fluido base con la mínima adición de nanopartículas (normalmente $w < 1\%$ en fluidos de base) (Godson et al., 2010).

Existen dos **formas básicas de obtener** nanofluidos (Taylor et al., 2013):

- **Por simple mezcla de un nanopolvo en un líquido:** La aplicación de ultrasonido de alta intensidad durante períodos prolongados de tiempo es normalmente suficiente para formar una adecuada suspensión de nanopartículas. Sin embargo, debido a su gran Área superficial y a las colisiones entre las nanopartículas (debidas a movimientos Brownianos), las nanopartículas interaccionan fuertemente entre sí en el fluido receptor a través de fuerzas de Van der Waals. Ello puede provocar la aglomeración de las mismas (a veces hasta de tamaño micrométrico) formando partículas, las cuales no pueden ser mantenidas en suspensión y por tanto, se depositan. Por ello, se suele añadir un agente estabilizante para mantener el máximo tiempo posible la dispersión de las nanopartículas en el nanofluido.
- **Mediante síntesis directa:** implica que el procesos de síntesis de las nanopartículas, la modificación de la superficie para su estabilización, y el transporte/mezcla con el líquido anfitrión se consiguen todos en un único proceso. Este protocolo puede implicar varias etapas de calentamiento, refrigeración, y mezcla para formar y estabilizar las nanopartículas en el disolvente. Este enfoque es difícil debido a la complejidad de los protocolos de reacción química, pero también puede sufrir de mala reproducibilidad (Özerinç et al., 2010, Hauser, 1955, Ghadimi et al., 2011). La principal dificultad de este enfoque es la eliminación de productos químicos indeseados tras la síntesis de los nanofluidos.

Las **aplicaciones** de los nanofluidos se han mostrado **muy diversas**. Así, se ha estudiado su aplicación a los ámbitos más diversos, incluidas la biomedicina, las reacciones catalíticas, la mejora la transferencia de calor, energía lumínica, etc. En la Tabla 2 se incluyen algunos ejemplos de aplicaciones de nanofluidos.

Tabla 15: Ejemplos de aplicaciones de nanofluidos.

Referencia	Tipo de nanopartículas	Uso del nanofluido
(Zhong et al., 2010) (Chakraborty et al., 2010) (Inada et al., 2009)	Metales nobles (Pd, Pt, Ag, Au)	Catálisis, resonancia de plasma, mejora la transferencia de calor.
(Ding et al., 2009) (Shimkevich, 2009) (Zhang and Hidrovo, 2009)	Magnéticas (Fe, Ni, Co)	Transferencia de calor, imágenes biomédicas, control de flujo, absorbentes de microondas
(Wu et al., 2009) (Arai and Furuya, 2009) (Ghazvini et al., 2009)	Semiconductores, puntos cuánticos (Si, CdS, CdSe, ZnS, ITO)	Fluorescencia, trampas de luz, LEDs, memoria óptica
(Vishwakarma et al., 2009) (Sohn and Kihm, 2009) (Ebrahimi et al., 2009)	Core-Shell (metal, semiconductor, o núcleo de polímero y/o la cubierta)	Biomedicina, fluorescencia, absorbedores solares, sensores, optoelectrónica, catalizadores-
(Eapen, 2009) (Hung et al., 2009) (Koziel et al., 2009)	Óxidos metálicos (Al, Ti, Zn, Cu, etc.)	Transferencia de calor, catalizadores, optoelectrónica
(Vajjha and Das, 2009) (Bergman, 2009) (Mochalin et al., 2009)	Polímeros	Biomedicina (administración de fármacos), optoelectrónica conductiva

Actualmente, más del 70% de la energía que se produce se hace en forma de calor. En muchos sistemas industriales, el calor debe, bien transferirse desde la fuente de energía hasta el sistema o bien eliminarse del propio sistema. En consecuencia, la optimización de los procesos de transferencia de calor y reducir las pérdidas de energía son tareas cada vez más importantes (Wen et al., 2009).

Los fluidos que se utilizan normalmente para la transferencia de calor (como el agua, los aceites y el etilenglicol) poseen varios inconvenientes, destacando su bajo rendimiento de la transferencia de calor, lo que redundaría en el bajo rendimiento de los intercambiadores así como en la dificultad de disminuir su tamaño (Trisaksri and Wongwises, 2007).

Una de las técnicas descritas para la mejora de la transferencia de calor en fluidos mediante la mejora de la conductividad térmica es el uso de partículas sólidas como aditivo en suspensión en el líquido base.

Sin embargo, su aplicación ha tenido escaso éxito debido a los problemas que presentan. Así, los principales problemas descritos por la adición de partículas son la sedimentación de las mismas, la erosión que producen en los sistemas por los que circulan, la formación de incrustaciones y el aumento de la caída de presión del canal de flujo.

La producción nanofluidos ha permitido superar los problemas tradicionales que presenta el uso de partículas sólidas como aditivo en suspensión en los fluidos para la transferencia de calor (Trisaksri and Wongwises, 2007).

Respecto a las **propiedades térmicas de los nanofluidos**, destaca el que se ha observado que **umentan la conductividad térmica** y la transferencia de calor por convección respecto al fluido base (Eastman et al., 1997, Hwang et al., 2006, Jung et al., 2009, Kim et al., 2009, Liu et al., 2006, Mintsa et al., 2009, Saidur et al., 2011, Sharma et al., 2009, Yu et al., 2009, Zeinali Heris et al., 2007).

Por otro lado, distintos autores han informado que las propiedades térmicas de los nanofluidos elaborados a partir de nanotubos de carbono son mucho mejores que los de aquellos elaborados con otro tipo de nanopartículas con la misma fracción de volumen (Xie et al., 2003, Maré et al., 2011, Liu et al., 2005). Es más, no sólo mejoran sus propiedades térmicas, sino también sus propiedades eléctricas y mecánicas por lo que el uso de estos nanofluidos es muy prometedor (Halefadi et al., 2014).

En los últimos años se ha evaluado la aplicación de nanofluidos en distintos ámbitos, destacando su potencial aplicación en la refrigeración de motores, calentamiento agua mediante energía solar, refrigeración de dispositivos electrónicos, enfriamiento del aceite de transformadores, mejora de la eficiencia de generadores diésel, refrigeración de los dispositivos de intercambio de calor, mejora de la eficiencia de transferencia de calor de los refrigeradores, en refrigeradores-congeladores domésticos, refrigeración de mecanizado, en reactores nucleares, etc. Los resultados de estas investigaciones indican que la sustitución de los refrigerantes convencionales por nanofluidos es prometedora (Saidur et al., 2011).

En comparación con las suspensiones convencionales de sólidos en líquidos, y en el ámbito de la mejora de las propiedades térmicas, los nanofluidos poseen las siguientes ventajas (Saidur et al., 2011):

- **Elevada superficie específica**, y por lo tanto mayor superficie para la transferencia de calor entre las partículas y el fluido.
- **Alta estabilidad de la dispersión**, con predominio del movimiento Browniano de las partículas.
- **Potencia de bombeo reducida**, en comparación con el líquido puro, para lograr una transferencia de calor equivalente.
- **Reducción en la formación de obstrucciones** en comparación con las suspensiones convencionales, facilitando así la miniaturización de los sistemas.
- **Posibilidad de ajustar las propiedades**, mediante la variación de las concentraciones de partículas, para adaptarse a diferentes necesidades.
- Sin embargo, los principales factores que dificultan la comercialización de los nanofluidos son:
 - **Desconocimiento de los mecanismos exactos** de mejora de la transferencia de calor en los nanofluidos aún no están claros. Así, a pesar de las numerosas investigaciones que se han realizado en los últimos años, aún se encuentran inconsistencias en los resultados publicados entre los modelos teóricos de conductividad térmica de nanofluidos y los resultados experimentales.

- **Desarrollo de nanofluidos estables** en el tiempo.
- El (todavía elevado) **coste de producción** de los nanofluidos.

A pesar de ello, el mercado potencial de los nanofluidos para aplicaciones de transferencia de calor se estimó en más de 2 mil millones de dólares en el año 2007, con perspectivas de un mayor crecimiento en los siguientes años (Wen et al., 2009).

Aplicaciones de los nanofluidos en los refrigerantes para automoción

La industria del automóvil busca continuamente una **mayor eficiencia energética**, para lo cual se buscan no sólo motores de mayor rendimiento, sino también un menor consumo de combustible achacable a otros factores no relacionados con el diseño del motor.

En este sentido, la **optimización** en el diseño del **radiador** permitiría **una disminución en el tamaño y peso** del vehículo y por tanto un menor consumo de combustible (Leong et al., 2010). El enfoque clásico para la optimización de los radiadores es aumentar el Área de transferencia de calor y mejora el coeficiente de transferencia de calor por convección de aire, normalmente mediante un incremento en el número de aletas y de microcanales. Sin embargo, se considera que esta enfoque ya ha llegado a su límite de mejora (Leong et al., 2010, Elias et al., 2014, Alam et al., 2011).

Por otro lado, los líquidos refrigerantes convencionales utilizados en los radiadores de automóviles (**agua y etilenglicol**) presentan como principal limitación el tener una baja conductividad térmica, lo que ha llevado a buscar alternativas como la utilización de nanofluidos. Así, se han realizado distintos estudios en el que **se han ensayado nanofluidos** como líquidos refrigerantes en radiadores de automóviles (Peyghambarzadeh et al., 2011, Oliet et al., 2008, Vajjha et al., 2010); obteniéndose en torno a un 40-50% de **mejora en la transferencia de calor** (Leong et al., 2010, Hussein et al., 2014).

Por tanto, utilizando nanofluidos como líquidos refrigerantes puede reducirse el tamaño y el peso de los radiadores sin afectar a su rendimiento de la transferencia de calor, lo que se traduce en mejores características aerodinámicas para Área frontal del automóvil y, por tanto, en un menor coeficiente de resistencia y en un menor consumo de combustible, mejorando toda la eficiencia del sistema (Leong et al., 2010). Así, se ha estimado que el uso de nanofluidos permitiría reducir en torno al 30% el tamaño del radiador, lo que podría traducirse en un ahorro de combustible de hasta el 10% (Peyghambarzadeh et al., 2013).

Aunque **el rendimiento del radiador** de un automóvil está **condicionado** por la eficiencia en la transferencia de calor del sistema, éste depende en gran medida de la **conductividad térmica**, la **viscosidad**, la **densidad** y el **calor específico** del líquido utilizado como **refrigerante** (Elias et al., 2014). En general, en el caso de los nanofluidos, se puede decir que:

- La viscosidad es mayor respecto al fluido base. Además esta aumenta al aumentar la concentración y al aumentar el tamaño de partícula. Sin embargo, la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura.
- La densidad es mayor al aumentar la concentración en nanopartículas.

- El calor específico depende de numerosos factores (tipo, tamaño y concentración de nanopartículas, tipo fluido base, temperatura, etc.), sin poder dar una regla general.

Sin embargo, la información disponible actualmente sobre las propiedades fundamentales de nanofluidos cuando actúan como refrigerantes en radiadores es muy limitada (Elias et al., 2014) por lo que este campo se presenta como una gran oportunidad donde generar conocimiento.

Así, en la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanomateriales en el ámbito de la refrigeración “nano coolant” se han identificado 182 documentos, siendo el principal país que investiga en este ámbito Estados Unidos, seguido a gran distancia por India, China, Japón y Corea del Sur. El principal país europeo que investiga en éste ámbito es Alemania, con una afiliación de 8 trabajos. Ningún trabajo de afiliación española se ha encontrado en este ámbito.

En el caso concreto de la búsqueda de información científica sobre la aplicación de nanomateriales en el ámbito de los radiadores “nano radiator”, sólo se han identificado 76 documentos, siendo los principales países que investigan en este ámbito Estados Unidos y China. El principal país europeo que investiga en éste ámbito es Italia, con 6 trabajos. Ningún trabajo de afiliación española se ha encontrado en este ámbito.

Aplicaciones de las nanopartículas en los refrigerantes R134a

El R134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano) es el **refrigerante alternativo** más utilizado en equipos de refrigeración (refrigeradores, aparatos de aire acondicionado en automóviles, etc.). Aunque su potencial de calentamiento global es relativamente alto, ha sido aceptado como una alternativa menos dañina **al R12** en muchos países (Bi et al., 2008).

En el caso de estos refrigerantes, también se han realizado ensayos con **nanopartículas** (Javadi and Saidur, 2013) de distinta naturaleza, destacando el TiO₂, Al₂O₃, CuO, nanotubos de carbono. Sin embargo, cuando se han realizado ensayos de dispersión de nanopartículas en este tipo de refrigerantes para **mejorar sus propiedades**, a diferencia de en otros fluidos base (como agua o etilenglicol), se observa que se produce una rápida y notable aglomeración y sedimentación de las nanopartículas (Henderson et al., 2010).

En los sistemas de refrigeración basados en el ciclo de compresión de vapor, la mayoría de las pérdidas de rendimiento del sistema se producen por la fricción de los distintos componentes del compresor, por lo que **se requiere la adición de lubricantes** para disminuir en la medida de lo posible dicha fricción (Ahamed et al., 2011). En los sistemas de refrigeración no se pueden utilizar los **aceites minerales** tradicionales como lubricantes junto con el R134a, debido a la fuerte polaridad química del RC134a. En estos casos se suelen utilizar **poliolésteres (POE)** como lubricantes. Sin embargo, debido a sus propiedades hidrosópicas e hidrolíticas pueden existir problemas en los sistemas de refrigeración que utilizan aceite POE como, por ejemplo, generación de depósitos que ahogan el flujo y aumentan la fricción en el compresor (Bi et al., 2008).

Por ello se han analizado **el uso de nanopartículas para mejorar el rendimiento de los sistemas** de refrigeración. Así, se ha observado que en el caso de las mezclas de RC134a/POE, cuando se añaden nanopartículas se mejora la transferencia de calor, que puede llegar hasta un 79% con la adición de un 0,08% (en fracción de volumen) de nanopartículas (Henderson et al., 2010).

En este sentido, además del uso de nanopartículas para mejorar las propiedades térmicas de los refrigerantes, se han realizado investigaciones para mejorar la eficiencia y la fiabilidad de los sistemas de refrigeración (Ahamed et al., 2011). Así, en el caso de refrigeradores domésticos que utilizan como refrigerante RC134a con mezcla de aceite mineral y nanopartículas, se destaca un funcionamiento normal y eficiente y un menor consumo de energía (en torno a un 25% menos) (Javadi and Saidur, 2013, Bi and Shi, 2007).

Tabla 16: Ejemplos de aplicaciones de nanopartículas en refrigerantes.

Referencia	Refrigerante	Nanopartículas	% Vol.	Resultado observado
(Sathyanarayana et al., 2010)	R123 R134a	CNT (20nm x 1µm)	1,0	Aumento en el coeficiente de transferencia de calor hasta el 36,6%
(Schroeder and Morris, 2010)	R141b	TiO ₂ (21 nm)	0,01-0,05	Deterioro de la ebullición nucleada en recintos cerrados al aumentar la concentración de partículas
(Peng et al., 2009)	R113	CuO (40 nm)	0,0-0,5	Incremento en la caída de presión por fricción en un 20,8%
(Kedzierski and Gong, 2009)	R134a	CuO (30 nm)	0,5	Mejora en el coeficiente de transferencia de calor en un 50-275%
(Singh et al., 2010)	R113	Diamante (10 nm)	0,0-0,05	Incremento del 63,4% en el coeficiente de ebullición nucleada en recintos cerrados
(Bi and Shi, 2007)	R134a	TiO ₂ (n/d)	n/d	Reducción del consumo de energía en un 7,43%
(Suri et al., 2010)	R134a	CuO (n/d)	n/d	Sin caída de presión significativa. Aumento del coeficiente de transferencia de calor en más del 100%
(Berlet et al., 2010)	NH ₃ H ₂ O	Al ₂ O ₃ (n/d) CNT (n/d)	0,06 0,08	Velocidad de transferencia de calor un 20% superior que los que no tienen nanopartículas

CNT: Nanotubos de carbono

En general, a modo de resumen se puede decir que el uso de nanopartículas en el sistema de refrigeración proporciona las siguientes ventajas (Mahbubul et al., 2013, Javadi and Saidur, 2013, Ahamed et al., 2011, Bi and Shi, 2007):

- **Mejorar las propiedades del refrigerante** (conductividad y de transferencia de calor).
- Su uso como un **aditivo** puede:
 - **aumentar la solubilidad del lubricante** en el refrigerante.
 - **disminuir el coeficiente de fricción** y la tasa de desgaste.
 - **Reducir el consumo de energía.**

En la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanomateriales para mejorar las propiedades del refrigerante R134a “nano r134a” se han identificado sólo 14 documentos,

siendo los principales países que investigan en este ámbito Estados Unidos y China. Sólo 2 de los trabajos tienen afiliación europea, en concreto de Suecia). No se han encontrado grupos de investigación españoles con estudios sobre este ámbito.

Aplicaciones de los nanopartículas en los refrigerantes R404a

No se ha encontrado información referente a aplicaciones de nanopartículas en el gas refrigerante R404a (búsqueda de palabras clave nano+r404a).

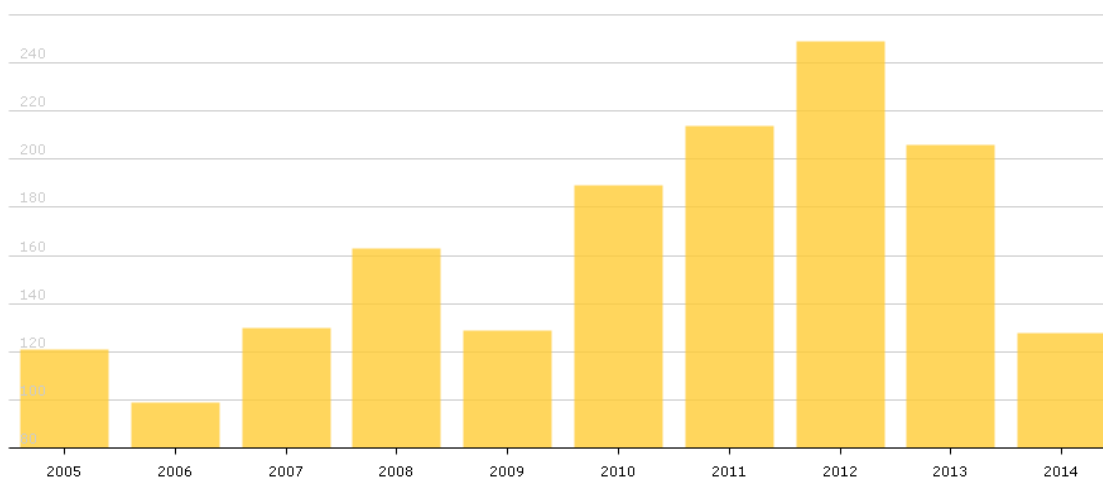


Ilustración 48: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano coolant fluid” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).

Patentes

La búsqueda “nano r134a” arroja 44 patentes. Dos de ellas eran patentes de sensor de dicho refrigerante (ver apartado Sensores en este mismo Estudio).

Se encontró también una patente de tecnología de dispersión de nanopartículas que afirma mejorar las propiedades de una larga lista de refrigerantes conocidos, entre ellos r134a y r404a:

US2006027484 (A1) - Fine particle dispersion compositions and uses thereof (WO2006017571 (A2), WO2006017571 (A3), AR055477 (A1)).

Descripción: “La presente invención se refiere a composiciones de dispersión que comprenden aceites sintéticos u otros fluidos de transferencia de calor y partículas finas. Las composiciones también comprenden al menos un dispersante. Las composiciones de dispersión han mejorado las propiedades de conductividad térmica, lo que puede traducirse en un rendimiento mejorado la eficiencia energética en una variedad de aplicaciones de transferencia de calor. Tales aplicaciones incluyen

compresión de vapor de aire acondicionado y sistemas de refrigeración de todo tipo, fluidos de transferencia de calor secundario, y otra de calefacción o refrigeración aplicaciones de fluidos“.

Con la búsqueda “nano coolant fluid” se halla que EEUU lidera la publicación de patentes con 1150, seguido muy de lejos por Japón (68). Ninguna patente de afiliación española.

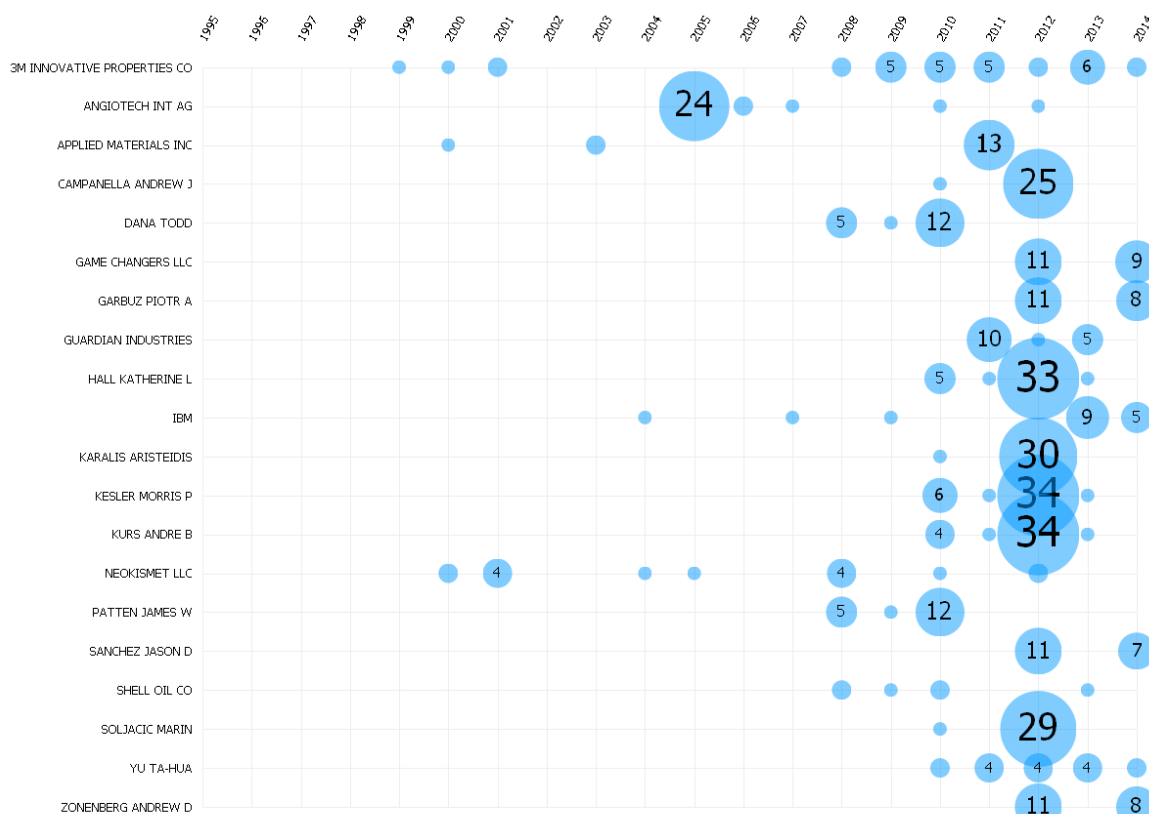


Ilustración 49: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano coolant fluid” en su título o resumen.

DAFO de aplicación de nanotecnología en refrigerantes

DEBILIDADES

- Desconocimiento de los mecanismos exactos de mejora de la transferencia de calor en los nanofluidos.
- Duración de la estabilidad de la dispersión de nanofluidos.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.
- No hay investigaciones para la aplicación de nanotecnología en el refrigerante R404a.
- Inexistencia de grupos de investigación españoles en este ámbito.

AMENAZAS

- El coste de producción de los nanofluidos.
- Producción de suficiente cantidad para su uso a nivel industrial.
- Aparición de patentes que restrinjan el uso de nuevos nanofluidos.

FORTALEZAS

- Intensa investigación en el campo de los nanofluidos. Generación continua y cuantiosa de nuevo conocimiento.
- Mayor superficie para la transferencia de calor entre las partículas y el fluido.
- Mayor estabilidad de la dispersión en comparación con las suspensiones convencionales.
- Potencia de bombeo reducida, en comparación con el líquido puro, para lograr una transferencia de calor equivalente.
- Su uso como un aditivo puede:
 - aumentar la solubilidad del lubricante en el refrigerante.
 - disminuir el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste.
 - Reducir el consumo de energía.

OPORTUNIDADES

- Disminuir el tamaño y peso de los radiadores.
- Disminuir el consumo energético de los sistemas de refrigeración.
- Mejorar la eficiencia y la fiabilidad de los sistemas de refrigeración basados en el ciclo de compresión de vapor.
- Posibilidad de ajustar las propiedades, mediante la variación de las concentraciones de partículas.
- Reducción en la formación de obstrucciones.



Sensores de gases

En general, la detección de gases es un tema de gran importancia industrial, principalmente en el ámbito del control de las emisiones industriales, de vehículos, en la seguridad doméstica y la vigilancia y en el control medioambiental. Así, se han desarrollado distintos sistemas para la detección de numerosos gases (destacando el CO₂, CO, SO₂, O₂, O₃, H₂, Ar, N₂, NH₃, H₂O y vapores orgánicos diversos (Lemieux et al., 2004, Harrison and Webb, 2001, Butnar and Llop, 2007, Abdul-Wahab et al., 2002, Jiménez-Cadena et al., 2007, Bogue, 2014)). Dicho interés se deriva normalmente de sus propiedades tóxicas y a su presencia en el entorno, principalmente como consecuencia de determinadas actividades del hombre, lo cual también fue puesto de manifiesto por el panel de expertos consultado.

Sin embargo, la baja selectividad de los sensores tradicionales o las dificultades operacionales a las que se enfrentan, han fomentado el estudio y desarrollo de materiales con nuevas propiedades. Entre ellos se encuentran los materiales desarrollados a partir de materiales tradicionales pero en un modo nanoestructurado.

En general los sensores de gases requieren de gran selectividad para cada gas, ya que en la mayoría de los casos deben ser capaces de detectarlos en matrices y muestras complejas. Además, los dispositivos deben ser, no sólo altamente sensibles y reversibles, sino también robustos. Desde el punto de vista operativo, entre otras características, deben ser compactos y tener bajos costes de fabricación.

El uso de óxidos semiconductores ha tenido un gran impacto en el desarrollo de sensores para la detección de gases. Sin embargo, la aparición de determinadas dificultades operativas (por ejemplo, trabajar a altas temperaturas) a menudo limita el uso de este tipo de materiales (Jiménez-Cadena et al., 2007). Así, como alternativa se han propuesto modificar algunos de los parámetros estructurales de los sistemas de detección, destacando el uso de materiales nanoestructurados (nanomateriales).

Entre los nanomateriales utilizados en la detección de gases se incluyen los nanotubos (principalmente de carbono), las láminas delgadas (destacando el grafeno), los nanocables de óxidos de metales semiconductores y otras geometrías de nanoestructuras alargadas (destacando las metálicas y las de diamante) y los polímeros (Bogue, 2014).

Entre las ventajas comunes al uso de cualquier nanomaterial destaca su alta relación de superficie (Bogue, 2014), lo que aumenta la superficie útil de estos y, en consecuencia favorece los fenómenos de interacción entre los gases y el sensor, lo cual finalmente provoca un aumento de la sensibilidad de detección del dispositivo. Destacamos a continuación las ventajas e inconvenientes atendiendo a (Jiménez-Cadena et al., 2007) en el uso particular de distintos nanomateriales para sensores de gases.

Tabla 17: Principales ventajas e inconvenientes de los nanomateriales utilizados en sensores de gases (Jiménez-Cadena et al., 2007).

Nanomaterial	Ventajas	Inconvenientes
Óxidos metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • La alta relación área/volumen. • Tiempos de respuesta bajos. • Alta sensibilidad. • La funcionalización con nanopartículas metálicas aumentan la sensibilidad y la estabilidad de los sensores. • Temperaturas de trabajo más bajas. • Los resultados se pueden mejorar usando procesos de recocido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las nanoestructuras requieren tratamientos posteriores, tales como calcinación y recocido, y el uso de altas temperaturas y técnicas avanzadas para la deposición de la película • Se requieren procesos adicionales de caracterización para obtener información sobre el tamaño y la forma de los materiales
Nanopartículas metálicas	<ul style="list-style-type: none"> • La capa de detección no requiere tanto material. • Algunas nanopartículas actúan como catalizadores y aumentan la velocidad del proceso de detección. • Se pueden utilizar interacciones específicas con biomoléculas para inmovilizar la capa de detección. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las nanopartículas requieren recocido y técnicas avanzadas para la deposición • Las técnicas de caracterización son caras
Complejos metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Son detectores muy selectivos ya que la detección se basa en reacciones específicas. • En muchos casos las reacciones son reversibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • La síntesis de complejos es cara.
Polímeros	<ul style="list-style-type: none"> • Las capas delgadas de polímeros proporcionan tiempos de respuesta cortos y alta reproducibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • La estabilidad y la selectividad son bajas.
Nanotubos de carbono (CNTs)	<ul style="list-style-type: none"> • Los CNT primarios tienen tiempos de respuesta y recuperación más cortos, alta sensibilidad, reversibilidad y estabilidad. • Se pueden obtener por varias técnicas (síntesis o deposición). • Respuestas a temperatura ambiente. • El envejecimiento y los procesos térmicos aumentan la sensibilidad de los sensores • Cuando óxidos metálicos se depositan en forma de nanopartículas en la superficie de los CNTs se pueden conseguir temperaturas de trabajo más bajas. • Los sensores de gases ionizados son pequeños y tienen voltajes de ionización bajos, por lo que su consumo de energía, coste y el riesgo operacional son más bajos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren procesos adicionales de purificación • Falta de selectividad para los CNT primarios. • Los CNTs son relativamente caros en comparación con otros materiales. • Las redes de CNTs disminuyen la repetibilidad de los sensores.

Los mecanismos de reconocimiento de gases incluyen procesos de:

- Absorción, en particular en óxidos metálicos y nanotubos de carbono
- Formación de macromoléculas o enlaces covalentes entre el sensor y el analito, como en algunos complejos metálicos.
- Cuando estos materiales reciben el estímulo de la capa de detección (tras el reconocimiento de la molecular/ión) se pueden generar señales, principalmente en forma de cambios en sus propiedades:
 - Eléctricas (por ejemplo, conductividad o impedancia)
 - Ópticas (por ejemplo, coeficiente de absortividad molar o índice de refracción).

En este sentido, aunque es difícil comparar la sensibilidad y la selectividad de los sensores nanométricos con sensores de mayor escala, se sugieren que el aumento de la sensibilidad o la disminución en el tiempo de respuesta del sensor está disminuye a medida que el espesor o el tamaño de las partículas disminuye de óxidos metálicos (Quercia et al., 2004, Malyshev and Pislyakov, 2003, Korotcenkov, 2005, Arshak and Gaidan, 2006).

En la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanomateriales en sensores de gases “nano sensor gas” se han identificado 2.197 documentos, de los cuales 68 tienen afiliación española.

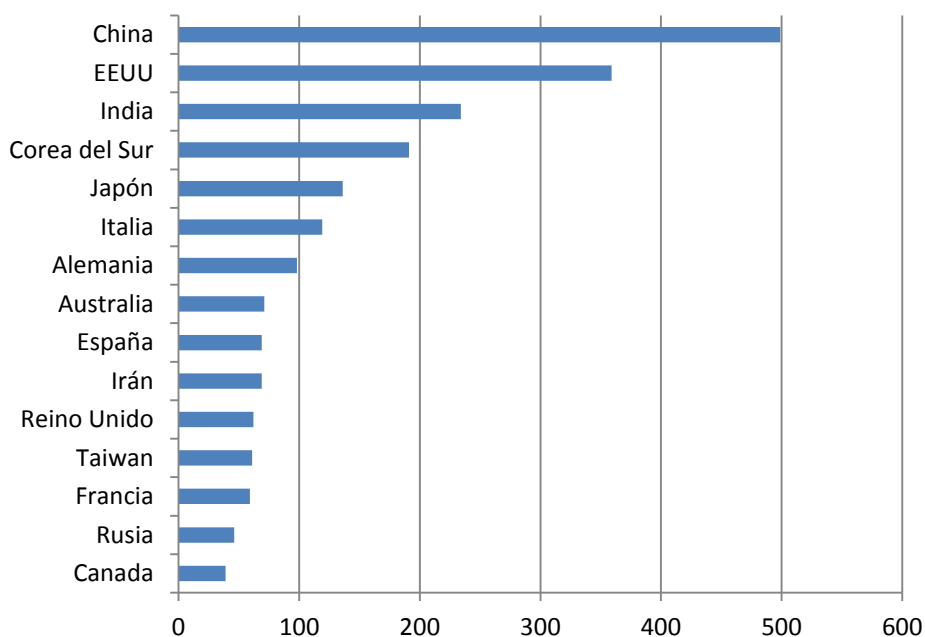


Ilustración 50: Resultados de la búsqueda de publicaciones TITLE-ABS-KEY (nano sensor gas) por países.

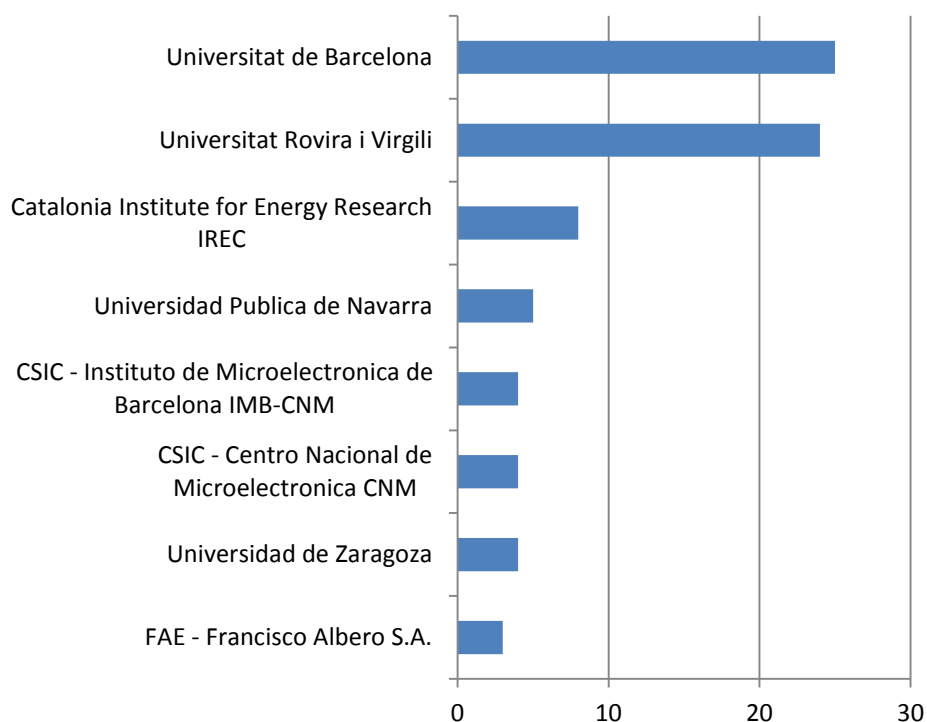


Ilustración 51: Resultados de la búsqueda TITLE-ABS-KEY (nano sensor gas) por afiliación de autoría española.



Entre las investigaciones de filiación española destaca la actividad realizada por los centros catalanes y, en especial, la de la Universidad de Barcelona (25 trabajos) y la de la Universidad Rovira i Virgili (24 trabajos). De dichos centros destacan los investigadores Joan Ramón Morante (18 trabajos) de la Universidad de Barcelona y Eduard Llobet (16 trabajos) de la Universidad Rovira i Virgili. En la tabla 2 se recogen los principales centros españoles que han publicado en éste ámbito.

Es de destacar la aportación del Grupo de I+D en sensores de gases (GRIDSEN), la Dra. Isabel Sayago Olmo es desde 2001, investigadora del Grupo de Sensores del CSIC del Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información. Ha participado en más de 25 proyectos de investigación relacionados con el desarrollo de prototipos de sensores (resistivos y gravimétricos) para la detección de gases y/o vapores. Los diferentes sensores desarrollados han sido aplicados en el control del medioambiente (aire, agua, suelo), en el control de la calidad de los productos alimenticios (alimentos, bebidas), en la seguridad civil (detección de agentes de guerra biológica y química) y en la salud (detección de compuestos orgánicos volátiles presentes en alguna enfermedades). Su actividad investigadora se centra en el diseño y desarrollo de sensores de gases como sensores resistivos, SAW y de ondas Love, con resultados interesante entre otros en la detección de NOx (Sayago et al., 2005, Sayago et al., 2008, Sayago et al., 2007, Sayago et al., 1995, Sayago et al., 2013, Matatagui et al., 2014). Actualmente, su interés se centra en la investigación y el desarrollo de nanoestructuras semiconductoras nanohilos, nanofibras, así como nuevos nanomateriales nanotubos de carbono, el grafeno o materiales compuestos (nanocomposites). Todos estos materiales

nanoestructurados son candidatos interesantes para ser utilizados como películas sensibles a la presencia de gases o vapores, y son la clave para el desarrollo de nuevos dispositivos sensores con rendimiento superior a los sensores de gas convencionales.

Cabe destacar la existencia de la red IBERNAM. IBERNAM se configura como la Red Española en Micro y Nanosistemas, asociación Nacional sin ánimo de lucro, inspirada en la asociación anteriormente denominada Grupo Español de Sensores (GES), e integra a los principales grupos nacionales procedentes de Universidades, Centros Públicos y Privados de Investigación, Centros Tecnológicos y Empresas con actividad acreditada en las citadas Áreas científicas y tecnológicas. Actualmente está formada por 27 Grupos Nacionales, con fuerte actividad, contrastada por los proyectos competitivos Nacionales, Internacionales, Industriales, Regionales y contratos de los Grupos. El espíritu de esta colaboración se orienta hacia la aplicación industrial de los nano-microdispositivos, propiciando y participando además en proyectos que permitan profundizar en la adquisición de las habilidades precisas en nanotecnologías que asegure, a medio plazo, su desarrollo en aplicaciones industriales.

IBERNAM es pues un importante foco dinamizador, al cual acudir para recabar información en el caso de composición de consorcios de proyectos de I+D, celebración de jornadas entre el sector de la refrigeración y la climatización y posibles proveedores de nanotecnología, etc.

Adicionalmente, y si bien no directamente relacionado con nanomateriales, también cabría citar al Grupo de Transductores Químicos adscrito al Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM, adscrito al CSIC) tiene dilatada experiencia en la resolución de problemas analíticos convencionales mediante sensores fabricados con tecnología microelectrónica, así como en el diseño de nuevos transductores (bio)químicos basados en diferentes materiales y métodos de interacción y su adaptación a los requerimientos del mercado. Este grupo es un referente en el Área de los sensores químicos de estado sólido obtenidos mediante tecnología de silicio.

Así mismo son de relevancia las investigaciones llevadas a cabo por el Dr. Eduard Llobet, al frente del Grupo MINOS (Microsistemas y nanotecnologías para el análisis químico), en la Universidad Rovira i Virgili (Tarragona), en concreto en el uso de nanomateriales con base en carbono para la fabricación de sensores (Llobet, 2013, Leghrib et al., 2011). Actualmente, las líneas de investigación del Grupo MINOS son:

1. Fabricación y caracterización de sensores de gases basados en nanomateriales:

- Nanotubos de carbono funcionalizados con nanopartículas de metal u óxidos metálicos mediante tratamientos con plasmas reactivos;
- Nanohilos de óxidos metálicos puros o decorados con nanopartículas de metal crecidos mediante deposición química en fase vapor asistida por aerosol;
- Nanocolumnas y nanotubos de óxidos metálicos obtenidos mediante técnicas de anodización;
- Integración bottom-up de los materiales citados anteriormente en dispositivos MEMS.

2. Fabricación y caracterización de biosensores para la detección de patógenos empleando electrodos modificados con nanotubos de carbono
3. Desarrollo de aplicaciones de sistemas multisensor en ámbitos de medio ambiente, seguridad alimentaria y salud.

En el ámbito andaluz, sólo se han encontrado dos trabajos en este ámbito: uno publicado por la Universidad de Granada, sobre la aplicación de nanocomposites para la detección de oxígeno (Medina-Rodríguez et al., 2013), y otro publicado por la Universidad de Sevilla, sobre aplicaciones de nanopartículas de WO_3 para la detección de gases de NH_3 (Jiménez et al., 2003).

Uso de nanomateriales en sensores de gases de NOx

Los óxidos de nitrógeno (NOx) forman un importante grupo de gases, siendo los más importantes por sus efectos el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2) por sus efectos sobre el medioambiente y la salud humana. Su naturaleza contaminante se debe principalmente a que por un lado destruyen la capa de ozono atmosférica (actúan como catalizadores de la descomposición del ozono) y a que se transforman en la atmósfera en ácido nítrico y/o nitratos (los cuales son arrastrados por el agua de lluvia formando parte de las lluvias ácidas). Por otro lado, sus efectos sobre la salud humana suelen ser de tipo respiratorio, leve a las concentraciones usuales presentes en la atmósfera (irritación de mucosas), aunque a concentraciones superiores pueden provocar bronquitis ($<50 \text{ mg/m}^3$) e incluso neumonía ($<280 \text{ mg/m}^3$).



Como se ha citado anteriormente, los NOx son un grupo de compuestos químicos que han sido objeto de la aplicación de nanomateriales en el desarrollo de nuevos sensores.

En la tabla 3 se incluyen algunos ejemplos y características de sensores de NOx basados en nanomateriales. Como se puede observar, existe una amplia gama de sensores para NOx (principalmente centrados en la detección de NO_2) diseñados para trabajar en las más diversas condiciones de temperatura (desde temperatura ambiente hasta más de 300°C) y que pueden determinar concentraciones de hasta aproximadamente 1 ppb de NO_2 . Respecto a los tiempos de respuesta, también se observa un rango elevado, que va desde 1 a 25 min.

Tabla 18: Ejemplos y características de sensores de NOx basados en nanomateriales.

Nanomaterial	Límite de detección	Temperatura de trabajo (°C)	Tiempo de respuesta
CNTs no funcionalizados	2 ppm NO ₂ (Kong et al., 2000) 44 ppb NO ₂ (Li et al., 2003) 1 ppb NO ₂ (Li et al., 2005) 100 ppb NO ₂ (Goldoni et al., 2003) 10 ppb NO ₂ (Valentini et al., 2003)	Temperatura ambiente (Li et al., 2005) 25-215 (Valentini et al., 2003)	1,2 min (Kong et al., 2000)
CNTs funcionalizados con polímeros	500 ppm NO ₂ (An et al., 2004)	No consta	No consta
CNTs funcionalizados con nanopartículas metálicas	500 ppb NO₂ (Bittencourt et al., 2006)	Temperatura ambiente (Bittencourt et al., 2006)	1-2 min (Bittencourt et al., 2006)

Partes por millón (x 10⁻⁶): ppm; Partes por billón (x 10⁻⁹): ppb

Tabla 19: Ejemplos y características de sensores de NOx basados en nanomateriales.

Nanomaterial	Límite de detección
Nanotubos individuales de TiO₂	12,5 ppm NO ₂
Nanotubos de TiO₂ (arrays).	2,5 ppm NO ₂
Red tridimensional de grafeno resistiva.	20 ppm NO ₂
Grafeno en mono y multicapa en SiC.	2,5 ppm NO ₂
Lámina de grafeno tratada con ozono.	1,3 ppb (aprox.) NO ₂
Nanocables de CdO	NO ₂
Nanocables de TeO₂	NO ₂

Partes por millón (x 10⁻⁶): ppm; Partes por billón (x 10⁻⁹): ppb

Tabla 20: Ejemplos y características de sensores de NOx basados en nanomateriales (2).

Nanomaterial	Límite de detección	Temperatura de trabajo (°C)	Tiempo de respuesta	Referencia
ZnO	1 ppm NO ₂	350	3-6 min	(Cho et al., 2006b)
Óxido de grafeno reducido	5 ppm NO ₂	Temperatura ambiente	> 10 min	(Fowler et al., 2009)
Grafeno funcionalizado con ZnO-GrO	5 ppm NO	Temperatura ambiente	25 min (aprox)	(Singh et al., 2012)

Respecto a la búsqueda de literatura científica sobre la aplicación de nanomateriales en sensores de gases específicos para NOx “nano sensor nox” se han identificado 34 documentos de interés, de los cuales sólo 2 tienen afiliación española y, en concreto, a la empresa FAE (Francisco Albero S.A.U.) que diseña y fabrica productos eléctricos y electrónicos para el automóvil.

Uso de nanomateriales en sensores de gases refrigerantes fluorados (R134a y R404a)

Desafortunadamente, no se encuentra en la literatura científica desarrollos específicos de sensores utilizando nanotecnología para los refrigerantes R134a, R404a (los comentados como más relevantes para el sector por el panel de expertos). Sí se han encontrado algunas mejoras de la funcionalidad de estos refrigerantes con el uso de nanopartículas. Más información sobre estos trabajos puede hallarse en el apartado dedicado a refrigerantes de este mismo Estudio.

Sin embargo, es relevante comentar un estudio de (Chen and Xu, 2011) sobre sensores de R134a basados en SnO₂, en el que, aunque se utilizan partículas en la mesoescala (la inmediatamente superior a la nanoescala), estaría en la frontera de dicha consideración dimensional.

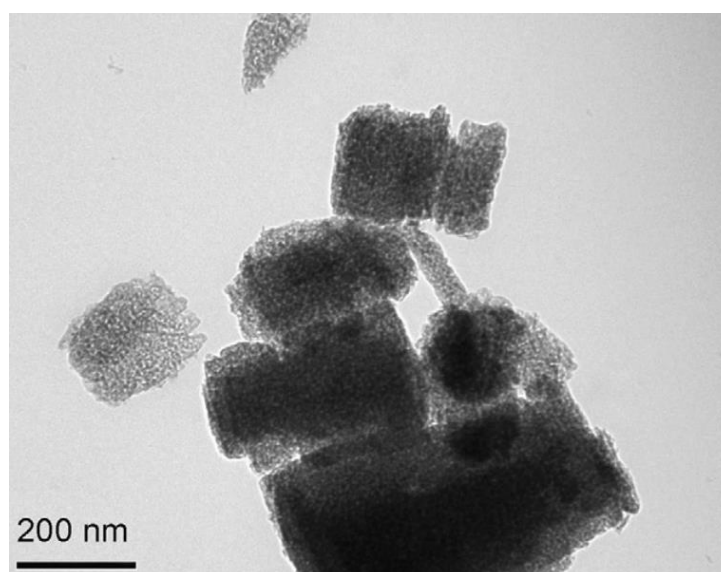


Ilustración 52: Partículas nanoporosas de Al₂O₃ utilizadas como base para sensores de R134a en (Chen and Xu, 2011).

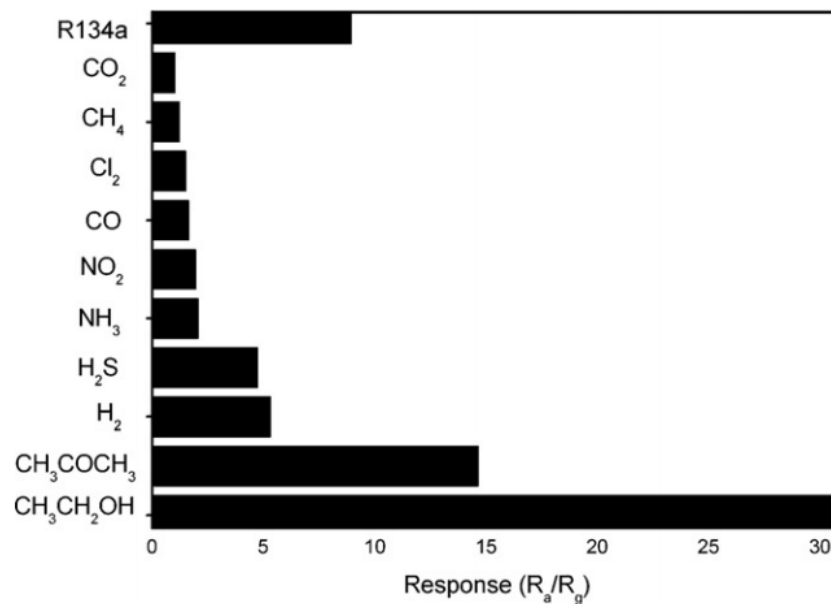


Ilustración 53: Comparación de respuesta del sensor de $\text{SnO}_2 (\text{Au})/\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Au})$ a diferentes gases a 100 ppm según (Chen and Xu, 2011). La respuesta (R_a/R_g) es el cociente entre la resistencia eléctrica del sensor en aire y el sensor en presencia del gas.

Patentes

La búsqueda “nano r134a sensor” en título y abstract de patentes arroja 19 resultados pero sólo dos patentes de sensores de dicho refrigerante,

CN102064277 (A) - Method for preparing gas sensitive element of R134a refrigerant gas sensor. Únicamente publicada en China en 2011, utilizando Al_2O_3 nanoporoso dopado con Pt.

CN101368930 (A) - Production method for sensitive material and gas-sensitive element of halogen refrigerant detection sensor. Únicamente publicada en China en 2011, utilizando SiO_2 nanoporoso dopado con Pt.

La búsqueda “nano r404a sensor” no arrojó ningún resultado.

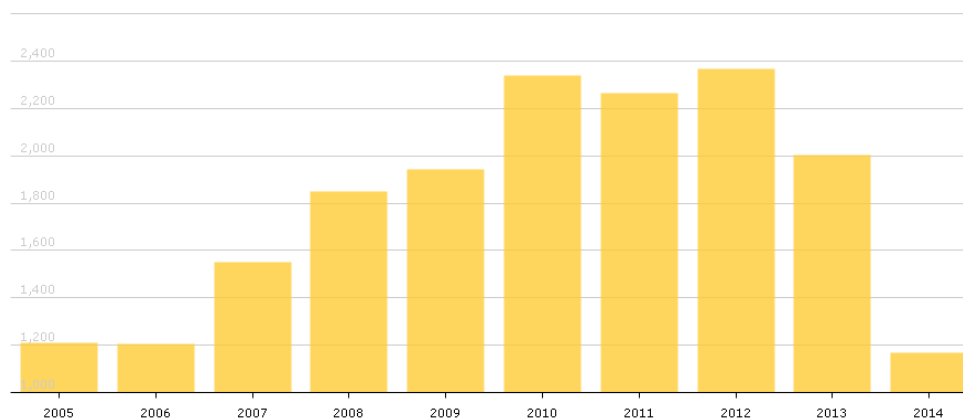


Ilustración 54: Evolución de número de patentes publicadas que atienden a la búsqueda “nano sensor gas” en su título o resumen en los últimos diez años (téngase en cuenta que las patentes tardan unos dos años en publicarse).



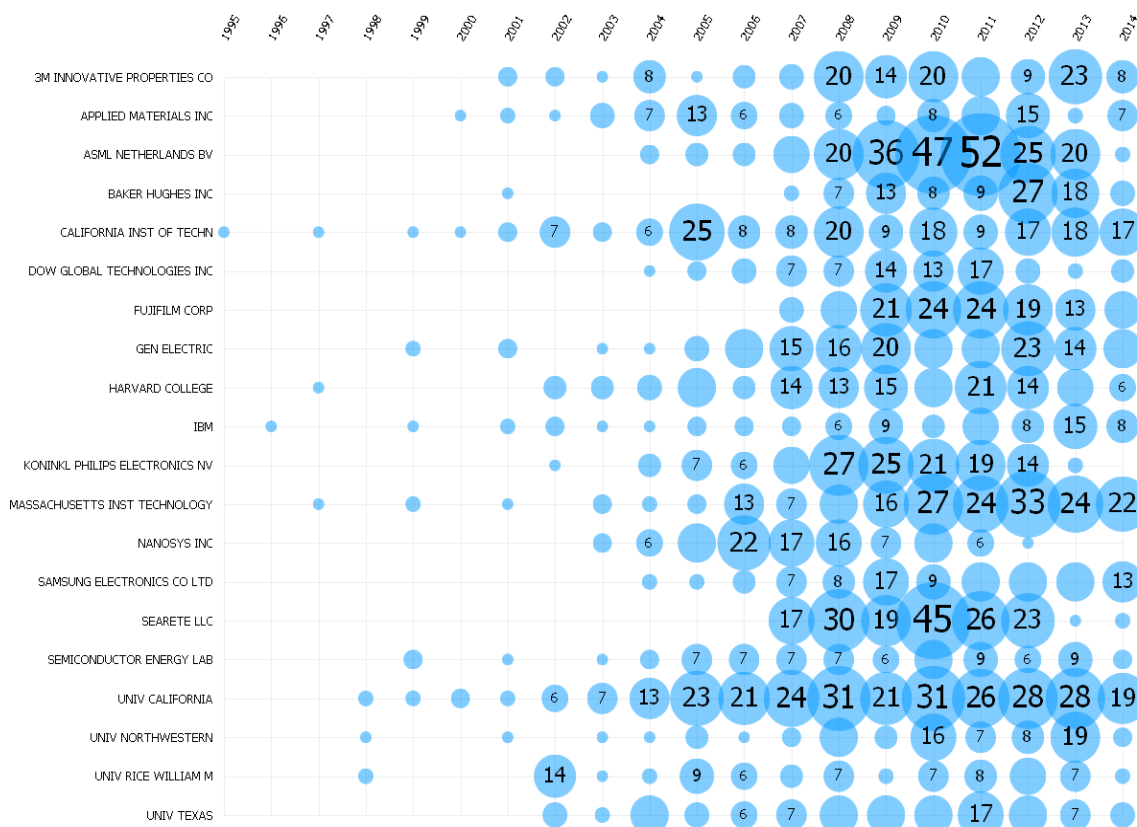


Ilustración 55: Mayores solicitantes de patentes en los últimos 20 años que atienden a la búsqueda “nano sensor gas” en su título o resumen.

Con la búsqueda “nano sensor gas” en título o resumen de patente se encontró, de afiliación española y que sean de interés para este Estudio, se encuentra:

ES2393586 (A1): SENSOR ELECTROQUIMICO PARA LA MEDICION DE CONCENTRACION DE GASES Y PROCEDIMIENTO PARA SU FABRICACION

Inventores: CASTANO CARMONA ENRIQUE [ES]; HERRAN PLANCHUELO JAIME [ES]; GARCIA MANDAYO GEMMA [ES]; ROJO ESTEBAN LANDER [ES] + (CASTANO CARMONA, ENRIQUE, ; HERRAN PLANCHUELO, JAIME, ; GARCIA MANDAYO, GEMMA, ; ROJO ESTEBAN, LANDER)

Solicitante: CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES TECNICAS (CEIT)

Descripción: Sensor electroquímico para la medición de concentración de gases y procedimiento para su fabricación, en donde el sensor electroquímico presenta un electrolito sólido (3) de zirconia estabilizada que está depositado en forma de película delgada sobre un sustrato (1) cerámico, y sobre el mismo plano horizontal que define la superficie del electrolito sólido (3) están depositados dos electrodos en forma de película delgada, un primer electrodo (4) sensible al gas a medir y un segundo electrodo (5) de referencia de platino, presentando ambos electrodos (4 y 5) una

respuesta idéntica ante variaciones de oxígeno, de manera que se induce una fuerza electromotriz entre los dos electrodos (4 y 5) a través del electrolito sólido (3), la cual es directamente proporcional a la concentración de gas a medir.

WO2006119986 (A1) - METAL OXIDE MEMBRANE WITH A GAS-SELECTIVE COMPOUND.

Inventores: SPICHIGER-KELLER URSULA [CH]; SPICHIGER STEPHAN [CH]; FERNANDEZ-SANCHEZ JORGE FERNAN [ES] (miembro del Grupo de Investigación FQM-297 del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada)

Solicitantes: EIDGENOESSICHE TECH HOCHSCHULE [CH]; UNIV GRANADA [ES]; SPICHIGER-KELLER URSULA [CH]; SPICHIGER STEPHAN [CH]; FERNANDEZ-SANCHEZ JORGE FERNAN [ES].

Descripción: “La invención se refiere a una membrana permeable a los gases para la medición óptica de la presión parcial y / o la concentración de una especie de gas, la membrana comprende una matriz de la membrana porosa iluminación transmisible que contiene un óxido de metal en el que la matriz de la membrana es al menos parcialmente cargada con al menos un compuesto selectivo de gas, cuyas características ópticas cambiar a una interacción con una especie de gas correspondientes. El diámetro medio de poro de los poros de la matriz de la membrana varía de 1 a 50 nanómetros, el volumen total de poros de 1 a 30 ml / m² y el óxido metálico es pseudo-boehmita con la fórmula general Al₂O₃ * n H₂O, en donde n varía desde 1 a 1,5, o un oligómero de alúmina. Además, la invención se refiere al uso de la membrana para la medición de la presencia, la presión parcial y / o la concentración de un gas, por ejemplo, en frascos y bolsas de cultivo, en atmósferas de gas, incubadoras, dispositivos médicos, soluciones, vapores y gases de escape. En otro aspecto, la invención proporciona un método para la fabricación de la membrana según la invención.”

DAFO de aplicación de nanotecnología en sensores para gases

DEBILIDADES

- Práctica inexistencia de grupos de investigación españoles dedicados actualmente al estudio de sensores de gases NO_x o refrigerantes.
- Legislación particularmente restrictiva en cuanto a manipulación y uso de nanomateriales.

AMENAZAS

- Aparición de patentes que restrinjan el uso.

FORTALEZAS

- Existencia de nanosensores para NOx.
- Existencia de grupos de investigación andaluces que han desarrollado sensores para gases utilizando nanotecnología.

OPORTUNIDADES

- Disminuir el tamaño de los sensores.
- Aumentar la precisión de los sensores.
- Utilización de un mismo sensor para detectar distintos gases.
- Desarrollo de materiales autorreparables para fugas de gases refrigerantes.

PREDICCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS

Factores con influencia en el diseño de escenarios en la aplicación de nanotecnología en el sector

En lo que sigue se recogen los factores político/legales, socioculturales, tecnológicos y económico/comerciales que pueden influir en la evolución de la aplicación de las Áreas Tecnológicas seleccionadas en el sector, para lo cual se ha tomado como base principal el Plan estratégico del sector de la refrigeración y la climatización de Andalucía (AFAR, 2013).

Factores político/legales

Entre estos factores podemos destacar los relacionados con el endurecimiento de las normativas relacionadas con la:

- Protección del medioambiente: La legislación va restringiendo, cada vez más, las sustancias que pueden ser utilizadas como fluidos refrigerantes, principalmente por su efecto dañino sobre la capa de ozono y, por tanto, por su potencial para aumentar el calentamiento global.
- La legislación aplicable a los aspectos de los nanomateriales ligados a la salud, la seguridad y el medio ambiente es, simultáneamente, la relativa a las sustancias químicas, la protección de los trabajadores, los productos y la protección del medio ambiente.
- El Reglamento REACH regula de manera exhaustiva la fabricación, la introducción en el mercado y el uso de las sustancias químicas, tanto por sí solas como en preparados o productos. Este Reglamento se basa en el principio de que corresponde a los fabricantes, importadores y **usuarios intermedios** garantizar que solo fabrican, introducen en el mercado o usan sustancias que no afectan negativamente a la salud humana o al medio ambiente. Sus disposiciones se basan en el principio de precaución.
- El Reglamento REACH no contiene disposiciones que se refieran de manera explícita a los nanomateriales, los cuales, no obstante, entran en el ámbito de la definición de «sustancia» contenida en el Reglamento.
- La Directiva marco 89/391/CEE6 impone a los empresarios una serie de obligaciones a fin de que adopten las medidas necesarias para la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores. Esta Directiva se aplica a todas las sustancias

y actividades laborales que implican la fabricación y utilización de productos químicos en todos los niveles del proceso de producción, con independencia del número de trabajadores concernidos y de la cantidad de los materiales producidos o las tecnologías utilizadas.

- La Directiva marco es plenamente aplicable a los nanomateriales. Por tanto, los empresarios deben realizar una evaluación de riesgos y, si se detecta un riesgo, deben adoptar medidas para eliminarlo.
- En definitiva, es aplicable al manipular nanomateriales (y evidentemente esto incluye fases de demostración en proyectos de I+D) lo contemplado en la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo y al Comité Económico y Social Europeo “Aspectos Reglamentarios de los Nanomateriales” [SEC(2008) 2036].
- Reducción del consumo de energía: Actualmente existe una tendencia de fomento, no sólo del ahorro en el consumo energético, si no del uso de las energías renovables. El principal objetivo de estas políticas son, por un lado, fomentar el ahorro (haciendo un uso racional de los recursos y reduciendo costes) y, por otro, disminuir los efectos medioambientales perjudiciales asociados al consumo energético (agotamiento de los recursos no renovables, disminución de emisiones perjudiciales para el medioambiente, etc.).

Nota: En Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials de la OCDE pueden encontrarse exhaustivas guías para la manipulación de nanomateriales tanto en ambiente de trabajo como para la ejecución de ensayos.

<http://www.oecd.org/env/ehs/nanosafety/publicationsintheseriesonthesafetyofmanufacturednanomaterials.htm> .

Factores socioculturales

Entre estos factores podemos destacar los relacionados con el aumento de:

- **La conciencia ecológica:** cada vez más existe entre la población una conciencia de protección del medioambiente, principalmente como consecuencia de la difusión de los peligros ocasionados por el cambio climático. A ello hay que sumar la difusión que se hace actualmente de las virtudes de la eficiencia en el consumo de energía de los distintos sistemas, como por ejemplo la etiqueta energética, donde se refleja de forma sencilla la eficiencia en el consumo de energía de los electrodomésticos.

- **El consumo de productos congelados/refrigerados:** en los últimos años se observa que la venta, y por tanto la fabricación, de estos productos tiene un papel importante en la cesta de la compra.

Por otra parte, el prefijo “nano” puede provocar tanto una atracción para el consumidor a nivel de márketing, ya que lo percibe como algo innovador, como, en mucha menor medida en la sociedad andaluza, “posible riesgo para la salud”.

Factores tecnológicos

Entre estos factores podemos destacar los surgidos como consecuencia de los anteriormente citados, en concreto, **el desarrollo y aplicación de:**

- **Fluidos/gases refrigerantes menos contaminantes:** principalmente como consecuencia de las nuevas legislaciones, el sector se ha visto forzado a la sustitución de los utilizados tradicionalmente por otros que cumplan con los requerimientos actuales.
- **Equipos que con mayor ahorro y eficiencia energética:** los elevados y fluctuantes costes energéticos, así como las nuevas políticas ha fomentado el desarrollo de equipos cada vez más eficientes y de menor consumo energético.
- **Equipos que se ajusten a las nuevas necesidades expresadas por el mercado:** los mercados actuales, cada vez con más frecuencia, demandan nuevos productos que se adecúen a las nuevas necesidades.

Factores económico/comerciales

Entre estos factores podemos destacar los derivados de:

- **Demanda:** condicionada principalmente por el estado de madurez y la situación económica global de los sectores diana condiciona en gran medida la actividad del sector.
- **Costes:** condicionado principalmente por el coste de las materias primas (principalmente metales como el cobre) y el consumo de energía.
- **Inversiones:** el tamaño de las organizaciones condiciona en muchos casos el que se puedan afrontar las inversiones necesarias para los desarrollos de nuevos productos (normalmente mediante proyectos de I+D+i, ya sean a nivel interno o en colaboración con centros de investigación) o la adquisición/aplicación de nuevas tecnologías disponibles en el mercado.
- **Competencia:** condicionado principalmente por la aparición de productos de bajo coste producidos en terceros países.

Escenarios futuros

En base a los DAFOs elaborados para cada Área Tecnológica y a los mencionados factores político/legales, socioculturales, tecnológicos y económico/comerciales que pueden influir en la evolución de la aplicación de cada Área en el sector, y teniendo en cuenta el grado de maduración a nivel mundial, español y andaluz de cada Área a nivel científico y técnico (ver tabla siguiente), se han establecido los escenarios futuros *Pesimista*, *Optimista* y *Más Probable* para cada Área.

Al valorar el grado de maduración de cada Área se ha tenido en cuenta tanto la producción científica fundamental como la de aplicaciones más cercanas al mercado, y en el caso de España y Andalucía la mera existencia de grupos de investigación relacionados con el Área en cuestión.

Recuérdese que todo lo referente a las Áreas es siempre concerniente al uso de nanotecnología en las mismas.

Tabla 21: Grado de maduración de las nanotecnologías aplicadas a las distintas Áreas tecnológicas de interés para el sector.

Área Tecnológica	Global	España	Andalucía
Refrigerantes	Medio	Muy bajo	Muy bajo
Aislantes	Alto	Medio	Medio
Antiescarcha	Alto	Medio	Bajo
Filtros	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Nanocomposites	Muy alto	Alto	Medio
Sensores de gas	Medio	Medio	Muy bajo
Conductores térmicos	Medio	Muy bajo	Muy bajo
Nuevos ciclos	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Refractarios	Medio	Bajo	Muy bajo
Recubrimientos	Muy alto	Alto	Medio

Refrigerantes

Escenario Pesimista

No aparecen grupos de investigación en España en esta área.
Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos refrigerantes elevando los costes de los mismos.
Se descubren problemas para la salud derivados del uso de nanomateriales en refrigerantes.
No aparecen tecnologías de producción masiva.

Escenario Optimista

Aparecen varios grupos de investigación en España en esta área.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Aparecen tecnologías de producción masiva.
Aumenta la eficiencia de la generalidad de equipos.

Más probable

Aparece algún grupo de investigación en España en esta área. Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Algunas empresas grandes comienzan a usar los nuevos refrigerantes, marcando un salto de eficiencia energética respecto al resto.

Aislantes

Escenario Pesimista

Se descubren problemas derivados de la degradación con el tiempo de los aislantes con base nanoestructurada.
No aparecen tecnologías de producción masiva.
Aparecen oligopolios que restringen el uso de estas nanotecnologías mediante patentes.

Escenario Optimista

Grupos andaluces de investigación patentan novedosos aerogeles que incluyen nanomateriales.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Se demuestra la no degradación en el tiempo de los aerogeles.

Más probable

Avances en grupos de investigación andaluces en el campo de los aerogeles nanoaditivados
Surgen algunos proyectos de I+D en Andalucía que derivan en patentes de nuevos aislantes en el campo de la nanotecnología.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Se comienzan a comercializar aislantes que incorporan nanotecnología a escala industrial.

Antiescarcha

Escenario Pesimista

No aparecen grupos de investigación en España en esta Área dedicados a metales.
Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos refrigerantes elevando los costes de los mismos.

No aparecen tecnologías de producción masiva.

Escenario Optimista

Aparecen varios grupos de investigación en España en esta área.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Aparecen tecnologías de producción masiva.
Aumenta la fiabilidad de la generalidad de equipos.
Estos recubrimientos se revelan muy duraderos en el tiempo.

Más probable

Aparece algún grupo de investigación en España en esta área. Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Aparecen tecnologías de aplicación a escala industrial de estos recubrimientos.
Aumenta la fiabilidad de los equipos de grandes compañías, estableciéndose una brecha tecnológica con las empresas que no disponen de este conocimiento.

Filtros

Escenario Pesimista

Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos filtros elevando los costes de los mismos.
El conocimiento generado en los próximos años sigue siendo disperso y no se apuntan grandes tendencias.

Escenario Optimista

Aparecen varios grupos de investigación en España en esta área.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.

Más probable

Continúa la evolución a nivel nacional de manera lenta, conocimiento escaso y disperso a nivel nacional.
Grandes avances en filtración de agua.
Surgen algunas nanotecnologías aplicables a filtrado, cuyas patentes estarán en manos de las empresas desarrolladoras.

Nanocomposites

Escenario Pesimista

Se descubren problemas para la salud derivados del uso de nanocomposites que impiden su uso.

Escenario Optimista

Grandes sinergias a nivel nacional entre grupos de investigación y empresas.
Aplicación generalizada de nanocomposites en componentes mecánicos de equipos.
Aumenta la eficiencia de la generalidad de equipos.

Más probable

Número significativo de proyectos de I+D entre grupos de investigación y empresas para desarrollo de nanocomposites personalizados.
Aparición regular de materiales autorreparantes para diversas aplicaciones.
Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.
Muchas empresas comienzan a utilizar nanocomposites en algún elemento de sus equipos.
Se generaliza su uso en la industria.

Se descubre que algún nanocomposite en particular presenta problemas para la salud humana al degradarse, no constituyendo un problema generalizado y siendo fácilmente sustituido por otro.

Sensores de gas

Escenario Pesimista

No aparecen grupos de investigación en España en sensorización para fugas de NOx o refrigerantes.

Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos refrigerantes elevando los costes de los mismos.

Escenario Optimista

Sinergia de las empresas con grupos de investigación andaluces para desarrollo de sensores ad hoc para el sector.

Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables.

Más probable

Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos refrigerantes elevando los costes de los mismos.

Bajada de costes y generalización de su uso a más largo plazo (>10 años)



Mecanismos de transferencia de calor
<p>Escenario Pesimista Continúa la dispersión de investigaciones en España y la casi nula en Andalucía en este ámbito.</p>
<p>Escenario Optimista Aparecen varios grupos de investigación en España en esta área. Aumenta la eficiencia energética de la generalidad de equipos.</p>
<p>Más probable Aparece algún grupo fuerte de investigación en España en esta área, asociado al ámbito de captación de energía solar. Aparición puntual de alguna nanotecnología innovadora para algún mecanismo de transferencia de calor (exceptuamos nanofluidos, ver escenarios para “Refrigerantes”, y conductores).</p>

Nuevos ciclos
<p>Escenario Pesimista No aparecen grupos de investigación en España en esta área. No aparecen tecnologías de producción masiva. La investigación de nanotecnología en nuevos ciclos de refrigeración continúa restringido a refrigeración de nanosistemas.</p>
<p>Escenario Optimista Aparece algún grupo de investigación en España en esta área. Aparecen un nuevo ciclo de refrigeración en la macroescala, que deba sus propiedades a los fenómenos que se producen en la nanoescala.</p>
<p>Más probable No aparecen grupos de investigación en España en esta área. No aparecen tecnologías de refrigeración a nivel macro que usen fenómenos de la nanoescala. La investigación de nanotecnología en nuevos ciclos de refrigeración continúa restringido a refrigeración de nanosistemas.</p>

Refractarios
<p>Escenario Pesimista Se descubren problemas para la salud derivados del uso de nanomateriales en refractarios. No aparecen tecnologías de producción masiva.</p>
<p>Escenario Optimista Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables. Aparecen tecnologías de producción masiva. Aumenta la eficiencia de la generalidad de equipos que utilicen materiales refractarios.</p>
<p>Más probable Sinergia media entre grupos de investigación y algunas empresas españolas usuarias de refractarios. Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables. Se generaliza el uso de refractarios que incorporen nanotecnología.</p>

Recubrimientos (distintos de antiescarcha)
<p>Escenario Pesimista Aparecen patentes poseídas por un oligopolio que restringen el uso de nuevos refrigerantes elevando los costes de los mismos.</p>
<p>Escenario Optimista Gran sinergia entre varios grupos de investigación en España en esta Área con empresas usuarias, sobre todo en protección contra corrosión. Aparecen familias de aplicaciones, cuyas patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables. Aparecen tecnologías de aplicación masiva de recubrimientos contra corrosión utilizando nanotecnología. Aumenta la fiabilidad de la generalidad de equipos.</p>
<p>Más probable Gran sinergia entre varios grupos de investigación en España en esta Área con empresas usuarias, sobre todo en protección contra corrosión. Aparecen familias de aplicaciones, cuyas diferentes patentes están en manos de diversos competidores que estén por ello obligados a mantener precios razonables. Generalización del uso de nanoportadores como protección contra la corrosión.</p>

▶▶▶ PROVEEDORES DE NANOTECNOLOGÍA PARA EL SECTOR

Se ha efectuado una extensa búsqueda de las empresas, centros tecnológicos y grupos de investigación universitarios que en la actualidad poseen productos o servicios de nanotecnología aplicables al sector en alguna de las Áreas tecnológicas de interés, y/o que estén dispuestos a participar en proyectos de I+D para generar el conocimiento requerido o transferir dicha tecnología. Se ha utilizado para ello la unión de los dos catálogos más exhaustivos existentes en la actualidad en España, el Catalogue of Nanoscience & Nanotechnology Companies in Spain 2013 (editado por la Fundación Phantoms; en la actualidad se está elaborando el catálogo de 2014) y el Directorio Entidades Nanotecnología España 2014 (Editado por PRODINTEC).

Se filtraron de entre todas las elementos incluidos en estos catálogos aquellos que pudieran ser de interés para el sector (eliminando, pues, entidades dedicadas a aspectos de Biología, Medicina, investigación fundamental, etc.), y se contactó con ellos para recabar su posible ofrecimiento de producto, servicio y/o disponibilidad de colaborar en proyecto de I+D en las Áreas de interés.

La lista de proveedores contactados de los que se obtuvo respuesta puede consultarse en el Anexo III. No es exhaustiva en tanto que hubo proveedores con los que fue imposible contactar, ya fuera mediante repetidos correo electrónico o telefónicamente. A continuación se recoge un resumen de dicha lista, clasificado por tipo de proveedor.

EMPRESAS	Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable	Dispuestos a colaborar en proyectos de I+D
Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.	5	12
Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.	4	11
Nuevos materiales conductores de calor.	8	17
Nuevos refrigerantes.	1	6
Nuevos recubrimientos.	14	20
Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.	3	7
Sensorización.	9	11
Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.	12	17

CENTROS DE INVESTIGACIÓN	Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable	Dispuestos a colaborar en proyectos de I+D
Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.	0	8
Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.	0	6
Nuevos materiales conductores de calor.	2	8
Nuevos refrigerantes.	0	4
Nuevos recubrimientos.	1	9
Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.	0	4
Sensorización.	3	7
Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.	0	5

CENTROS TECNOLÓGICOS	Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable	Dispuestos a colaborar en proyectos de I+D
Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.	1	12
Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.	2	6
Nuevos materiales conductores de calor.	1	10
Nuevos refrigerantes.	0	4
Nuevos recubrimientos.	11	11
Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.	0	6
Sensorización.	7	12
Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.	8	13

GRUPOS DE UNIVERSIDADES	Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable	Dispuestos a colaborar en proyectos de I+D
Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.	2	6
Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.	2	6
Nuevos materiales conductores de calor.	2	5
Nuevos refrigerantes.	0	3
Nuevos recubrimientos.	2	5
Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.	0	3
Sensorización.	1	6
Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.	2	6



UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA EL SECTOR

Como es bien sabido el concepto de sostenibilidad descansa sobre tres grandes pilares: el económico, el medioambiental y el social.

Este Estudio de prospectiva tecnológica se ha centrado en la búsqueda de avances que permitan el desarrollo de materiales y equipos más eficientes energéticamente, más respetuosos con el medioambiente, y que alcancen desempeños mejores que los de la competencia, de manera que este salto cualitativo marque una diferencia en el mercado que acaba provocando beneficios económicos.

Como toda tecnología emergente, la nanotecnología es, por lo general, cara de utilizar por ahora. En la actualidad, no todas las empresas podrán permitirse invertir en la aplicación de nanotecnología para dar ese salto cualitativo. El tiempo corre a favor de la bajada de costes, y de manera muy acelerada en las Áreas tecnológicas con un mayor grado de maduración, sin embargo es claro que las distintas Administraciones Públicas deberían de ejercer un esfuerzo para que estas inversiones iniciales no constituyan un obstáculo al desarrollo de la nanotecnología en este sector. Asimismo, dicha aplicación de la nanotecnología será sostenible desde el punto de vista de los costes si el propio sector puede acabar generando el conocimiento que necesita, mediante el establecimiento de alianzas y sinergias con grupos de investigación especializados.

Desde el punto de vista ambiental, no habría de verse la legislación al respecto como un problema, sino como un requisito más de calidad que, cuanto antes y mejor alcanzado, permitirá posicionarse de manera más favorable en los distintos mercados (principalmente de países europeos más sensibilizados con el cuidado del entorno y el mantenimiento de los recursos naturales, que son también los de mayor poder adquisitivo).

El aspecto social en la aplicación de la nanotecnología en el sector es clave para que dicha aplicación se mantenga en el tiempo y continúe dando sus frutos. No está de más mencionar las ejemplares recomendaciones que conjuntamente la ANEC, (European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation) y la BEUC (Bureau Européen des Unions de Consommateurs) hicieron en 2010 a la Comisión Europea como respuesta a la consulta pública "Towards a Strategic Nanotechnology Action Plan (SNAP) 2010-2015", en su documento *The future EU action plan on nanotechnology: a new change to get things right*:

- Apoyar la comunicación acerca de los nanomateriales y nanotecnologías, los correspondientes beneficios y riesgos, así como las incertidumbres a través de los medios de comunicación diseñados para dar al público un acceso fácil a las fuentes equilibradas y confiables de información.
- Desarrollar, fomentar y apoyar las actividades de participación pública con el fin de dirigir el desarrollo de las nanotecnologías en direcciones que son socialmente deseables y de una manera públicamente negociada.
- Aplicar y reforzar el diálogo entre las partes interesadas y garantizar que el diálogo conduce a resultados identificables.
- Desarrollar medidas que garanticen el acceso público a la información incluyendo los datos de seguridad y la lista de nano-productos disponibles en el mercado.



- Desarrollar la investigación sobre la percepción pública y la comprensión de las nanotecnologías y los nanomateriales.

▶▶▶ CONCLUSIONES

Áreas tecnológicas de interés

- De todas las Áreas tecnológicas en las que sería de interés el uso de la nanotecnología especificadas por el sector, las de mayor relevancia según las empresas consultadas son las que se enfocan a:
 - la sustitución de materiales metálicos por compuestos poliméricos (**nanocomposites**),
 - la investigación en **nuevos ciclos** de refrigeración aplicando nanotecnología,
 - el desarrollo de nuevos **aislantes**,
 - y en menor medida la investigación en **sensores** de gases y nuevos **refrigerantes**.
- Sin embargo, por otra parte, la opinión general del panel de expertos discrepa con estas estadísticas. El panel consultado indicó como Área más interesante la obtención de nuevos **recubrimientos** (evaluando la importancia del resto de Áreas aproximadamente de la misma manera que las empresas consultadas).

Áreas con más potencial de desarrollo

- Las Áreas tecnológicas que se han detectado con un mayor grado de maduración en España son las que abarcan la sustitución de materiales metálicos por **nanocomposites** y la de **recubrimientos** frente a ambientes agresivos, si bien se han identificado las tendencias de investigación y los principales solicitantes de patentes en cada Área a nivel mundial.
- Si bien la generación de conocimiento en España en nanotecnología está muy dispersa y atomizada, existen algunos grupos de investigación que han alcanzado importantes resultados, con la experiencia y el conocimiento suficientes, que han expresado su disponibilidad y deseo de trabajar en proyectos de I+D para el sector.
- Cabe destacar que los dos sectores con los que se intuye una mayor posibilidad de colaboración son el de la **construcción** y el **sanitario**. En especial el primero, donde con el sector de la refrigeración y la climatización se comparte la necesidad de nuevos desarrollos de aislamiento térmico y de protección frente a ambientes agresivos (sobre todo corrosión).

Obstáculos a la aplicación de la nanotecnología en el sector

- El mayor obstáculo identificado para el planteamiento y ejecución de proyectos de I+D en el campo de la nanotecnología en el sector es el **coste**.
- Es sin embargo muy significativo que, como segundo impedimento, se señala la **incertidumbre al respecto de la rentabilidad** de dichos proyectos. El sector es consciente de su propio desconocimiento acerca de qué le podría aportar, amén de haber tenido experiencias anteriores en proyectos de I+D que no fueron todo lo satisfactorias que esperaba.
 - Es frecuente que las empresas no tengan una **influencia sobre la tecnología y materiales que les ofrecen sus proveedores** todo lo intensa que sería deseable.

Actuaciones recomendadas

Sistema de Vigilancia Tecnológica.

- Entre el resto de actuaciones deseables destaca el del establecimiento de un **Sistema de Vigilancia Tecnológica** en el campo de la nanotecnología aplicado al sector, que permita proveer de manera regular y eficaz a las empresas de información que les pueda ser de utilidad. Las Áreas de interés identificadas pueden servir como punto de partida para el establecimiento de su alcance.

Proyectos de I+D

- Por lo mencionado anteriormente, son necesarios programas de financiación no sólo de **investigación aplicada que incluyan construcción de demostradores**, sino de dichos **estudios de viabilidad tecnológica y de mercado** previos a la investigación.
- Son las empresas más grandes del sector las que pueden actuar como **tractoras de sus proveedores** para embarcarlos en proyectos de I+D que redunden en su beneficio. Los proyectos a financiar deberían incluir la colaboración con proveedores, así como con centros tecnológicos y grupos de investigación (**proyectos consorciados**).
- Estos proyectos financiados deberían ser preferiblemente con **horizonte temporal corto** (típicamente 18 meses), ya que esta es la agilidad con la que trabaja el sector y la que expresa que necesita.

Cooperación

- **NanoSpain**, la Red Española de Nanotecnología, tiene como objetivo prioritario promover el intercambio de conocimiento entre grupos españoles que trabajan en los diferentes campos relacionados con la Nanotecnología y la Nanociencia fomentando la colaboración entre universidades, instituciones de investigación públicas y privadas, e industria. Una posible actuación sería la de organizar un encuentro con proveedores de interés para el sector, en colaboración con esta red.
- El Grupo de Trabajo de Nanotecnología, adscrito al Área de Tecnología de Materiales y Nanotecnología de **SusChem-ESPAÑA** (Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible) organiza periódicamente “**Jornadas Interplataformas de Nanoseguridad**” en las que se exponen panorámicas sobre legislación aplicable y casos de éxito de la nanotecnología en empresas de distintos sectores. Sería deseable buscar la sinergia entre SusChem y el sector para la transferencia de conocimiento mediante la celebración de una de estas jornadas.
- Aunque este estudio había de centrarse en proveedores andaluces de nanotecnología, no queremos dejar de recordar la iniciativa **NANOfutures**, una plataforma de innovación y nanotecnología reconocida por la Comisión Europea como ETP (Cross-European Technology Platform Initiative) en el marco de la "Estrategia para las plataformas tecnológicas europeas: ETP 2020", con la que también se pueden fomentar dinámicas (formación, encuentros con proveedores a nivel europeo).
- De igual manera, se pueden organizar sinergias para formación, difusión, planteamiento de proyectos de I+D al otro lado del Atlántico con la **Red “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF**, del Área 6 de Ciencia y Sociedad del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.
- Sería también deseable establecer encuentros con otros sectores industriales que hayan tenido éxito a la hora de aplicar la nanotecnología a su sector. Una de las posibilidades que se abren es la colaboración en este sentido con el centro tecnológico AIMPLAS (sector del plástico).

Protección de los resultados de la investigación

- No hay que olvidar, por último, que uno de los costes en los que se incurre cuando se genera un conocimiento científico-técnico es el de la protección de la explotación de dichos resultados. Es pues deseable que no se olvide esta partida del gasto, (no sólo los asociados a la solicitud de la **patente** en sí, sino los respectivos **estudios de viabilidad de protección** por parte de agentes de la propiedad intelectual).
- De igual manera, es deseable fomentar la **formación** del sector en el ámbito de la **protección de los resultados** de investigación (propiedad intelectual).

Anexo I: Resultados del cuestionario

PERFIL

1.1 Sector de Actividad:

Entrada de texto:

Todas englobadas en frío comercial salvo una en calefacción.

1.2 Código CNAE - IAE:

2923	42.86%
2825	28.57%
3299	28.57%

ADAPTACIÓN AL MEDIO

2.1 Estrategia general de su empresa:

Opción	Porcentaje
Diferenciación	87.50%
Costes	0.00%
Segmentación	0.00%
Otro	12.50%
Sin respuesta	0.00%

En "Otro" se especificó mediante entrada de texto "Calidad".

2.2 ¿Time-to-market de sus productos (Tiempo típico transcurrido desde la concepción a distribución para venta)?

Opción	Porcentaje
<1 año	75.00%
1-3 años	25.00%
>3 años	0.00%
Sin respuesta	0.00%

2.3 ¿Dispone la empresa de información regular y fiable sobre la situación de los últimos avances tecnológicos de su sector?

Opción	Porcentaje
Sí	62.50%
No	37.50%
Sin respuesta	0.00%

2.4 El diseño/ desarrollo de nuevos productos:

Opción	Porcentaje
Lo realiza la empresa	100.00%
Se subcontrata	0.00%
No se realizan este tipo de actividades	0.00%

COOPERACIÓN

3.1 ¿Coopera actualmente la empresa con otras empresas u organismos?

Opción	Porcentaje
Sí	87.50%
No	12.50%
Sin respuesta	0.00%

3.1.1 Por favor, indique con cuál/es (posibilidad de elegir varios):

Opción	Porcentaje
Universidades	50.00%
Centros Tecnológicos	50.00%
Organismos Públicos de Investigación	30.00%
Laboratorios	50.00%
Otro	10.00%

3.2 ¿Ha participado la empresa en algún proyecto de Investigación y/o Desarrollo que haya contado con la financiación de alguna de las diferentes Administraciones Públicas?

Opción	Porcentaje
Sí	87.50%
No	12.50%
Sin respuesta	0.00%

Por favor, indique el ámbito (posibilidad de elegir varios):

Opción	Porcentaje
Regional	40.00%
Nacional	50.00%
Europeo	40.00%
Otro	0.00%

3.2.2 Por favor, estime el beneficio que supuso dicho proyecto para su empresa (5=máximo)

Opción	Porcentaje
0	0.00%
1	0.00%
2	0.00%
3	42.86%
4	28.57%
5	28.57%
Sin respuesta	0.00%

3.3 ¿Está dispuesta su empresa a emprender proyectos de colaboración de Investigación y/o Desarrollo con empresas de su mismo sector y similares productos en catálogo?

Opción	Porcentaje
Sí	50.00%

No	50.00%
Sin respuesta	0.00%

3.4 ¿Estaría dispuesta su empresa a compartir la propiedad de los resultados de proyectos de colaboración de Investigación y/o Desarrollo con empresas de su mismo sector y similares productos en catálogo?

Opción	Porcentaje
Sí	37.50%
No	62.50%
Sin respuesta	0.00%

3.5 ¿Está dispuesta su empresa a emprender proyectos de colaboración de Investigación y/o Desarrollo con empresas de su mismo sector pero con productos orientados a otros mercados distintos de aquellos a los que se orientan los de su empresa?

Opción	Porcentaje
Sí	87.50%
No	12.50%
Sin respuesta	0.00%

3.6 ¿Estaría dispuesta su empresa a compartir la propiedad de los resultados de proyectos de colaboración de Investigación y/o Desarrollo con empresas de su mismo sector pero con productos orientados a otros mercados distintos de aquellos a los que se orientan los de su empresa?

Opción	Porcentaje
Sí	75.00%
No	25.00%
Sin respuesta	0.00%

3.7 ¿Colaboraría su empresa en proyectos de Investigación y/o Desarrollo con empresas de distinto sector industrial al de su empresa?

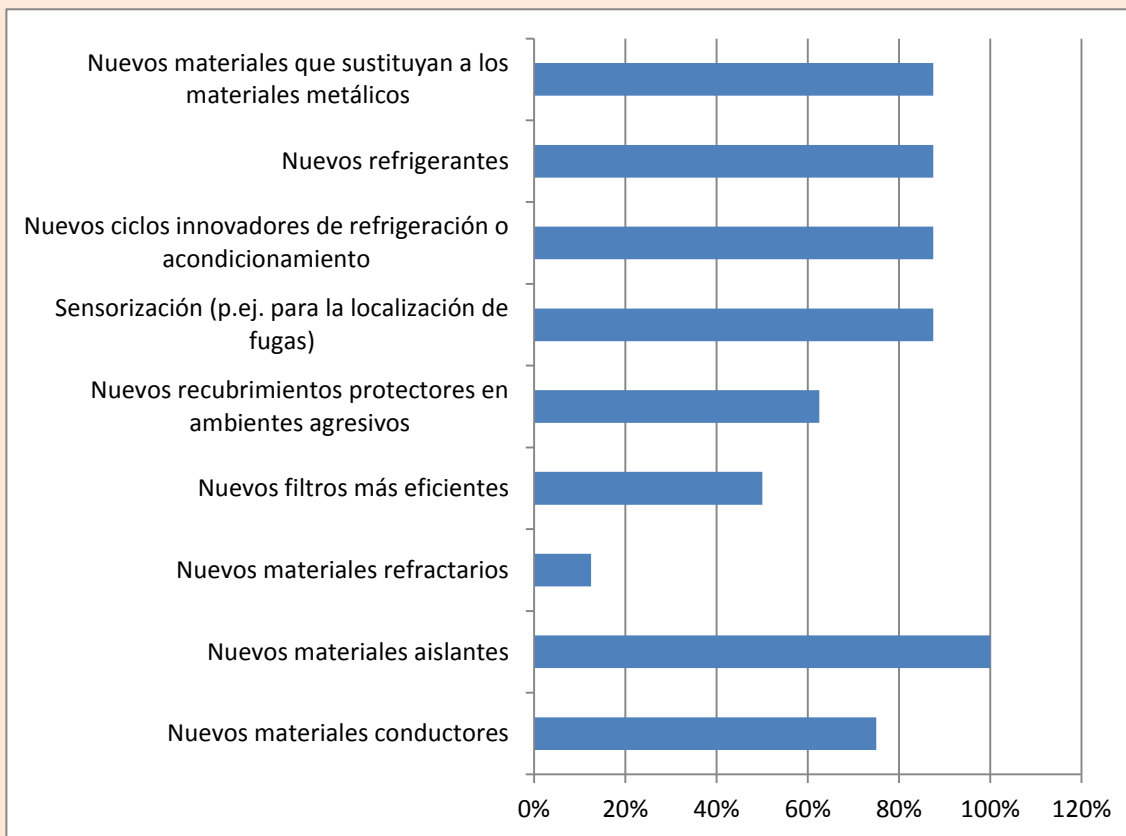
Opción	Porcentaje
Sí	100.00%
No	0.00%
Sin respuesta	0.00%

3.8 ¿Estaría dispuesta su empresa a compartir la propiedad de los resultados de proyectos de Investigación y/o Desarrollo con empresas que no sean de su sector?

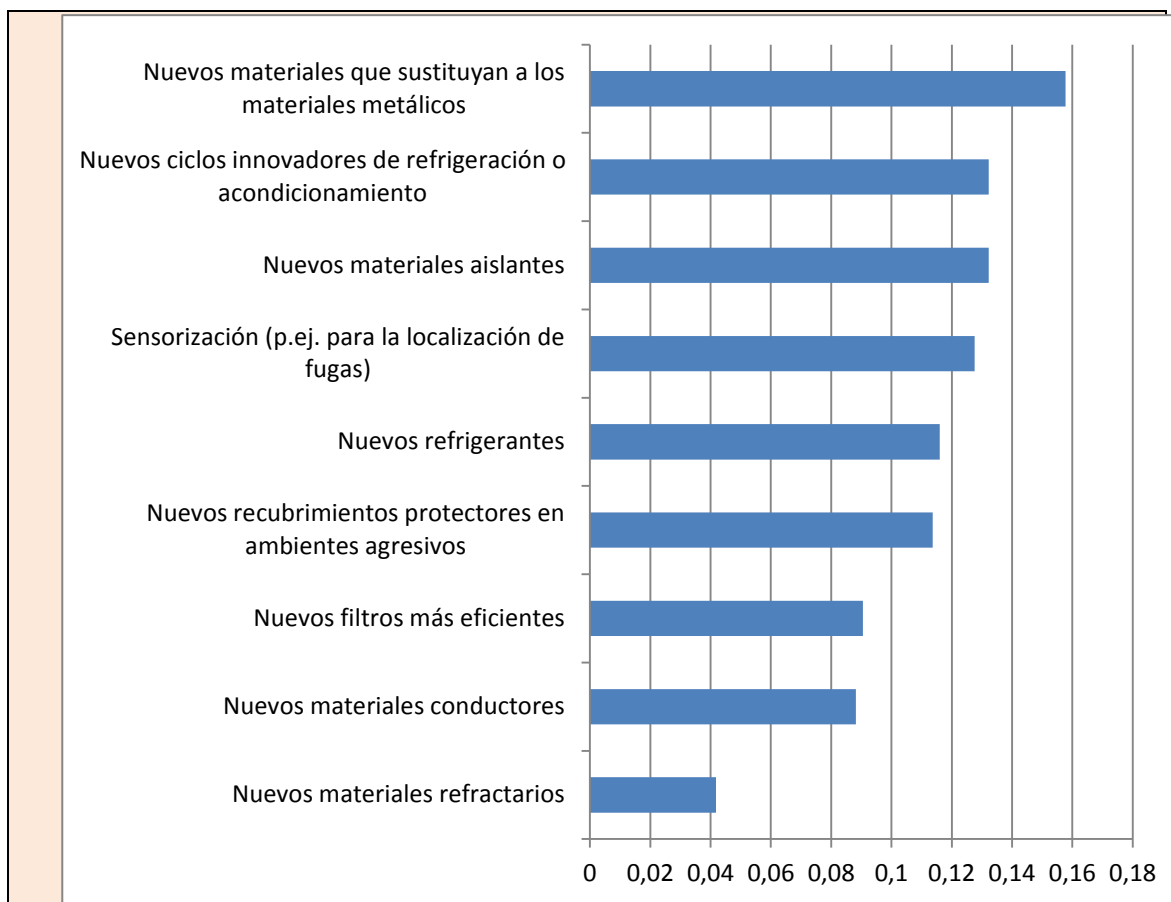
Opción	Porcentaje
Sí	87.50%
No	12.50%
Sin respuesta	0.00%

ÁREAS TECNOLÓGICAS

4.1 Señale las Áreas tecnológicas que considere de interés para su empresa (posibilidad de escoger varias):



4.2 Priorice del 1 al 9 el interés de su empresa en las Áreas tecnológicas anteriormente mencionadas.



4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos materiales aislantes]

Opción	Porcentaje
Sí	37.50%
No	62.50%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos materiales refractarios]

Opción	Porcentaje
Sí	0.00%
No	100.00%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos materiales conductores]

Opción	Porcentaje
Sí	12.50%
No	87.50%

Sin respuesta	0.00%
---------------	-------

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos recubrimientos protectores ante ambientes agresivos]

Opción	Porcentaje
Sí	25.00%
No	75.00%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos filtros más eficientes]

Opción	Porcentaje
Sí	12.50%
No	87.50%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos refrigerantes]

Opción	Porcentaje
Sí	62.50%
No	37.50%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos ciclos innovadores de refrigeración o acondicionamiento]

Opción	Porcentaje
Sí	50.00%
No	50.00%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Sensorización (p.ej. para localización de fugas)]

Opción	Porcentaje
Sí	25.00%
No	75.00%
Sin respuesta	0.00%

4.3 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las siguientes Áreas?

[Nuevos materiales que sustituyan a los materiales metálicos]

Opción	Porcentaje
Sí	12.50%
No	87.50%
Sin respuesta	0.00%

4.4 Describa otras Áreas tecnológicas en las que su empresa interesada en realizar proyectos de Investigación y/o Desarrollo:

Entrada de texto:

Componentes de equipos de refrigeración, tales como compresores e intercambiadores. Calidad de Aire Interior Reducción Consumo Energético Mejora en la distribución de aire en medios de transporte. Diseño y fabricación de muebles tipo kit en piezas para montar en destino. Serían más rápido de fabricar, ahorraríamos en costes de transporte y puede que los aranceles de importación en algunos países sean más económicos al enviar el mueble desmontado. Todos aquellos relacionados con eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes. Aquellos relacionados con combustión de combustible sólidos (leña, pellet, hueso de aceituna, cascara de almendras...).

4.10.1 ¿Ha realizado su empresa proyectos de Investigación y/o Desarrollo en las Áreas que ha descrito en el apartado anterior (4.10)?

Opción	Porcentaje
Sí	60.00%
No	40.00%
Sin respuesta	0.00%

4.10.1.1 Por favor, indique cuáles:

Entrada de texto:

Desarrollo de un purificador de aire. Desarrollo de motores sin escobillas de bajo consumo eléctrico para integración en los equipos Proyecto Ecotrans. Aumento de la eficiencia energética en cámaras de combustión a leña.

APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA

5.1 ¿Utiliza su empresa alguna aplicación de nanotecnología (uso de dicha tecnología, de un nanomaterial, de sensores a nanoescala, etc.)?

Opción	Porcentaje
Sí	0.00%
No	100.00%
Sin respuesta	0.00%

5.2 ¿Tiene previsto su empresa alguna aplicación de nanotecnología (uso de dicha tecnología, de un nanomaterial, de sensores a nanoescala, etc.)?

Opción	Porcentaje
--------	------------

Sí	25.00%
No	75.00%
Sin respuesta	0.00%

5.2.1 Por favor, indique cuáles:

Entrada de texto:

recubrimientos para ambientes agresivos

recubrimientos para intercambiadores térmicos

5.3 ¿Está interesada su empresa en alguna aplicación en particular de nanotecnología (uso de dicha tecnología, de un nanomaterial, de sensores a nanoescala, etc.)?

Opción	Porcentaje
Sí	75.00%
No	25.00%
Sin respuesta	0.00%

5.3.1 Por favor, indique cuáles:

Entrada de texto:

Sensores a nano escala. Nuevos materiales que sustituyan a materiales metálicos y que permitan reducción de pesos significativa, tanto en equipos como en componentes. Principalmente materiales aislantes y nuevos ciclos. Pinturas de recubrimiento, filtros mejorados, materiales aislantes, cambio de materiales metálicos, sensores.

Anexo II: Proveedores de nanotecnología

EMPRESAS



ALPHASIP

Dirección:
CEEI Aragón C/María de Luna, 11,
nave 13
50018, Zaragoza, España
Tel.: +34 976 51 28 87
www.alphasip.es

Contacto:
Miguel Roncalés
CEO (fundador) ALPHASIP
e-mail: mroncales@alphasip.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sensorización (En especial aplicado a sistemas de detección de bacterias y patógenos).

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sensorización.



AVANZARE

Dirección:
Jardines 5. Polígono Industrial
Lentiscares
26370 (La Rioja) España
www.avanzare.es

Contacto:
Dr. Julio Gómez Cordón
e-mail: jgomez@avanzare.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor. (No especifica)
- Nuevos materiales conductores de calor. (No especifica)
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



DROPSENS

Dirección:
Parque Tecnológico de Asturias,
Edificio CEEI, 33428
Tel.:+34985277685
Fax:+34985277685
www.dropsens.com

Contacto:
Dr. Alejandro Junquera Pérez
R&D Departamento
e-mail: ajunquera@dropsens.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sensorización.



ESTANDA FUNDICIONES

Dirección:
Anzizar, 17
20200-BEASAIN (GIPUZKOA)-
ESPAÑA
Tel: +34 - 943 880500
Fax: +34 - 943 884993
www.estanda.com

Contacto:
Luis A. ERAUSQUIN
R&D Manager
e-mail: lerausquin@estanda.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor: recubrimientos de aceros

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos recubrimientos.



GRAPHENEA

Dirección:
Tolosa Hiribidea, 76
Donostia – San Sebastián
España 20018
CIC nanoGune Nanoscience Research
Centre
www.GRAPHenea.com

Contacto:
Jesús de la Fuente, CEO GRAPHenea
e-mail: j.delafuente@GRAPHenea.com
Tel.: +34 659 093 172

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



GRUPO ANTOLIN INGENIERIA / GRAnPH

Dirección:
Ctra. Madrid-Irún km. 244,8
E09007-Burgos- ESPAÑA
www.granphnanotech.com/

Contacto:
Christopher Lilotte
e-mail: info@granphnanotech.com
Tel.: +34 947477700
Fax: +34 947474847

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con



nanoaditivos.

HTS

Dirección:
Pol. Ind. Kurutz Gain, 12 – 13
20850 Mendaro
Guipuzcoa. España

Contacto:
Iosu Aguirrezabala
e-mail: iaguirrezabala@ights.es
Tel: +34 943 757 240

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- No especifica concretamente. Se dedican principalmente a hacer mecanizados superficiales de alta precisión.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.



INGENIEROS ASESORES, S.A.
Medio Ambiente

INGENIEROS ASESORES

Dirección:
Parque Tecnológico de Asturias, 39.
33428, Llanera. Principado de Asturias.
España
Tel. +34 985 980 050
Fax. +34 985 980 051

Contacto:
Alejandro Alija.
Responsable de Área
M| 609 439 037
e-mail: aab@ingenierosasesores-sa.es

www.ingenierosasesores.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Ninguna.

NANOGAP[®]
SUBNANOPARTICLES

NANOGAP

Dirección:
C/ Xesta 978-A2. Milladoiro. 15895. A
Coruña
Tel.:+34 981 523 897
Fax: + 34 881 974 005
www.nanogap.es

Contacto:
Dr. Daniel Fernández Mosquera
Gerente de Innovación
e-mail: d.fernandez@nanogap.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor. (No especifica)
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (En este campo están especialmente interesados)



NANOINNOVA

Dirección:
Calle Faraday 7
28049-Madrid
Tel.: +34918317366
www.nanoinnova.com

Contacto:
Rafael Ferritto Crespo
e-mail: rafa@nanoinnova.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: Derivados del grafeno.
- Nuevos recubrimientos: Derivados del grafeno.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: Derivados del grafeno.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



NanoMYP

Dirección:
BIC Building-Granada.
Avd. Innovación 1
18100 Armilla (Granada) España
www.nanomyp.com

Contacto:
Ángel Valero Navarro
Director de marketing y producto.
e-mail: avalero@nanomyp.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sensorización: Tiss-Biocide (información sobre el productonanomyp.com/en/page.cfm?id=77&title=tiss-biocide)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



SGENIA

Dirección:
C/ Chile, 4 Edificio II, 2ª pta
28230, Las Rozas, Madrid, España
Tel.: +34 916306388
Fax: +34 916306406
www.sgenia.com

Contacto:
Guillermo Román Pérez
e-mail: groman@sgenia.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor: herramientas de simulación para materiales irradiados con campos electromagnéticos.
- Sensorización: dispositivos de nariz electrónica para la detección de moléculas en aire, ambientes críticos y líquidos. Y sensores de gases, como sensores de H₂, y trabaja activamente con una amplia gama de sensores como sensores de metal-óxido, sensores de nanotubos, SAW.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: han trabajado con polímeros nanoaditivados para aplicaciones principalmente de sensórica.

Han desarrollado un software de simulación para materiales con nanotecnología.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.




TECNAN

Dirección: AREA INDUSTRIAL PERGUITA, CALLE A – Nº 1 31210 LOS ARCOS (NAVARRA-ESPAÑA) Tel.: +34 948 640318 Fax: +34 948 640319 www.tecnan-nanomat.es	Contacto: Germán Medina Director de mercado e-mail: german.medina@tecnan- nanomat.es
--	---

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor. (No especifica)
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor. (No especifica)
- Nuevos recubrimientos: nano-óxidos cerámicos.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos recubrimientos. 



42TEK

Dirección: C/ San Ildefonso 68 12550 Almazora- Castellón. España Tel.: +34 656339535 /+34675671449	Contacto: Reyes Rodríguez Tony F. Diego e-mail: info@42tek.es
--	---

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor. (No especifica)
- Nuevos refrigerantes. (No especifica)
- Nuevos recubrimientos: han trabajado mucho en este campo y cuentan con grandes expertos en él.
 - Nuevos filtros para acondicionamiento de aire: han trabajado mucho en este campo y cuentan con grandes expertos en él.
 - Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: actualmente están trabajando en un proyecto en este campo.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ADVANCED NANOTECHNOLOGIES S.L.

Dirección:

C/ Diputació, 237, 5º 4ª

08007 Barcelona

Tel +34 686459219, +34 936674863

Creada en 2012

www.advancednanotechnologies.com

Contacto:

Antonio M. Onteniente

e-mail:

aonteniente@advancednanotechnologies.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)
-

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



GRAPHENANO S.L.

Dirección:

Contacto:

Avda. De la Goleta, 7
03540 Alicante

José
Antonio
Martínez
e-mail:
info@GRAPHe
nano.com

Creada en 2012
www.GRAPHenano.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: cobre recubierto de grafeno.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



Industrial Química del Nalón, S.A.
NalónChem

INDUSTRIA QUÍMICA DEL NALÓN, S.A.

Dirección:
C/ Avda. de Galicia 31 – Bajo,
33005 Oviedo

Contacto:
Juan José Fernández
I+D+i Manager

(Principado de Asturias) España

e-mail: juanjo@nalonchem.com

Tel.: +34 985 98 26 00

Fax: +34 985 98 26 26

www.nalonchem.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor. (No especifica)
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)

Sintetizan cualquier tipo de nanopartícula.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



INNOVATEC SENSORIZACIÓN Y COM. S.L.

Dirección:

Avda. de Elche, 3 Bajo

03801 Alcoi - Alicante

Tel +34 606103025 / +34 965548285

Creada en 2006

www.innovatecsc.com

Contacto:

Francisco Ibáñez

e-mail: id@innovatecsc.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sensorización: Thercom
productoinnovatecsc.com/es/sensorizacion/

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sensorización.



INTERQUÍMICA

Dirección:

San Francisco, 11

Contacto:

Marta Pérez

26370 Navarrete - La Rioja

e-mail: nano@interquimica.org

Tel +34 941265276

Creada en 2005

www.interquimica.org

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor: ladrillos con propiedades alteradas con nanotecnología.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor: ladrillos con propiedades alteradas con nanotecnología.
- Nuevos materiales conductores de calor: ladrillos con propiedades alteradas con nanotecnología.
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (Han colaborado en bastantes proyectos)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



NANOQUIMIA

Dirección:
C/ Córdoba 10, Pol. Ind. La Minilla
14540,
La Rambla (Córdoba)-España
Tel.: 957346221 Fax: 957684838
www.nanoquimia.com

Contacto:
Carlos Macías Gállego
CEO & Director Técnico
carlosmacias@nanoquimia.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: geles de nanopartículas cerámicas para hacer recubrimientos metálicos anticorrosión.

- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.



NANOTECNOLOGIA ESPAÑA S.L.

Dirección:
C/ de la Cruz, 13 bajos
07800 Eivissa - Balears
Tel +34 971198472
Creada en 2004
www.ntc-España.com

Contacto:
Adam Prats
e-mail: adam@nanopinturas.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor. (Aplicado al sector de la construcción)
- Nuevos recubrimientos. (Aplicado al sector de la construcción)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- No ha respondido.

NANOZAR S.L.

Dirección:
C/ Miguel Luesma Castán, 4
50018 Zaragoza
Tel +34 976733977
Creada en 2005
www.nanozar.com

Contacto:
Ana M. Benito
e-mail: a.benito@nanozar.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: nanotubos de carbono y grafeno con polímeros.
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)

- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



SENSIA S.L.

Dirección:
Industrialdea. Pab 1, A-Gunea
20159 Asteasu - Gipuzkoa
Creada en 2004
Tel +34 680 98 29 21
www.sensia.es

Contacto:
Iban Larroulet
e-mail: ilarroulet@seimcc.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sensorización: nanocapas metálicas y monocapas de grafeno.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Ninguna.



SINATEC S.L.

Dirección:
Zona Industrial Aeroportuaria,
Aeropuerto de Jerez
11401 Jerez de la Frontera - Cádiz
Tel +34 630 368680
Creada en 2007
www.sinatec.es

Contacto:
Bartolomé Simonet
e-mail: bartolome.simonet@sinatec.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



TOLSA S.A.

Dirección:
Ctra. Vallecas - Mejorada del
Campo Km 1,6
28031 Madrid
Tel +34 913606900
Creada en 1957 (N&N 2002)
www.tolsa.com

Contacto:
Julio Santarén
e-mail: jsantaren@tolsa.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No específica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



NANOINNOVA TECHNOLOGIES

Dirección:
Calle Faraday 7
28049-Madrid
Tel.: +34918317366
www.nanoinnova.com

Contacto:
Rafael Ferritto Crespo
e-mail: rafa@nanoinnova.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: derivados del grafeno.
- Nuevos recubrimientos: derivados del grafeno.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: derivados del grafeno.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

nano4ENERGY

NANO4ENERGY

Dirección: Calle JOSE GUTIERREZ ABASCAL Nº2 Madrid 28006
Tel.: +34609923662
www.nano4energy.eu

Contacto: Iván Fernández Martínez
e-mail: ivan.fernandez@nano4energy.eu

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: recubrimientos para la resistencia a la corrosión por agua marina (TiN), oxidación a alta temperatura, desgaste (DLC) o anti-fouling.
- Sensorización: nuevos recubrimientos inteligentes para monitorización de temperatura o esfuerzos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: sustitución de capas de óxidos transparentes conductoras por capas poliméricas reforzadas con nanopartículas o multicapas.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

CENTROS DE INVESTIGACIÓN



CEIT

Dirección:
Pº de Manuel Lardizábal, 15- 20018- San
Sebastián - España
Tel.: +34 943 212800
Fax: +34 943 213076
www.ceit.es

Contacto:
Dr. Ibon Ocaña Arizcorreta
Jefe de la unidad de Mecánica
Multiescala de Materiales
e-mail: iocana@ceit.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: recubrimientos de cobre
- Sensorización: proyectos con Intel.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.



CICNANOGUNE

Dirección:
Avenida de Tolosa 76, 20012
Tel.: 943 574 000
Fax: 943 574 001
www.nanogune.eu

Contacto:
Dr. Miriam Asunción
Directora de Transferencia de
Tecnología
e-mail: m.asuncion@nanogune.eu

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.

- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ICIQ

Dirección:
Av. Paisos Catalans, 14
43007 Tarragona, España
Tel.: +34 977 920 200
Fax: +34 977 920 224
www.iciq.es

Contacto:
Lorena Tomas
977920236

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Se dedican a sintetizar cualquier tipo de nanopartícula.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



IDAEA-CISC

Dirección:
C/ Jordi Girona 18-26
08034
Barcelona (España)
www.idaea.csic.es/

Contacto:
Mar Viana
e-mail: mar.viana@idaea.csic.es
Tel: +34 934 006 126
Fax: +34 932 045 904

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



INIA

Dirección:
Carretera de la Coruña Km 7.5
28040 Madrid
www.inia.es/
wwwsp.inia.es/Investigacion/Departamentos/MA/Paginas/Introduccion

Contacto:
José María Navas Antón
Investigador, Director de
Departamento
e-mail: jmnavas@inia.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.

- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ICN

Dirección:
Edificio ICN2
08193 — Bellaterra (Barcelona) España
Tel: + 34 93 737 26 49
Fax: + 34 93 737 26 48
e-mail: info@icn.cat
www.icn.cat

Contacto:
Nikolaos Kehagias
e-mail: nikos.kehagias@icn.cat
937374648

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos recubrimientos.



Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM)

Dirección:
Avda. Gregorio del Amo 8,
28040 Madrid
Tel.: +34 915538900
www.cenim.csic.es/

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: Pinturas anticorrosivas con nanopartículas (desarrolladas para sector aeronáutico, automoción). La síntesis e incorporación de nanopartículas porosas cargadas con inhibidores de corrosión en la formulación de pinturas, los recubrimientos funcionales inteligentes (auto-orientables, auto-reparadores, auto-sellantes), etc., vienen siendo actualmente objeto de estudio por parte del grupo.

- Sensorización: Microcromatografía de gases in situ. Preparación de mezclas artificiales para la caracterización y calibración de sensores.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales conductores de calor (contacto: Dr. Gerardo Garcés; ggarces@cenim.csic.es)
- Nuevos recubrimientos (contacto: Dr. Daniel de la Fuente; delafuente@cenim.csic.es)
- Sensorización (contacto: Dr. José Ignacio Robla; jrobla@cenim.csic.es)



Grupo de Cerámica Técnica (GCT) del INSTITUTO DE CERAMICA Y VIDRIO (ICV)

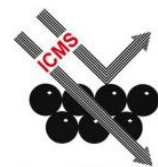
C/Kelsen 5. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid. Tel.:+34 917355840 Fax.:+34 917355843 www.icv.csic.es/	Contacto: María Isabel Osendi. Jefa de grupo. miosendi@icv.csic.es
---	---

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.



INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE SEVILLA (ICMS)

C/Américo Vespucio, 49 41092 Sevilla (España) Tel.: + 34 – 95 448 95 27 Fax: + 34 – 95 446 06 65	Contacto: Ana García Navarro Área de Ciencias de Materiales Vicepresidencia Adjunta de
---	---

www.icms.us-csic.es/

Transferencia de Conocimiento
e-mail: ana.garcia@icmse.csic.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.



INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE POLIMEROS (ICTP)

C/ Juan de la Cierva 3,
28006 Madrid, España
Tel.: + 34 – 91 561 34 41
Fax: + 34 – 91 564 48 53
www.ictp.csic.es

Contacto:
Dra. Patricia Thomas V.
Área de Ciencias de la Materia
Vicepresidencia Adjunta de
Transferencia de Conocimiento
Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (CSIC)
e-mail: patricia.thomas@ictp.csic.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: espumas poliméricas conductoras.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información (ITEFI)-CSIC

C/ 28006	Serrano, -	144 Madrid	Contacto: M. Carmen Horrillo Güemes
Teléfono:		915618806	e-mail: carmen.horrillo.guemes@csic.es
Fax:		915631794	
www.itefi.csic.es			

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sensorización: Caracterización de sensores para detección de gases.
Preparación de materiales nanoestructurados integrados en microsensores.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sensorización.

CENTROS TECNOLÓGICOS



AIJU

Dirección:
Avenida de la Industria, 23
03440 Ibi (Alicante)
Tel.: 965554475
Fax: 965554490
www.aiju.info

Contacto:
Asunción Martínez
Director del Área de Procesos y
Materiales
e-mail: proyectos@aiju.info

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: nanotecnología para añadir dureza superficial.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



AIMPLAS

Dirección:
c/ Gustave Eiffel, 4,
Parque Tecnológico de Valencia
46980 Paterna
Tel: +34 961366040
www.aimplas.es/

Contacto:
Liliana Chamudis Varan
Subdirectora – Área de Proyectos
e-mail: proyectos@aimplas.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.

- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



AITIIP

Dirección:
Polígono Industrial Empresarium
Calle Romero, 12, 50720 Zaragoza
(España)
T: +34 976464544, Fax: +34 976476187
www.aitiip.com

Contacto:
Dr. Pere Castell
Responsable de Nanotecnología
e-mail: pere.castell@aitiip.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: Materiales para aguantar condiciones extremas.
- Sensorización: determinación de contaminantes biológicos fundamentales.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: nanoplástico.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ASCAMM

Dirección:
Parc Tecnològic del Vallès
Av. Universitat Autònoma, 23
08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona)
Tel.: +34 935 944 700
Fax: +34 935 801 102
www.ascamm.com

Contacto:
Dr. Claudio Roscini
Coordinador de proyectos
e-mail: croscini@ascamm.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



IK4  CIDETEC
Research Alliance

CIDETEC

Dirección:
Paseo Miramón, 196
20009 Donostia-San Sebastián
Tel.: +34 943 309 022
Fax: +34 943 309 136
www.cidetec.es

Contacto:
Dr. Hans-Jürgen Grande
Director Técnico
hgrande@cidetec.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



CNBSS

Dirección:
Catalan Institute of Nanotechnology (ICN)
Campus UAB
08193 Bellaterra (Barcelona)
www.cnbss.eu/

Contacto:
Vincent Jamier
vincent.jamier@cnbss.eu

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: tienen una spin-off de tecnología de recubrimiento de cristales que se oscurecen con la luz (en fase de comercialización)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: utilizando grafeno.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



CTAG

Dirección:
P.I. A Granxa, p.249-250.
E36400 – O Porriño (Pontevedra) España
Tel: +34 986 900 300
www.ctag.com

Contacto:
Alberto Tielas Macia
Jefe de CTAG – Grupo de Nuevos
Materiales
e-mail: alberto.tielas@ctag.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización: Plástico botones sensoriales.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



GAIKER

Dirección:

Technological Center, Edif. 202

48170-Zamudio-España

Tel.: + 34 94 600 23 23

Fax: + 34 94 600 23 24

www.gaiker.es

Contacto:

Ana Echeberria

e-mail:

echeberria@gaiker.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales conductores de calor: en el ámbito de los materiales poliméricos.
- Nuevos recubrimientos: recubrimientos de poliuretano con elevadas prestaciones al rayado.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: formulaciones de polímeros (epoxi, vinilester) reforzados con fibra.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

INNOVARCILLA

Dirección: Polígono Industrial el Cruce. C/ Los Alamillos, 25 23710, Bailén, Jaén Tel.: +34953678559 Fax: +34953678560 www.innovarcilla.es/	Contacto: Francisco Martínez Técnico e-mail: internacional@innovarcilla.es
--	--

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.

ITA

Dirección: C/ María de Luna, 7 50018 – Zaragoza (España) Tel.: (+34) 976 010000 www.ita.es	Contacto: Javier Orús Responsable de la línea de investigación de actuadores inteligentes. e-mail: jorus@ita.es
---	--

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

ITMA

Dirección:
Fundación ITMA
Parque Tecnológico de Asturias
33428 – Llanera (Asturias)
Tel.: +34 985129120
Fax: +34 985 265 574
www.itma.es/

Contacto:
David Gómez
e-mail: d.gomez@itma.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor, nanomateriales de carbono.
- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



LEiTAT

Dirección:
C/ de la Innovació, 2
08225, Terrassa (Barcelona)
Tel: +34 93 788 23 00
Fax: +34 93 789 19 06
www.leitat.org/

Contacto:
Laurent Aubouy
R&D Director
laubouy@leitat.org

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor: materiales poliméricos.
- Nuevos recubrimientos: pintura refractaria.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

tecnalia
Corporación Tecnológica

TECNALIA

Dirección:
Parque Tecnológico de San Sebastián -
Paseo Mikeletegi, 2. E
20009 San Sebastián
Tel: +34 902.760.000
Fax: +34901.706.009
www.tecnalia.com

Contacto:
Dr. Lorena M. Callejo
División de Industria y Transporte.
e-mail: lorenam.callejo@tecnalia.com

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos: nanorecubrimientos fotocatalíticos.
- Sensorización. (No específica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

IK4  TEKNIKER
Research Alliance

TEKNIKER

Dirección: Iñaki Goenaga, 5. Polo Tecnológico de Eibar, Parque Tecnológico Gipuzkoa 20600, Eibar - Gipuzkoa Tel.: 943 20 67 44 www.tekniker.es/	Contacto: Sabino Azcarate Leturia Sabino.azcarate@tekniker.es 607180533
--	---

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos recubrimientos. (No especifica)
- Sensorización. (No especifica)
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos. (No especifica)

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



GRUPOS DE UNIVERSIDADES



DIOPMA

Dirección:
Faculty of Chemistry
c/ Martí I Franquès 1, Dpt. Material
Science & Metallurgical Engineering, 7
floor 08028
Tel.: +34934021316
Fax: +34934035438
www.diopma.org

Contacto:
Mercè Segarra
Profesora asociada
e-mail: m.segarra@ub.edu

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.



Instituto Universitario de Investigación
en Nanociencia de Aragón
Universidad Zaragoza

INA

Dirección:
Universidad de Zaragoza
Edificio I+D Campus Río Ebro
C/ Mariano Esquillor, s/n
50018 Zaragoza (España)
<http://ina.unizar.es>

Contacto:
José Antonio Romero García
Director de Transferencia de Tecnología
e-mail: jaromero@unizar.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.

- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



INNANOMAT, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Dirección:
Dep. de Ciencia de los Materiales
E I. M. y Q. Inorgánica -Facultad de
Ciencias
Campus Río San Pedro
11510 Puerto Real (Cádiz) España
Tel.: +34 956 01 2736
Fax: + 34 956 01 6288
www.mse.com.es

Contacto:
Prof. Sergio I. Molina
Profesor. Jefe de Grupo de
Investigación
e-mail: sergio.molina@uca.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor: utilizando grafeno.
- Nuevos recubrimientos.

Son expertos en materiales superficiales con nanotecnología.

- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos: gran experiencia en este campo (varias patentes sin especificar).

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ICMUV, UNIVERSIDAD DE VALENCIA

Dirección:
Instituto de Ciencia de los Materiales
Universidad de Valencia
Catedrático José Beltrán, 2
46980 Paterna (Valencia), España
Tel.: +34963544793
Fax: +34 963543633
www.uv.es/umdo

Contacto:
Fernando Sapiña Navarro
Profesor. Jefe de Grupo de
Investigación
e-mail: Fernando.Sapina@uv.es
Tel.: 963543626

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

Pueden sintetizar cualquier tipo de nanomaterial, pero no se dedican a darle la aplicación final.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Nuevos filtros para acondicionamiento de aire.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



M4 – ICMA

Dirección:
c/ Pedro Cerbuna, 12
50009 Zaragoza
www.unizar.es/m4
+34 976 76 1227

Contacto:
Project manager
Emma Lythgoe
lythgoe@unizar.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.

- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización: termómetro molecular.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.
Cuentan con una plataforma nanométrica multifuncional.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Dirección:
Edificio I+D+I
Plaza Misael Bañuelos s/n
09001 Burgos (España)
Tel.: 947 259062 / 661974185

Contacto:
Dr. Santiago Cuesta López
Profesor. Jefe de Grupo de
Investigación
e-mail: scuesta@ubu.es

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna.

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Nuevos materiales aislantes de flujo de calor.
- Nuevos materiales refractarios al flujo de calor.
- Nuevos materiales conductores de calor.
- Nuevos refrigerantes.
- Nuevos recubrimientos.
- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.



ISOM, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Dirección:

Ciudad Universitaria s/n, Madrid

Tel +34 91 336 7315

Fax +34 91 336 6832

www.isom.upm.es

Contacto:

Enrique Calleja Pardo

calleja@die.upm.es

913367315

Áreas con productos, servicios o experiencia aplicable:

- Ninguna

Áreas en las que estarían dispuestos a colaborar en proyectos de I+D:

- Sensorización.
- Sustitución de materiales metálicos por polímeros reforzados con nanoaditivos.

Anexo III: Bibliografía

- ABDUL-WAHAB, S. A., AL-ALAWI, S. M. & EL-ZAWAHRY, A. 2002. Patterns of SO₂ emissions: A refinery case study. *Environmental Modelling and Software*, 17, 563-570.
- AFAR 2013. Plan estratégico del sector de la refrigeración y la climatización de Andalucía. AFAR.
- AHAMED, J. U., SAIDUR, R. & MASJUKI, H. H. 2011. A review on exergy analysis of vapor compression refrigeration system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1593-1600.
- AKRAM, D., SHARMIN, E. & AHMAD, S. 2012. Biohybrid silver nanocomposites as antimicrobial corrosion protective coating materials. *NACE - International Corrosion Conference Series*.
- ALAM, M., SINGH, H. & LIMBACHIYA, M. C. 2011. Vacuum Insulation Panels (VIPs) for building construction industry – A review of the contemporary developments and future directions. *Applied Energy*, 88, 3592-3602.
- ALHAZOV, D. & ZUSSMAN, E. 2012. Study of the energy absorption capabilities of laminated glass using carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 72, 681-687.
- ALVENTOSA-DELARA, E., BARREDO-DAMAS, S., ALCAINA-MIRANDA, M. I. & IBORRA-CLAR, M. I. 2012. Ultrafiltration technology with a ceramic membrane for reactive dye removal: Optimization of membrane performance. *Journal of Hazardous Materials*, 209-210, 492-500.
- ALVENTOSA-DELARA, E., BARREDO-DAMAS, S., ZURIAGA-AGUSTÍ, E., ALCAINA-MIRANDA, M. I. & IBORRA-CLAR, M. I. 2014. Ultrafiltration ceramic membrane performance during the treatment of model solutions containing dye and salt. *Separation and Purification Technology*, 129, 96-105.
- AMIGONI, S., GIVENCHY DE, E. T., DUFAY, M. & GUITTARD, F. 2009. Covalent layer-by-layer assembled superhydrophobic organic-inorganic hybrid films. *Langmuir*, 25, 11073-11077.
- AN, K. H., JEONG, S. Y., HWANG, H. R. & LEE, Y. H. 2004. Enhanced sensitivity of a gas sensor incorporating single-walled carbon nanotube-polypyrrole nanocomposites. *Advanced Materials*, 16, 1005-1009.
- ANDREATTA, F., PAUSSA, L., LANZUTTI, A., ROSERO NAVARRO, N. C., APARICIO, M., CASTRO, Y., DURAN, A., ONDRATSCHEK, D. & FEDRIZZI, L. 2011. Development and industrial scale-up of ZrO₂ coatings and hybrid organic-inorganic coatings used as pre-treatments before painting aluminium alloys. *Progress in Organic Coatings*, 72, 3-14.
- ANTONOVÍČ, V., PUNDIENE, I., STONYS, R., ČESNIENE, J. & KERIENE, J. 2010. A review of the possible applications of nanotechnology in refractory concrete. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16, 595-602.
- AOUNI, A., FERSI, C., CUARTAS-URIBE, B., BES-PÍA, A., ALCAINA-MIRANDA, M. I. & DHAHBI, M. 2012. Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes. *Desalination*, 297, 87-96.
- ARAI, T. & FURUYA, M. Effect of nanofluid on the film boiling behavior at vapor film collapse. International Conference on Nuclear Engineering, Proceedings, ICONE, 2009. 633-638.
- ARBELAIZ, A., FERNÁNDEZ, B., RAMOS, J. A., RETEGI, A., LLANO-PONTE, R. & MONDRAGON, I. 2005. Mechanical properties of short flax fibre bundle/polypropylene

composites: Influence of matrix/fibre modification, fibre content, water uptake and recycling. *Composites Science and Technology*, 65, 1582-1592.

ARMENTANO, I., BITINIS, N., FORTUNATI, E., MATTIOLI, S., RESCIGNANO, N., VERDEJO, R., LOPEZ-MANCHADO, M. A. & KENNY, J. M. 2013. Multifunctional nanostructured PLA materials for packaging and tissue engineering. *Progress in Polymer Science*, 38, 1720-1747.

ARSHAK, K. & GAIDAN, I. 2006. Development of an array of polymer/MnO₂/Fe₂O₃ mixtures for use in gas sensing applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 118, 386-392.

ASHRAFI, B., GUAN, J., MIRJALILI, V., ZHANG, Y., CHUN, L., HUBERT, P., SIMARD, B., KINGSTON, C. T., BOURNE, O. & JOHNSTON, A. 2011. Enhancement of mechanical performance of epoxy/carbon fiber laminate composites using single-walled carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 71, 1569-1578.

BAG, M., ADAK, S. & SARKAR, R. 2012. Study on low carbon containing MgO-C refractory: Use of nano carbon. *Ceramics International*, 38, 2339-2346.

BANESHI, M., GONOME, H., KOMIYA, A. & MARUYAMA, S. 2012. The effect of particles size distribution on aesthetic and thermal performances of polydisperse TiO₂ pigmented coatings: Comparison between numerical and experimental results. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 113, 594-606.

BANESHI, M., MARUYAMA, S. & KOMIYA, A. 2011. Comparison between aesthetic and thermal performances of copper oxide and titanium dioxide nano-particulate coatings. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 112, 1197-1204.

BERGMAN, T. L. 2009. Analysis of heat transfer enhancement in minichannel heat sinks with turbulent flow using H₂O-Al₂O₃ Nanofluids. *Journal of Electronic Packaging, Transactions of the ASME*, 131, 0210081-0210085.

BERLET, P., DIENWIEBEL, M., KEHRWALD, B. & SCHERGE, M. 2010. Reduction of friction and wear by means of an optimized final cutting process. *Tribologie und Schmierungstechnik*, 57, 34-38.

BI, S. & SHI, L. 2007. Experimental investigation of a refrigerator with a nano-refrigerant. *Qinghua Daxue Xuebao/Journal of Tsinghua University*, 47, 2002-2005.

BI, S. S., SHI, L. & ZHANG, L. L. 2008. Application of nanoparticles in domestic refrigerators. *Applied Thermal Engineering*, 28, 1834-1843.

BISSON, A., RIGACCI, A., LECOMTE, D. & ACHARD, P. 2004. Effective thermal conductivity of divided silica xerogel beds. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 350, 379-384.

BITTENCOURT, C., FELTEN, A., ESPINOSA, E. H., IONESCU, R., LLOBET, E., CORREIG, X. & PIREAUX, J. J. 2006. WO₃ films modified with functionalised multi-wall carbon nanotubes: Morphological, compositional and gas response studies. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 115, 33-41.

BOGUE, R. 2014. Nanomaterials for gas sensing: A review of recent research. *Sensor Review*, 34, 1-8.

BRAULIO, M. A. L., MORBIOLI, G. G., BITTENCOURT, L. R. M. & PANDOLFELLI, V. C. 2010. Novel features of nanoscaled particles addition to alumina-magnesia refractory castables. *Journal of the American Ceramic Society*, 93, 2606-2610.

BROWN, L., JOYCE, P., FORREST, D. & WOLK, J. Physical and mechanical characterization of a nano carbon infused aluminum-matrix composite. International SAMPE Technical Conference, 2011.

BURATTI, C. & MORETTI, E. 2011. Lighting and energetic characteristics of transparent insulating materials: Experimental data and calculation. *Indoor and Built Environment*, 20, 400-411.

BUTNAR, I. & LLOP, M. 2007. Composition of greenhouse gas emissions in Spain: An input-output analysis. *Ecological Economics*, 61, 388-395.

CALVO, J. I., PEINADOR, R. I., PRÁDANOS, P., PALACIO, L., BOTTINO, A., CAPANNELLI, G. & HERNÁNDEZ, A. 2011. Liquid-liquid displacement porometry to estimate the molecular weight cut-off of ultrafiltration membranes. *Desalination*, 268, 174-181.

CANGIALOSI, D., BOUCHER, V. M., ALEGRÍA, A. & COLMENERO, J. 2013. Physical aging in polymers and polymer nanocomposites: Recent results and open questions. *Soft Matter*, 9, 8619-8630.

CANTERO, G., ARBELAIZ, A., LLANO-PONTE, R. & MONDRAGON, I. 2003. Effects of fibre treatment on wettability and mechanical behaviour of flax/polypropylene composites. *Composites Science and Technology*, 63, 1247-1254.

CAPPELLI, E., SCILLETTA, C., ORLANDO, S., VALENTINI, V. & SERVIDORI, M. 2009. Laser annealing of amorphous carbon films. *Applied Surface Science*, 255, 5620-5625.

CATLEDGE, S. A., FRIES, M. & VOHRA, Y. K. 2004. *Nanostructured Surface Modifications for Biomedical Implants*, California, California: American Scientific Publishers.

COLA, B. A., XU, X. & FISHER, T. S. 2007. Increased real contact in thermal interfaces: A carbon nanotube/foil material. *Applied Physics Letters*, 90.

COOK, R. L. Chromate-free On-demand Releasable Corrosion Inhibitors for Aluminum Alloys. Tri Service Corrosion Conference, 2005.

CHAKRABORTY, A., PLYHM, T., BARBEZAT, M., NECOLA, A. & TERRASI, G. 2011. Carbon nanotube (CNT) epoxy nanocomposites: a systematic investigation of CNT dispersion. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 6493-6506.

CHAKRABORTY, S., CHAKRABORTY, A., SUMITESH, D. A. S., MUKHERJEE, T., BHATTACHARJEE, D. & RAY, R. K. 2010. Application of water based-tiO₂ nano-fluid for cooling of hot steel plate. *ISIJ International*, 50, 124-127.

CHEN, J. & XU, J. 2011. SnO₂-based R134a gas sensor: Sensing materials preparation, gas response and sensing mechanism. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 157, 494-499.

CHENG, Q. F., WANG, J. P., WEN, J. J., LIU, C. H., JIANG, K. L., LI, Q. Q. & FAN, S. S. 2010. Carbon nanotube/epoxy composites fabricated by resin transfer molding. *Carbon*, 48, 260-266.

CHINN, J., HELMRICH, F., GUENTHER, R., WILTSE, M., HURST, K. & ASHURST, R. W. Durable super-hydrophobic nano-composite films. Nanotechnology 2010: Advanced Materials, CNTs, Particles, Films and Composites - Technical Proceedings of the 2010 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech 2010, 2010. 612-615.

CHO, D. B., SUHR, J. & KORATKAR, N. A. 2006a. Carbon nanotube thin film coating for improved thermal management in piezoceramic sheet actuators. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 17, 209-216.

CHO, P. S., KIM, K. W. & LEE, J. H. 2006b. NO₂ sensing characteristics of ZnO nanorods prepared by hydrothermal method. *Journal of Electroceramics*, 17, 975-978.

CHOUDHURY, N. R., KANNAN, A. G. & DUTTA, N. K. Chapter 21. Novel nanocomposites and hybrids for lubricating coating applications. *Tribology and Interface Engineering Series*. Elsevier.

DAS, A., KASALIWAL, G. R., JURK, R., BOLDT, R., FISCHER, D., STÖCKELHUBER, K. W. & HEINRICH, G. 2012a. Rubber composites based on graphene nanoplatelets, expanded graphite, carbon nanotubes and their combination: A comparative study. *Composites Science and Technology*, 72, 1961-1967.

DAS, R. R., NAYAK, B. B., ADAK, S. & CHATTOPADHYAY, A. K. 2012b. Influence of nanocrystalline MgAl₂O₄ spinel addition on the properties of MgO-C refractories. *Materials and Manufacturing Processes*, 27, 242-246.

DAVIS, D. C., WILKERSON, J. W., ZHU, J. & AYEWAH, D. O. O. 2010. Improvements in mechanical properties of a carbon fiber epoxy composite using nanotube science and technology. *Composite Structures*, 92, 2653-2662.

DAVIS, D. C., WILKERSON, J. W., ZHU, J. & HADJIEV, V. G. 2011. A strategy for improving mechanical properties of a fiber reinforced epoxy composite using functionalized carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 71, 1089-1097.

DING, Z. W., CHEAH, S. C. & SAEID, N. H. Parametric study of heat transfer enhancement using nanofluids. ICEE 2009 - Proceeding 2009 3rd International Conference on Energy and Environment: Advancement Towards Global Sustainability, 2009. 294-298.

DONG, C., GU, Y., ZHONG, M., LI, L., SEZER, K., MA, M. & LIU, W. 2011. Fabrication of superhydrophobic Cu surfaces with tunable regular micro and random nano-scale structures by hybrid laser texture and chemical etching. *Journal of Materials Processing Technology*, 211, 1234-1240.

DUDCZIG, S., VERES, D., ANEZIRIS, C. G., SKIERA, E. & STEINBRECH, R. W. 2012. Nano- and micrometre additions of SiO₂, ZrO₂ and TiO₂ in fine grained alumina refractory ceramics for improved thermal shock performance. *Ceramics International*, 38, 2011-2019.

DURÁN, A., CASTRO, Y., APARICIO, M., CONDE, A. & DE DAMBORENEA, J. J. 2007. Protection and surface modification of metals with sol-gel coatings. *International Materials Reviews*, 52, 175-192.

EAPEN, J. Mean-field bounds and the classical nature of thermal conduction in nanofluids. 2008 Proceedings of the ASME Summer Heat Transfer Conference, HT 2008, 2009. 343-344.

EASTMAN, J. A., CHOI, U. S., LI, S., THOMPSON, L. J. & LEE, S. Enhanced thermal conductivity through the development of nanofluids. Materials Research Society Symposium - Proceedings, 1997. 3-11.

EBRAHIMI, S., SABBAGHZADEH, J., LAJVARD, M. & HADI, I. Nanolayer effects in cooling performance of a microchannel heat sink with nanofluids containing CNTs. 4th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, NEMS 2009, 2009. 864-867.

ELIAS, M. M., MAHBUBUL, I. M., SAIDUR, R., SOHEL, M. R., SHAHRUL, I. M., KHALEDUZZAMAN, S. S. & SADEGHIPOUR, S. 2014. Experimental investigation on the thermo-physical properties of Al₂O₃ nanoparticles suspended in car radiator coolant. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 54, 48-53.

ERAL, H. B., T MANNETJE, D. J. C. M. & OH, J. M. 2013. Contact angle hysteresis: A review of fundamentals and applications. *Colloid and Polymer Science*, 291, 247-260.

EUROPEA, C. 2011. Recomendación de la Comisión de 18 de octubre de 2011 relativa a la definición de nanomaterial. L 275/38.

FACIO, D. S. & MOSQUERA, M. J. 2013. Simple strategy for producing superhydrophobic nanocomposite coatings in situ on a building substrate. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 7517-7526.

FENG, L., CHE, Y., LIU, Y., QIANG, X. & WANG, Y. 2013. Fabrication of superhydrophobic aluminium alloy surface with excellent corrosion resistance by a facile and environment-friendly method. *Applied Surface Science*, 283, 367-374.

FORREST, D. R., JASIUK, I., BROWN, L., JOYCE, P., MANSOUR, A. & SALAMANCARIBA, L. Novel metal-matrix composites with integrally-bound nanoscale carbon.

Technical Proceedings of the 2012 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech 2012, 2012. 560-563.

FOWLER, J. D., ALLEN, M. J., TUNG, V. C., YANG, Y., KANER, R. B. & WEILLER, B. H. 2009. Practical chemical sensors from chemically derived graphene. *ACS Nano*, 3, 301-306.

FRICKE, J., SCHWAB, H. & HEINEMANN, U. 2006. Vacuum insulation panels - Exciting thermal properties and most challenging applications. *International Journal of Thermophysics*, 27, 1123-1139.

FRIEDRICH, K. & SCHLARB, A. K. H. 2008. *Tribology Of Polymeric Nanocomposites: Friction and Wear of Bulk Materials and Coatings*, Elsevier Science & Technology Books.

GARCÍA-MARTÍN, N., SILVA, V., CARMONA, F. J., PALACIO, L., HERNÁNDEZ, A. & PRÁDANOS, P. 2014. Pore size analysis from retention of neutral solutes through nanofiltration membranes. The contribution of concentration-polarization. *Desalination*, 344, 1-11.

GEORGESCU, N., VULPE, A. & MINEA, R. A system for repetitive pulsed corona plasmas, with ecological applications. Digest of Technical Papers-IEEE International Pulsed Power Conference, 2003. 1235-1238.

GHADIMI, A., SAIDUR, R. & METSELAAR, H. S. C. 2011. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54, 4051-4068.

GHAZVINI, M., AKHAVAN-BEHABADI, M. A. & ESMAEILI, M. 2009. The effect of viscous dissipation on laminar nanofluid flow in a microchannel heat sink. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 223, 2697-2706.

GODARA, A., GORBATIKH, L., KALINKA, G., WARRIER, A., ROCHEZ, O., MEZZO, L., LUIZI, F., VAN VUURE, A. W., LOMOV, S. V. & VERPOEST, I. 2010. Interfacial shear strength of a glass fiber/epoxy bonding in composites modified with carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 70, 1346-1352.

GODSON, L., RAJA, B., MOHAN LAL, D. & WONGWISES, S. 2010. Enhancement of heat transfer using nanofluids—An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 629-641.

GOLDONI, A., LARCIPRETE, R., PETACCIA, L. & LIZZIT, S. 2003. Single-wall carbon nanotube interaction with gases: Sample contaminants and environmental monitoring. *Journal of the American Chemical Society*, 125, 11329-11333.

GUIMARAES, R. & LEE, W. E. 2007. Nanotechnology for the Refractories Industry – A Foresight Perspective. *The Refractories Engineer*, May, 12-19.

HALELFADL, S., MARÉ, T. & ESTELLÉ, P. 2014. Efficiency of carbon nanotubes water based nanofluids as coolants. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 53, 104-110.

HAN, Z. & FINA, A. 2011. Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: A review. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 36, 914-944.

HARRISON, R. & WEBB, J. 2001. A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. *Advances in Agronomy*. Academic Press.

HAUSER, E. A. 1955. The history of colloid science. *Journal of Chemical Education*, 32, 2-9.

HENDERSON, K., PARK, Y. G., LIU, L. & JACOBI, A. M. 2010. Flow-boiling heat transfer of R-134a-based nanofluids in a horizontal tube. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53, 944-951.

HERNÁNDEZ, M., BERNAL, M. D. M., VERDEJO, R., EZQUERRA, T. A. & LÓPEZ-MANCHADO, M. A. 2012. Overall performance of natural rubber/graphene nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 73, 40-46.

HUANG, H., LIU, C., WU, Y. & FAN, S. 2005. Aligned carbon nanotube composite films for thermal management. *Advanced Materials*, 17, 1652-1656.

HUANG, Y., SARKAR, D. K. & CHEN, X. G. 2010a. A one-step process to engineer superhydrophobic copper surfaces. *Materials Letters*, 64, 2722-2724.

HUANG, Z., MURTHY, J. & FISHER, T. S. Thermal conductance and constriction resistance of single-layer graphene nano ribbons. 2010 14th International Heat Transfer Conference, IHTC 14, 2010b Washington, DC. 473-485.

HUNG, W., CHITTIPOLU, S. & KAJARIA, S. Micromachining education and research at Texas A&M university. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2009.

HUSSEIN, A. M., BAKAR, R. A., KADIRGAMA, K. & SHARMA, K. V. 2014. Heat transfer enhancement using nanofluids in an automotive cooling system. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 53, 195-202.

HWANG, J., HONG, S. H. & LEE, H. 2009. Mimicking the nanostructure of bamboo leaves (backside) for hydrophobicity using polydimethylsiloxane moulding and nano-Imprint lithography. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 9, 3644-3647.

HWANG, Y., PARK, H. S., LEE, J. K. & JUNG, W. H. 2006. Thermal conductivity and lubrication characteristics of nanofluids. *Current Applied Physics*, 6, e67-e71.

IBEH, C. C. & BUBACZ, M. 2008. Current trends in nanocomposite foams. *Journal of Cellular Plastics*, 44, 493-515.

IMAI, T., SAWA, F., OZAKI, T., SHIMIZU, T., KIDO, R., KOZAKO, M. & TANAKA, T. Evaluation of insulation properties of epoxy resin with nano-scale silica particles. 2005. 239-242.

INADA, A., OHMORI, H., MIN, S. & DORNFELD, D. Investigation of the effects of an electrolytic coolant with a nano carbon additive in diamond micro cutting on ferrous materials. Proceedings of the 5th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, LEM 2009, 2009.

IVANOVA, O. S. & ZAMBORINI, F. P. 2009. Size-Dependent Electrochemical Oxidation of Silver Nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 132, 70-72.

JASIUK, I., NILUFAR, S., SALAMANCA-RIBA, L., ISAACS, R. & SIDDIQI, S. Novel aluminum-carbon materials. Technical Proceedings of the 2013 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech 2013, 2013. 27-30.

JAVADI, F. S. & SAIDUR, R. 2013. Energetic, economic and environmental impacts of using nanorefrigerant in domestic refrigerators in Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 73, 335-339.

JIANG, C., MARKUTSYA, S., PIKUS, Y. & TSUKRUK, V. V. 2004. Freely suspended nanocomposite membranes as highly sensitive sensors. *Nature Materials*, 3, 721-728.

JIMÉNEZ-CADENA, G., RIU, J. & RIUS, F. X. 2007. Gas sensors based on nanostructured materials. *Analyst*, 132, 1083-1099.

JIMÉNEZ, I., CENTENO, M. A., SCOTTI, R., MORAZZONI, F., CORNET, A. & MORANTE, J. R. 2003. NH₃ interaction with catalytically modified nano-WO₃ powders for gas sensing applications. *Journal of the Electrochemical Society*, 150, H72-H80.

JUNG, J. Y., OH, H. S. & KWAK, H. Y. 2009. Forced convective heat transfer of nanofluids in microchannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52, 466-472.

KEDZIERSKI, M. A. & GONG, M. 2009. Effect of CuO nanolubricant on R134a pool boiling heat transfer. *International Journal of Refrigeration*, 32, 791-799.

KHAN, S. U. & KIM, J. K. 2011. Impact and delamination failure of multiscale carbon nanotube-fiber reinforced polymer composites: A review. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 12, 115-133.

- KHUN, N., ZHANG, H., YANG, J. & LIU, E. 2013. Mechanical and tribological properties of epoxy matrix composites modified with microencapsulated mixture of wax lubricant and multi-walled carbon nanotubes. *Friction*, 1, 341-349.
- KIM, D., KWON, Y., CHO, Y., LI, C., CHEONG, S., HWANG, Y., LEE, J., HONG, D. & MOON, S. 2009. Convective heat transfer characteristics of nanofluids under laminar and turbulent flow conditions. *Current Applied Physics*, 9, e119-e123.
- KIM, P., WONG, T. S., ALVARENGA, J., KREDER, M. J., ADORNO-MARTINEZ, W. E. & AIZENBERG, J. 2012. Liquid-infused nanostructured surfaces with extreme anti-ice and anti-frost performance. *ACS Nano*, 6, 6569-6577.
- KISTLER, S. S. & CALDWELL, A. G. 1934. Thermal Conductivity of Silica Aëroge. *Industrial & Engineering Chemistry*, 26, 658-662.
- KOEBEL, M., RIGACCI, A. & ACHARD, P. 2012. Aerogel-based thermal superinsulation: an overview. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 63, 315-339.
- KONG, J., FRANKLIN, N. R., ZHOU, C., CHAPLINE, M. G., PENG, S., CHO, K. & DAI, H. 2000. Nanotube molecular wires as chemical sensors. *Science*, 287, 622-625.
- KOO, J. H. 2006. *Polymer nanocomposites*, McGraw-Hill Professional Pub.
- KOROTCENKOV, G. 2005. Gas response control through structural and chemical modification of metal oxide films: State of the art and approaches. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 107, 209-232.
- KOZIEL, J. A., HADDADI, S. H., KOCH, W. & PAWLISZYN, J. 2009. Sampling and analysis of nanoparticles with cold fibre SPME device. *Journal of Separation Science*, 32, 1975-1980.
- KREUELS, N. 2009. A view on the European refractory industry. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 48, 245-254.
- KRUTYEVA, M., WISCHNEWSKI, A., MONKENBUSCH, M., WILLNER, L., MAIZ, J., MIJANGOS, C., ARBE, A., COLMENERO, J., RADULESCU, A., HOLDERER, O., OHL, M. & RICHTER, D. 2013. Effect of nanoconfinement on polymer dynamics: Surface layers and interphases. *Physical Review Letters*, 110.
- KUMAR, A., STEPHENSON, L. D. & MURRAY, J. N. 2006. Self-healing coatings for steel. *Progress in Organic Coatings*, 55, 244-253.
- KUNUGI, T., MUKO, K. & SHIBAHARA, M. 2004. Ultrahigh heat transfer enhancement using nano-porous layer. *Superlattices and Microstructures*, 35, 531-542.
- KUZNETSOV, D. V., LYSOV, D. V., NEMTINOV, A. A., SHALEIKO, A. S. & KOROL'KOV, V. A. 2010. Nanomaterials in refractory technology. *Refractories and Industrial Ceramics*, 51, 61-63.
- LAU, K. T., GU, C. & HUI, D. 2006. A critical review on nanotube and nanotube/nanoclay related polymer composite materials. *Composites Part B: Engineering*, 37, 425-436.
- LEE, H., ALCARAZ, M. L., RUBNER, M. F. & COHEN, R. E. 2013. Zwitter-wettability and antifogging coatings with frost-resisting capabilities. *ACS Nano*, 7, 2172-2185.
- LEGHRI, R., DUFOUR, T., DEMOISSON, F., CLAESSENS, N., RENIERS, F. & LLOBET, E. 2011. Gas sensing properties of multiwall carbon nanotubes decorated with rhodium nanoparticles. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 160, 974-980.
- LEMIEUX, P. M., LUTES, C. C. & SANTOIANI, D. A. 2004. Emissions of organic air toxics from open burning: A comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30, 1-32.
- LEONG, K. Y., SAIDUR, R., KAZI, S. N. & MAMUN, A. H. 2010. Performance investigation of an automotive car radiator operated with nanofluid-based coolants (nanofluid as a coolant in a radiator). *Applied Thermal Engineering*, 30, 2685-2692.
- LI, J., LU, Y., YE, Q., CINKE, M., HAN, J. & MEYAPPAN, M. 2003. Carbon nanotube sensors for gas and organic vapor detection. *Nano Letters*, 3, 929-933.

LI, J., LU, Y., YE, Q., DELZEIT, L. & MEYYAPPAN, M. 2005. A gas sensor array using carbon nanotubes and microfabrication technology. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 8, H100-H102.

LI, L., YALCIN, B., NGUYEN, B. N., MEADOR, M. A. B. & CAKMAK, M. 2009a. Flexible nanofiber-reinforced aerogel (Xerogel) synthesis, manufacture, and characterization. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 1, 2491-2501.

LI, S. M., ZHOU, S. Z. & LIU, J. H. 2009b. Fabrication and anti-corrosion property of in situ self-assembled super-hydrophobic films on aluminum alloys. *Wuli Huaxue Xuebao/ Acta Physico - Chimica Sinica*, 25, 2581-2589.

LIU, H., WANG, T. & WANG, Q. 2012. Synthesis and Tribological Properties of Thermosetting Polyimide and Its Carbon Nanotube-Containing Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 51, 1-5.

LIU, M. S., CHING-CHENG LIN, M., HUANG, I. T. & WANG, C. C. 2005. Enhancement of thermal conductivity with carbon nanotube for nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 32, 1202-1210.

LIU, M. S., LIN, M. C. C., HUANG, I. T. & WANG, C. C. 2006. Enhancement of thermal conductivity with CuO for nanofluids. *Chemical Engineering and Technology*, 29, 72-77.

LIU, Y. & KUMAR, S. 2014. Polymer/carbon nanotube nano composite fibers-A review. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 6, 6069-6087.

LIU, Y., TAN, T., WANG, B., ZHAI, R., SONG, X., LI, E., WANG, H. & YAN, H. 2008. Fabrication of CdS films with superhydrophobicity by the microwave assisted chemical bath deposition. *Journal of Colloid and Interface Science*, 320, 540-547.

LONG, Y. Z., LI, M. M., GU, C., WAN, M., DUVAIL, J. L., LIU, Z. & FAN, Z. 2011. Recent advances in synthesis, physical properties and applications of conducting polymer nanotubes and nanofibers. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 36, 1415-1442.

LUO, X., HE, J., LONG, K., WANG, J., LIU, N. & QIU, T. 2014. A theoretical study on the performances of thermoelectric heat engine and refrigerator with two-dimensional electron reservoirs. *Journal of Applied Physics*, 115.

LLOBET, E. 2013. Gas sensors using carbon nanomaterials: A review. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 179, 32-45.

MA, P.-C., SIDDIQUI, N. A., MAROM, G. & KIM, J.-K. 2010a. Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41, 1345-1367.

MA, P. C., SIDDIQUI, N. A., MAROM, G. & KIM, J. K. 2010b. Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41, 1345-1367.

MAHBUBUL, I. M., FADHILAH, S. A., SAIDUR, R., LEONG, K. Y. & AMALINA, M. A. 2013. Thermophysical properties and heat transfer performance of Al₂O₃/R-134a nanorefrigerants. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 57, 100-108.

MALYSHEV, V. V. & PISLYAKOV, A. V. 2003. Dynamic properties and sensitivity of semiconductor metal-oxide thick-film sensors to various gases in air gaseous medium. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 96, 413-434.

MANIVASAKAN, P., RAJENDRAN, V., RAUTA, P. R., SAHU, B. B., SAHU, P., PANDA, B. K., VALIYAVEETTILL, S. & JEGADESAN, S. 2010. Effect of TiO₂ nanoparticles on properties of silica refractory. *Journal of the American Ceramic Society*, 93, 2236-2243.

MARÉ, T., HALELFADL, S., SOW, O., ESTELLÉ, P., DURET, S. & BAZANTAY, F. 2011. Comparison of the thermal performances of two nanofluids at low temperature in a plate heat exchanger. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 35, 1535-1543.

MARMUR, A. 2008. From hydrophilic to superhydrophobic: Theoretical conditions for making high-contact-angle surfaces from low-contact-angle materials. *Langmuir*, 24, 7573-7579.

MARMUR, A. 2013. Superhydrophobic and superhydrophobic surfaces: From understanding non-wettability to design considerations. *Soft Matter*, 9, 7900-7904.

MARTIN-GALLEGO, M., BERNAL, M. M., HERNANDEZ, M., VERDEJO, R. & LOPEZ-MANCHADO, M. A. 2013. Comparison of filler percolation and mechanical properties in graphene and carbon nanotubes filled epoxy nanocomposites. *European Polymer Journal*, 49, 1347-1353.

MATATAGUI, D., FERNÁNDEZ, M. J., FONTECHA, J., SAYAGO, I., GRÀCIA, I., CANÉ, C., HERRILLO, M. C. & SANTOS, J. P. 2014. Characterization of an array of Love-wave gas sensors developed using electrospinning technique to deposit nanofibers as sensitive layers. *Talanta*, 120, 408-412.

MEDINA-RODRIGUEZ, S., MARIN-SUAREZ, M., FERNANDEZ-SANCHEZ, J. F., TORREVEGA, A. D. L., BARANOFF, E. & FERNANDEZ-GUTIERREZ, A. 2013. High performance optical sensing nanocomposites for low and ultra-low oxygen concentrations using phase-shift measurements. *Analyst*, 138, 4607-4617.

MENÉNDEZ DÍAZ, J. Á. N. 2012. *El carbón en la vida cotidiana: de la pintura rupestre al ascensor espacial*, CreateSpace Independent Publishing Platform.

MING, Z., JIAN, L., CHUNXIA, W., XIAOKANG, Z. & LAN, C. 2011. Fluid drag reduction on superhydrophobic surfaces coated with carbon nanotube forests (CNTs). *Soft Matter*, 7, 4391-4396.

MINTSA, H. A., ROY, G., NGUYEN, C. T. & DOUCET, D. 2009. New temperature dependent thermal conductivity data for water-based nanofluids. *International Journal of Thermal Sciences*, 48, 363-371.

MOCHALIN, V., OSSWALD, S. & GOGOTSI, Y. 2009. Contribution of functional groups to the raman spectrum of nanodiamond powders. *Chemistry of Materials*, 21, 273-279.

NASIRI, A., SHARIATY-NIASAR, M., RASHIDI, A., AMROLLAHI, A. & KHODAFARIN, R. 2011. Effect of dispersion method on thermal conductivity and stability of nanofluid. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 35, 717-723.

NIE, W., HE, J. & HE, X. 2008. A micro-/nanothermosize refrigerator and its performance analysis. *Journal of Applied Physics*, 103.

NOURI-KHEZRABAD, M., BRAULIO, M. A. L., PANDOLFELLI, V. C., GOLESTANI-FARD, F. & REZAIE, H. R. 2013. Nano-bonded refractory castables. *Ceramics International*, 39, 3479-3497.

OLIET, C., PÉREZ-SEGARRA, C. D. & OLIVA, A. 2008. Thermal and fluid dynamic simulation of automotive fin-and-tube heat exchangers, part 2: Experimental comparison. *Heat Transfer Engineering*, 29, 495-502.

ÖZERINÇ, S., KAKAÇ, S. & YAZICIOĞLU, A. G. 2010. Enhanced thermal conductivity of nanofluids: A state-of-the-art review. *Microfluidics and Nanofluidics*, 8, 145-170.

PANG, X. & ZHITOMIRSKY, I. 2005. Electrodeposition of nanocomposite organic-inorganic coatings for biomedical applications. *International Journal of Nanoscience*, 4, 409-418.

PAUSSA, L., ROSERO-NAVARRO, N. C., ANDREATTA, F., CASTRO, Y., DURAN, A., APARICIO, M. & FEDRIZZI, L. 2010. Inhibition effect of cerium in hybrid sol-gel films on aluminium alloy AA2024. *Surface and Interface Analysis*, 42, 299-305.

PELLICER, E., VAREA, A., PANÉ, S., SIVARAMAN, K. M., NELSON, B. J., SURIÑACH, S., BARÓ, M. D. & SORT, J. 2011. A comparison between fine-grained and nanocrystalline electrodeposited Cu-Ni films. Insights on mechanical and corrosion performance. *Surface and Coatings Technology*, 205, 5285-5293.

PENG, H., DING, G., JIANG, W., HU, H. & GAO, Y. 2009. Heat transfer characteristics of refrigerant-based nanofluid flow boiling inside a horizontal smooth tube. *International Journal of Refrigeration*, 32, 1259-1270.

PEYGHAMBARZADEH, S. M., HASHEMABADI, S. H., HOSEINI, S. M. & SEIFI JAMNANI, M. 2011. Experimental study of heat transfer enhancement using water/ethylene glycol based nanofluids as a new coolant for car radiators. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38, 1283-1290.

PEYGHAMBARZADEH, S. M., HASHEMABADI, S. H., NARAKI, M. & VERMAHMOUDI, Y. 2013. Experimental study of overall heat transfer coefficient in the application of dilute nanofluids in the car radiator. *Applied Thermal Engineering*, 52, 8-16.

PUNITH KUMAR, M. K. & SRIVASTAVA, C. 2014. Enhancement of Corrosion Resistance of Zinc Coatings Using Green Additives. *Journal of Materials Engineering and Performance*.

QUERCIA, L., LOFFREDO, F., ALFANO, B., LA FERRARA, V. & DI FRANCIA, G. 2004. Fabrication and characterization of carbon nanoparticles for polymer based vapor sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 100, 22-28.

RAJENDRAN, A., VINOTH, G., SHANTHI, V., BARIK, R. C. & PATTANAYAK, D. K. 2014. Silver nano particle incorporated Ti metal prepared by chemical treatment for antibacterial and corrosion resistance study. *Materials Technology*, 29, B26-B34.

RAMU, T. & NAGAMANI, H. 2014. Alumina and silica based epoxy nano-composites for electrical insulation. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 21, 236-243.

REIHS, K., MALKOMES, N., MÜLLER, P., RENKER, S., STAHLSCHEIDT, O., CLAESSEN, R., CAVALEIRO, P. & DUPARRÉ, A. Durable Ultra-Hydrophobic Glass Coatings with Optical Quality. Proceedings, Annual Technical Conference - Society of Vacuum Coaters, 2003. 302-304.

REIM, M., KÖRNER, W., MANARA, J., KORDER, S., ARDUINI-SCHUSTER, M., EBERT, H. P. & FRICKE, J. 2005. Silica aerogel granulate material for thermal insulation and daylighting. *Solar Energy*, 79, 131-139.

RENDTORFF, N. M., SUÁREZ, G., SAKKA, Y. & AGLIETTI, E. F. 2014. Dense mullite zirconia composites obtained from the reaction sintering of milled stoichiometric alumina zircon mixtures by SPS. *Ceramics International*, 40, 4461-4470.

ROSETO-NAVARRO, N. C., PELLICE, S. A., CASTRO, Y., APARICIO, M. & DURÁN, A. 2009. Improved corrosion resistance of AA2024 alloys through hybrid organic-inorganic sol-gel coatings produced from sols with controlled polymerisation. *Surface and Coatings Technology*, 203, 1897-1903.

RYU, J. 2000. Flexible aerogel superinsulation and its manufacture. Google Patents.

SADIK, C., EL AMRANI, I.-E. & ALBIZANE, A. 2014. Recent advances in silica-alumina refractory: A review. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 2, 83-96.

SAIDUR, R., LEONG, K. Y. & MOHAMMAD, H. A. 2011. A review on applications and challenges of nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1646-1668.

SAJI, V. S. & COOK, R. 2012. *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials*.

SATHYANARAYANA, A., JOSHI, Y. & IM, Y. Novel heat transfer fluids using mixture formulations for electronics thermal management. 2010 12th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, ITherm 2010, 2010.

SAYAGO, I., ALEIXANDRE, M., HORRILLO, M. C., GARRIGA, R., KUKOVECZ, A. & MUNOZ, E. Carbon nanotube/TiO₂ nanotube hybrid films as resistive gas sensor. 2013 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, TRANSDUCERS and EUROSensors 2013, 2013 Barcelona. 590-593.

SAYAGO, I., GUTIÉRREZ, J., ARÉS, L., ROBLA, J. I., HORRILLO, M. C., GETINO, J., RINO, J. & AGAPITO, J. A. 1995. The effect of additives in tin oxide on the sensitivity and selectivity to NO_x and CO. *Sensors and Actuators: B. Chemical*, 26, 19-23.

SAYAGO, I., SANTOS, H., HERRILLO, M. C., ALEIXANDRE, M., FERNÁNDEZ, M. J., TERRADO, E., MASER, W. K., BENITO, A. M., MARTINEZ, M. T., GUTIÉRREZ, J. & MUÑOZ, E. Multi-walled carbon nanotube networks as gas sensors for NO₂ detection. 4th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, TRANSDUCERS and EUROSENSORS '07, 2007 Lyon. 1035-1038.

SAYAGO, I., SANTOS, H., HERRILLO, M. C., ALEIXANDRE, M., FERNÁNDEZ, M. J., TERRADO, E., TACCHINI, I., AROZ, R., MASER, W. K., BENITO, A. M., MARTÍNEZ, M. T., GUTIÉRREZ, J. & MUÑOZ, E. 2008. Carbon nanotube networks as gas sensors for NO₂ detection. *Talanta*, 77, 758-764.

SAYAGO, I., TERRADO, E., LAFUENTE, E., HERRILLO, M. C., MASER, W. K., BENITO, A. M., NAVARRO, R., URRIOABEITIA, E. P., MARTINEZ, M. T. & GUTIERREZ, J. 2005. Hydrogen sensors based on carbon nanotubes thin films. *Synthetic Metals*, 148, 15-19.

SCHROEDER, S. P. & MORRIS, G. K. Nanofluids in a forced-convection liquid cooling system - Benefits and design challenges. 2010 12th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, ITherm 2010, 2010.

SENTHILKUMAR, R., PRABHU, S. & CHERALATHAN, M. 2013. Experimental investigation on carbon nano tubes coated brass rectangular extended surfaces. *Applied Thermal Engineering*, 50, 1361-1368.

SHAIKH, S., LAFDI, K. & SILVERMAN, E. 2007. The effect of a CNT interface on the thermal resistance of contacting surfaces. *Carbon*, 45, 695-703.

SHARMA, K. V., SUNDAR, L. S. & SARMA, P. K. 2009. Estimation of heat transfer coefficient and friction factor in the transition flow with low volume concentration of Al₂O₃ nanofluid flowing in a circular tube and with twisted tape insert. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36, 503-507.

SHCHUKIN, D. G. & MÖHWALD, H. 2007. Self-Repairing Coatings Containing Active Nanoreservoirs. *Small*, 3, 926-943.

SHEN, X.-J., PEI, X.-Q., LIU, Y. & FU, S.-Y. 2014. Tribological performance of carbon nanotube-graphene oxide hybrid/epoxy composites. *Composites Part B: Engineering*, 57, 120-125.

SHIMKEVICH, A. L. On enhancing water heat transfer by nanofluids. International Conference on Nuclear Engineering, Proceedings, ICONE, 2009. 19-22.

SILVA, V., MARTÍN, Á., MARTÍNEZ, F., MALFEITO, J., PRÁDANOS, P., PALACIO, L. & HERNÁNDEZ, A. 2011. Electrical characterization of NF membranes. A modified model with charge variation along the pores. *Chemical Engineering Science*, 66, 2898-2911.

SINGH, G., CHOUDHARY, A., HARANATH, D., JOSHI, A. G., SINGH, N., SINGH, S. & PASRICHA, R. 2012. ZnO decorated luminescent graphene as a potential gas sensor at room temperature. *Carbon*, 50, 385-394.

SINGH, P. K., ANOOP, K. B., SUNDARARAJAN, T. & DAS, S. K. 2010. Entropy generation due to flow and heat transfer in nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53, 4757-4767.

SMITH, D. M., MASKARA, A. & BOES, U. 1998. Aerogel-based thermal insulation. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 225, 254-259.

SOHN, C. H. & KLHM, K. D. 2009. Nonhomogenous modeling of nanofluidic energy transport accounting for thermophoretic migration of nanoparticles inside laminar pipe flows. *Journal of the Korean Physical Society*, 55, 2200-2208.

SURI, A. K., KRISHNAMURTHY, N. & BATRA, I. S. 2010. Materials issues in fusion reactors. *Journal of Physics: Conference Series*, 208.

TAMURA, S., OCHIAI, T., MATSUI, T. & GOTO, K. 2008. Technological philosophy and perspective of nanotech refractories. *Nippon Steel Technical Report*, 18-28.

TAYLOR, R., COULOMBE, S., OTANICAR, T., PHELAN, P., GUNAWAN, A., LV, W., ROSENGARTEN, G., PRASHER, R. & TYAGI, H. 2013. Small particles, big impacts: A review of the diverse applications of nanofluids. *Journal of Applied Physics*, 113.

TEJADO, A., PEÑA, C., LABIDI, J., ECHEVERRIA, J. M. & MONDRAGON, I. 2007. Physico-chemical characterization of lignins from different sources for use in phenol-formaldehyde resin synthesis. *Bioresource Technology*, 98, 1655-1663.

TJONG, S. C. 2006. Structural and mechanical properties of polymer nanocomposites. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 53, 73-197.

TRISAKSRI, V. & WONGWISES, S. 2007. Critical review of heat transfer characteristics of nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 512-523.

TSOUGENI, K., VOURDAS, N., TSEREPI, A., GOGOLIDES, E. & CARDINAUD, C. 2009. Mechanisms of oxygen plasma nanotexturing of organic polymer surfaces: From stable super hydrophilic to super hydrophobic surfaces. *Langmuir*, 25, 11748-11759.

UDDIN, M. F. & SUN, C. T. 2010. Improved dispersion and mechanical properties of hybrid nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 70, 223-230.

VAISMAN, L., WAGNER, H. D. & MAROM, G. 2006. The role of surfactants in dispersion of carbon nanotubes. *Advances in Colloid and Interface Science*, 128-130, 37-46.

VAJJHA, R. S. & DAS, D. K. 2009. Specific heat measurement of three nanofluids and development of new correlations. *Journal of Heat Transfer*, 131, 1-7.

VAJJHA, R. S., DAS, D. K. & NAMBURU, P. K. 2010. Numerical study of fluid dynamic and heat transfer performance of Al₂O₃ and CuO nanofluids in the flat tubes of a radiator. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 31, 613-621.

VALENTINI, L., ARMENTANO, I., KENNY, J. M., CANTALINI, C., LOZZI, L. & SANTUCCI, S. 2003. Sensors for sub-ppm NO₂ gas detection based on carbon nanotube thin films. *Applied Physics Letters*, 82, 961-963.

VÁZQUEZ MÉNDEZ, B. A. 2004. Influencia de la espinela de aluminio y magnesio en el comportamiento frente a la corrosión de hormigones refractarios de bajo contenido en cemento. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 43, 939.

VENKATESWARLU, K., RAMESHBABU, N., CHANDRA BOSE, A., MUTHUPANDI, V., SUBRAMANIAN, S., MUBARAKALI, D. & THAJUDDIN, N. 2012. Fabrication of corrosion resistant, bioactive and antibacterial silver substituted hydroxyapatite/titania composite coating on Cp Ti. *Ceramics International*, 38, 731-740.

VISHWAKARMA, V., JOSEPHINE, J., GEORGE, R. P., KRISHNAN, R., DASH, S., KAMRUDDIN, M., KALAVATHI, S., MANOHARAN, N., TYAGI, A. K. & DAYAL, R. K. 2009. Antibacterial copper-nickel bilayers and multilayer coatings by pulsed laser deposition on titanium. *Biofouling*, 25, 705-710.

WANG, H., DAI, D. & WU, X. 2008. Fabrication of superhydrophobic surfaces on aluminum. *Applied Surface Science*, 254, 5599-5601.

WANG, H., FENG, J. Y., HU, X. J. & NG, K. M. 2010. Reducing thermal contact resistance using a bilayer aligned CNT thermal interface material. *Chemical Engineering Science*, 65, 1101-1108.

WANG, H., HE, G. & TIAN, Q. 2012. Effects of nano-fluorocarbon coating on icing. *Applied Surface Science*, 258, 7219-7224.

WANG, H. & WU, G. 2012. Thermosize effects and irreversibility on the performance of a macro/nano scaled refrigeration cycle. *Journal of Applied Physics*, 112.

WANG, S. & JIANG, L. 2007. Definition of superhydrophobic states. *Advanced Materials*, 19, 3423-3424.

WARRIER, A., GODARA, A., ROCHEZ, O., MEZZO, L., LUIZI, F., GORBATIKH, L., LOMOV, S. V., VANVUURE, A. W. & VERPOEST, I. 2010. The effect of adding carbon

nanotubes to glass/epoxy composites in the fibre sizing and/or the matrix. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41, 532-538.

WARZOHA, R. J., ZHANG, D., FENG, G. & FLEISCHER, A. S. 2013. Engineering interfaces in carbon nanostructured mats for the creation of energy efficient thermal interface materials. *Carbon*, 61, 441-457.

WEN, D., LIN, G., VAFAEI, S. & ZHANG, K. 2009. Review of nanofluids for heat transfer applications. *Particuology*, 7, 141-150.

WICHMANN, M. H. G., SUMFLETH, J., GOJNY, F. H., QUARESIMIN, M., FIEDLER, B. & SCHULTE, K. 2006. Glass-fibre-reinforced composites with enhanced mechanical and electrical properties – Benefits and limitations of a nanoparticle modified matrix. *Engineering Fracture Mechanics*, 73, 2346-2359.

WOLFF, T., FRIEDRICH, H., JOHANNESSEN, L. T. & HAJIREZA, S. 2010. A new approach to design high porosity silicon carbide substrates. *SAE Technical Papers*.

WU, D., CHEN, Q. D., XIA, H., JIAO, J., XU, B. B., LIN, X. F., XU, Y. & SUN, H. B. 2010. A facile approach for artificial biomimetic surfaces with both superhydrophobicity and iridescence. *Soft Matter*, 6, 263-267.

WU, X., WANG, Y., SUN, R., LAI, M., DU, R. & ZHANG, Z. 2009. The anti-supercooling effect of surface-modified nano-scaled SiO₂ in hydrated salts phase transition system. *Journal of Physics: Conference Series*, 188.

WU, Y. L., CHEN, Z. & ZENG, X. T. 2008. Nanoscale morphology for high hydrophobicity of a hard sol-gel thin film. *Applied Surface Science*, 254, 6952-6958.

XIE, H., LEE, H., YOUN, W. & CHOI, M. 2003. Nanofluids containing multiwalled carbon nanotubes and their enhanced thermal conductivities. *Journal of Applied Physics*, 94, 4967-4971.

XIE, S., ZHAO, Y. & JIANG, Y. 2012. Laser-induced hydrophobicity on single crystal zinc oxide surface. *Applied Surface Science*, 263, 405-409.

XU, J. & FISHER, T. S. Enhanced thermal contact conductance using carbon nanotube arrays. In: RAMAKRISHNA, K., SAMMAKIA, B. G., CULHAM, J. R., JOSHI, Y. K., HOCK-LYE PANG, J., JONNALAGADDA, K., TONAPI, S., REFAI-AHMED, G., TOM LEE, T. Y., COPELAND, D. W. & ELLESWORTH JR, M. J., eds. ITherm 2004 - Ninth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 2004. 549-555.

YANG, G., YU, L., CHEN, X. & ZHANG, P. 2009. Hydrophobic surfaces of spin-assisted layer-by-layer assembled polyelectrolyte multilayers doped with copper nanoparticles and modified by fluoroalkylsilane. *Applied Surface Science*, 255, 4097-4101.

YAO, L. F., WANG, S., LI, L., XU, R. Q., CHEN, Y. P. & KANG, J. L. 2011. Preparation and characterization of hydrophobic transparent hard sol-gel nano-composite films. *2nd International Conference on Manufacturing Science and Engineering, ICMSE 2011*. Guilin.

YILBAS, B. S., KHALED, M., ABU-DHEIR, N., AQEELI, N. & FURQUAN, S. Z. 2013. Laser texturing of alumina surface for improved hydrophobicity. *Applied Surface Science*, 286, 161-170.

YOSHIOKA, Y., KONISHI, M., TANAKA, H., NISHIMURA, T. & SAKKA, Y. 2010. Synthesis of SiC nano-powders from liquid carbon and various silica sources. *Nippon Seramikkusu Kyokai Gakujutsu Ronbunshi/Journal of the Ceramic Society of Japan*, 118, 345-348.

YU, W., XIE, H., CHEN, L. & LI, Y. 2009. Investigation of thermal conductivity and viscosity of ethylene glycol based ZnO nanofluid. *Thermochimica Acta*, 491, 92-96.

YU, Z., YU, Y., LI, Y., SONG, S., HUO, S. & HAN, X. 2010. Preparation and characterization of super-hydrophobic surfaces on aluminum and stainless steel substrates. *Surface Review and Letters*, 17, 375-381.

ZEINALI HERIS, S., NASR ESFAHANY, M. & ETEMAD, S. G. 2007. Experimental investigation of convective heat transfer of Al₂O₃/water nanofluid in circular tube. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28, 203-210.

ZHANG, C. & HIDROVO, C. H. Nanoscale wicking structures. Proceedings of the ASME Summer Heat Transfer Conference 2009, HT2009, 2009. 941-954.

ZHANG, J., ZHANG, B., XUE, Q. & WANG, Z. 2012. Ultra-elastic recovery and low friction of amorphous carbon films produced by a dispersion of multilayer graphene. *Diamond and Related Materials*, 23, 5-9.

ZHANG, Q., ZHU, Y. R. & HUANG, Z. Y. 2009. Fast fabrication of superhydrophobic surfaces on aluminum by the combined method of chemical and electrochemical corrosion. *Gaodeng Xuexiao Huaxue Xuebao/Chemical Journal of Chinese Universities*, 30, 2210-2214.

ZHANG, X., SHI, F., NIU, J., JIANG, Y. & WANG, Z. 2008. Superhydrophobic surfaces: From structural control to functional application. *Journal of Materials Chemistry*, 18, 621-633.

ZHANG, X. H., LIU, Z. L., WANG, J. T., GOU, Y. J., MENG, S. & MA, C. F. 2006. Experimental study of restraining frost formation on nano-SiO₂ coating surface under natural convection conditions. *Kung Cheng Je Wu Li Hsueh Pao/Journal of Engineering Thermophysics*, 27, 277-279.

ZHANG, Y., YU, X., ZHOU, Q., CHEN, F. & LI, K. 2010. Fabrication of superhydrophobic copper surface with ultra-low water roll angle. *Applied Surface Science*, 256, 1883-1887.

ZHI, C., BANDO, Y., TERAQ, T., TANG, C., KUWAHARA, H. & GOLBERG, D. 2009. Towards thermoconductive, electrically insulating polymeric composites with boron nitride nanotubes as fillers. *Advanced Functional Materials*, 19, 1857-1862.

ZHONG, X., YU, X. L., WU, J. & JIANG, P. Z. 2010. Experimental investigation on alumina nanofluids in vehicle heat exchanger. *Zhejiang Daxue Xuebao(Gongxue Ban)/Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 44, 761-764+818.

ZHOU, M., FENG, C., WU, C., MA, W. & CAI, L. 2009. Superhydrophobic multi-scale ZnO nanostructures fabricated by chemical vapor deposition method. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 9, 4211-4214.

ZHU, L., XIU, Y., XU, J., TAMIRISA, P. A., HESS, D. W. & WONG, C. P. 2005. Superhydrophobicity on two-tier rough surfaces fabricated by controlled growth of aligned carbon nanotube arrays coated with fluorocarbon. *Langmuir*, 21, 11208-11212.

ZOHAR, E., BARUCH, S., SHNEIDER, M., DODIUK, H., KENIG, S., TENNE, R. & WAGNER, H. D. 2011. The Effect of WS₂ Nanotubes on the Properties of Epoxy-Based Nanocomposites. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 25, 1603-1617.

