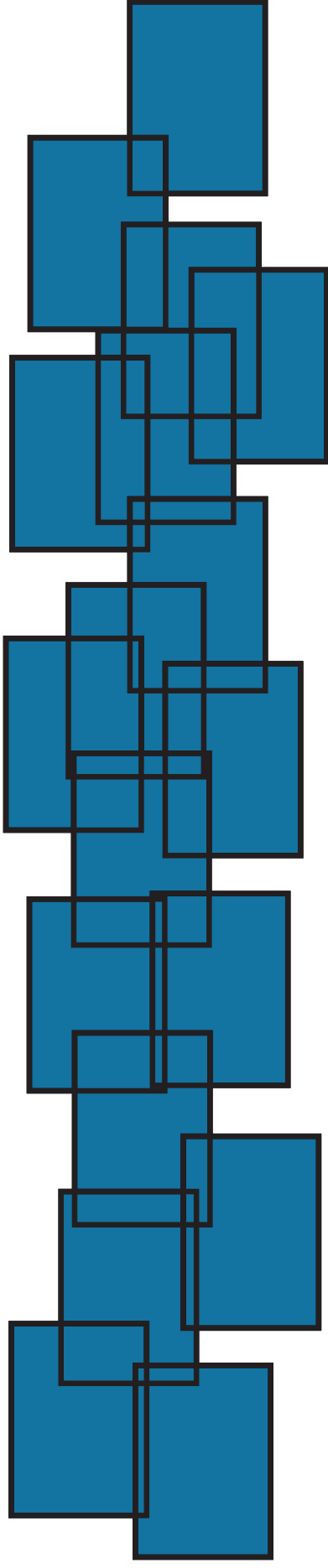


# NANOTUBOS DE CARBONO





## Pere Castell

**Lugar y fecha de nacimiento:** Reus, España, 1974

**Formación:** Licenciado en Químicas por la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona en 1996. Doctorado cinco años más tarde en esta misma universidad

**Carrera Profesional:** Realizó una estancia postdoctoral en Eindhoven (Países Bajos) donde desarrollo pinturas en polvo para poliolefinas. Posteriormente se incorporó al Instituto de Carboquímica (CSIC) en Zaragoza donde compaginó el estudio de materiales mediante difracción de rayos X con el desarrollo de nanocomposites de polipropileno con nanotubos de carbono.

Desde 2007 es el responsable del departamento de I+D de Nanozar, S.L. y está especializado en la preparación y caracterización de dispersiones de nanotubos de carbono y en nanocomposites poliméricos basados en nanotubos de carbono.



## 1. Estado del arte

Los nanotubos de carbono (NTC) son objetos nanométricos fundamentales descubiertos en 1991 por Sumio Iijima. Debido a su estructura cilíndrica singular (diámetros de unos nanómetros, longitudes de unos micrómetros y diferentes tipos de quiralidad) y a su composición (únicamente formados por átomos de carbono), los nanotubos de carbono poseen una serie de únicas y fascinantes propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, electrónicas, magnéticas y ópticas. A continuación se detallan algunas de las propiedades características de los nanotubos:

- Material muy ligero.
- Material con elevada área superficial.
- Material muy fuerte: Con un módulo de Young hasta 1 TPa, 100 veces más fuerte que acero.
- Material muy flexible (se dobla a grandes ángulos sin romperse) y con gran capacidad de almacenamiento de energía mecánica.
- Conductividad térmica hasta 3000 W/mK (mayor que la del diamante).
- Elevada estabilidad térmica.
- Conductividad eléctrica: en función de su estructura pueden ser metálicos o semiconductores (incluido aislante). Los nanotubos metálicos pueden llevar alta densidad de cargas eléctrica con elevada movilidad.
- Muy buena emisión de electrones bajo un campo eléctrico.
- Propiedades cuánticas (electrónicas, vibracionales, magnéticas etc.).

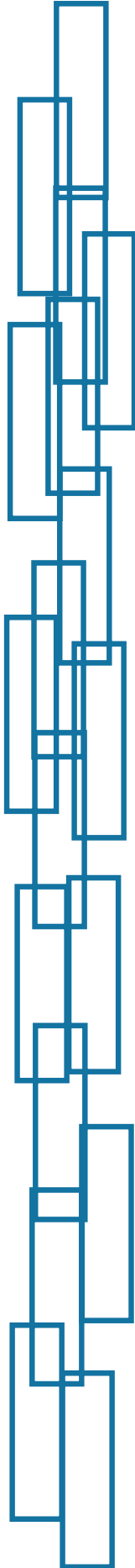
Comercialmente se pueden obtener diferentes tipos de nanotubos en grado de investigación (escala de unos gramos) o en grado industrial (escala 100 kg) por diferentes compañías en Europa, Estados Unidos y Asia.

A nivel industrial en 2006 dos grandes compañías químicas como Bayer (Alemania) y Arkema (Francia) han inaugurado sus plantas de producción de nanotubos. Estas dos ya producen MWNTs a escala de unos 100 kg con precios del orden de 150 – 500 Euro/kg. Está previsto un precio de 50 Euro/kg cuando la producción sea en toneladas. También la compañía Nanocyl (Bélgica) con sus MWNTs ha entrado en este mercado. Todos ellos venden MWNTs procedente de procesos CVD.

Por otro lado, hay varias compañías que venden MWNTs y SWNTs a nivel (y cantidades) de investigación. Los precios típicamente oscilan entre 50 Euros/gramo hasta 200 Euros/gramo para el material crudo, en función del método de producción y del tipo de nanotubo. Compañías como Nanocyl (Bélgica), Thomas Swan (Reino Unido), CNI (EE.UU.), Rosseter (Chipre) sólo son algunas de ellas.

Dadas las excelentes y particulares propiedades de los NTC, los materiales preparados a partir de ellos tienen aplicaciones interesantes que abarcan campos tan distintos como la electrónica plástica, fibras funcionales, textiles inteligentes, materiales compuestos multifuncionales, almacenamiento de energía, etc. La preparación de dispositivos optoelectrónicos y fotovoltaicos basados en NTC es un campo en continuo crecimiento y con un interés muy elevado por muchas empresas del sector. En este campo existen ya dispositivos y prototipos en el mercado como son las pantallas planas comercializadas por Samsung y Toshiba, Oleds preparados por Motorola, puntas de AFM por Nanoscience instruments y fuentes de electrones preparadas por Philips, entre muchos otros ejemplos.





Por lo que respecta a los materiales multifuncionales, la presencia de los NTC les confiere unas propiedades especiales, aumento conductividad, refuerzo mecánico, mayor resistencia a la llama, etc.

## **2. Actuaciones a desarrollar en España en el plazo 2008-2011**

A pesar de haber sido descubiertos en el año 1991 y haber sido estudiados durante mucho tiempo, durante el cual se han desarrollado nuevos materiales basados en NTC, en España no ha sido hasta 10 años más tarde cuando se ha tomado conciencia de la importancia de este campo y hasta entonces no se ha despertado el interés de la comunidad científica. En este sentido, España tendría que estar más preparada ante los cambios que se avecinan y ser capaz de reaccionar más rápidamente y con una mayor flexibilidad ante las novedades que se presentan.

Por lo que respecta a las actuaciones a tomar en el futuro inmediato, una de las acciones prioritarias sería la creación de una nueva área científica dentro del plan nacional de I+D, la Nanotecnología. Esta nueva área que englobaría los NTC, permitiría aunar esfuerzos y aumentar el presupuesto dedicado al desarrollo de estos materiales.

La creación de observatorios tecnológicos, responsables de hacer un seguimiento de las innovaciones dentro del campo de los nanotubos en otros países (p.ej. Japón y Estados Unidos) será de gran utilidad para alcanzar los objetivos fijados en este período de tiempo.

Es necesario, del mismo modo, introducir paulatinamente la nanotecnología y junto a ella los NTC como nanoobjetos fundamentales en los estudios superiores, para de este modo acercarlos gradualmente a la sociedad. La creación de nuevos estudios permitirá la formación de personal cualificado para desarrollar las tareas necesarias en el área de la nanotecnología tanto a nivel empresarial como en los distintos centros tecnológicos.

Finalmente, y no por ello menos importante, es de vital importancia aumentar la interacción entre la industria y los centros tecnológicos, facilitar y fomentar la transferencia de tecnología tiene que ser una de las acciones prioritarias en los años venideros. La creación de spin-offs, que actúan de puente entre los centros tecnológicos y las industrias ayudará a acercar la nanotecnología y los NTC a la industria española. Actualmente ésta ve a la nanotecnología como un mercado con un alto riesgo, no asumible por ella. La producción en España se ha centrado en los últimos años en disminuir los costes y producir a un precio menor, para ser competitivo. Con la entrada en tromba de los mercados asiáticos, la competencia con el precio está perdida de inicio, por lo que la producción tiene que estar dirigida a materiales de alto valor añadido, donde los NTC ofrecen múltiples posibilidades de nuevas aplicaciones. Para ello es necesario disminuir la percepción de riesgo que tienen las empresas e incentivarlas para que lo asuman. En este punto la transferencia de tecnología va a resultar de vital importancia para conseguir los objetivos planteados.

## **3. Publicaciones más destacadas en el período 2004-2007**

Para evaluar las publicaciones más destacadas en este periodo se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva, en esta se pueden contabilizar más de 1000 publicaciones relacionadas con los NTC en el periodo comprendido entre 2004 y 2007. De estas publicaciones alrededor del 10 % han sido publicadas en las revistas de mayor índice de impacto (Advanced Materials, Nanoletters, Nature y Science) indicando

el elevado grado de interés de la comunidad científica en esta temática. Estas publicaciones abarcan varias temáticas, destacando en número los materiales y las aplicaciones electrónicas de los NTC. Existe de manera general un solapamiento entre varias temáticas, los materiales que contienen NTC poseen propiedades excepcionales por lo que éstas se aprovechan para fabricar electrodos, sensores, etc. Un trabajo recientemente publicado por el CIMTAN hace un estudio exhaustivo de estas publicaciones y de las temáticas que estas abarcan, coincidiendo en que el mayor número de publicaciones están relacionadas con los materiales y la electrónica de los NTC.

#### 4. Proyectos

##### Nacionales

Actualmente existe a nivel nacional una convocatoria específica del Ministerio de Educación y Ciencia enfocada a la nanotecnología, conocida como Proyectos de I+D (Acción estratégica de Nanociencia y Nanotecnología). En la convocatoria de 2004 se presentaron más de 500 proyectos relacionados con la nanotecnología, de estos se aprobaron 93 con un presupuesto cercano a los 12 millones de euros.

Entre los 93 proyectos aprobados, se encuentran 7 proyectos directamente relacionados con los nanotubos de carbono. A continuación se recogen los detalles de cada uno de ellos.

Título	Referencia	Centro	Financiación /€
Transporte Electrónico en Nanoestructuras: Nanocontactos, Nanotubos y Moléculas Orgánicas	NAN2004-09183-C10-07	Universidad Autónoma de Madrid	125350
Transporte Electrónico en Nanoestructuras: Nanocontactos, Nanotubos y Moléculas Orgánicas	NAN2004-09183-C10-08	Universidad de Alicante	108100
Tecnología Para Sistemas Sensores y Electrodo Basados en Nanotubos de Carbono	NAN2004-09306-C05-01	Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM)	251850
Caracterización de las Propiedades Físicas de Nanotubos de Carbono	NAN2004-09306-C05-02	Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMB)	69000
Sistemas Sensores y Electrodo Basados en Nanotubos de Carbono: Aplicaciones en Biotecnología Clínica y Análisis de Alimentos	NAN2004-09306-C05-03	Universitat Autònoma de Barcelona	74750
Aplicaciones Neurotecnológicas de Sistemas Basados en Nanotubos de Carbono	NAN2004-09306-C05-04	Universidad Miguel Hernández	98900
Preparación De Nanofibras y Nanotubos de Carbono y Cerámicos Vía Electrospinning y Tratamiento Térmico	NAN2004-09312-C03-03	Universidad de Málaga	71300

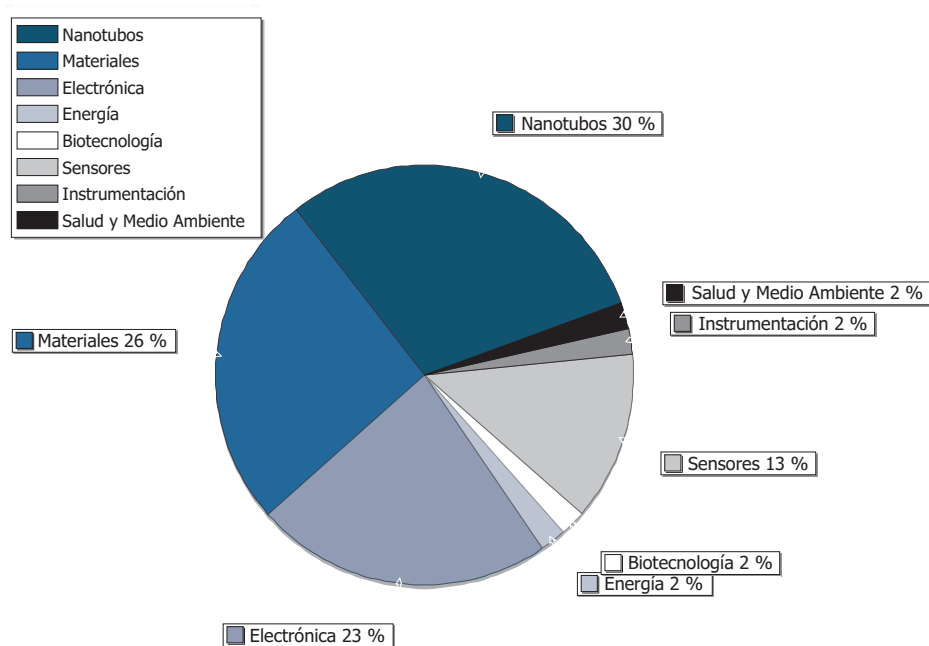
Durante este mismo periodo de tiempo se han aprobado 25 proyectos I+D basados en nanotubos de carbono dentro de otras convocatorias del MEC en el periodo 2004-2007 (la búsqueda se ha acotado a aquellos proyectos que contengan el termino nanotubo en el título, pudiendo haber proyectos relacionados con la temática que pueden haber sido omitidos involuntariamente en esta búsqueda). Los detalles de dichos proyectos se encuentran en la siguiente tabla:

Título	Referencia	Centro	Financiación/ €
Diseño y Síntesis de Nuevas Estructuras Moleculares y Supramoleculares Basadas en Fullerenos y Nanotubos de Carbono	CTQ2004-00364	Universidad de Castilla la Mancha	117650
Aprovechamiento de las Propiedades de los Nanotubos de Carbono En La Fabricación de Nuevos Sensores Electroquímicos	CTQ2004-06334-C02-01	UNED	59800
Desarrollo de un Nuevo Sistema de Detección Amperométrica En Base a Nanotubos de Carbono Para Equipos de Electroforesis Capilar. Seguimiento y Cuantificación De Plaguicidas y Micotoxinas	CTQ2004-06334-C02-02	Universidad Autónoma de Madrid	71300
Síntesis de Oligo-P-Fenilenos, Oligoetilenglicoles y Tripodes Moleculares para la Preparación de Monocapas, Funcionalización de Nanotubos y Modificación de Tips de Microscopio AFM	CTQ2004-07368	Universidad de Málaga	6900
Desarrollo de Catalizadores Metálicos Soportados en Nanotubos de Carbono para la Oxidación Humeda de Aguas Residuales Industriales	CTQ2004-05141	Universidad Complutense de Madrid	141450
Electrospray/Electrospinning para Aplicaciones Micro y Nanotecnologicas: Nanocapsulas, Nanofibras Compuestas y Nanotubos	DPI2004-05246-C04-03	Universidad de Málaga	113000
Aplicación de Los Nanotubos en la I+D de Nuevos Sensores de Gases	TEC2004-05098-C02-01	Instituto de Física Aplicada. CEDEF	102900
Aplicación de Los Nanotubos en la I+D de Nuevos Sensores de Gases	TEC2004-05098-C02-02	Instituto de Carboquímica (ICB)	90100
Efectos de la Correlación Electrónica en Nanotubos de Carbono	FIS2005-05478-C02-02	Instituto de Estructura de la Materia (IEM)	29750
Fabricación de Nanotubos de BXCYNZ por CVD e Incorporación de Fullerenos C60	MAT2005-04608	Universidad Autónoma de Madrid	16660

Título	Referencia	Centro	Financiación/ €
Materiales Compuestos de Matriz Termoestables (Epoxi/Poliuretano) y Nanotubos de Carbono. Dependencia de la Conducta Final con las Interacciones a Nanoescala	MAT2005-06530	Universidad del País Vasco	83300
Simulaciones Computacionales de Interacciones en Nanotubos y Fullerenos	MAT2005-06544-C03-02	Universidad de Burgos	79730
Simulación del Autoensamblado de Nanoagregados para Formar Solidos Nanoestructurados y Nanocables en Nanotubos de Carbono	MAT2005-06544-C03-03	Universidad de Cantabria	56644
Estudio Realista de la Adsorción de 4HE y 3HE en Nanotubos y Bundles de Nanotubos de Carbono	FIS2006-02356	Universidad de Pablo Olavide	16640
Preparación de Membranas Nanoestructuradas para el Proceso de Separación Destilación en Membranas: Nanofibras y Nanotubos Poliméricos	FIS2006-05323	Universidad Complutense de Madrid	62920
Origen Microscópico de las Propiedades Físicas de Nuevos Materiales: Nanotubos de Carbono y Materiales Magnéticos No Convencionales	MAT2006-05122	Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)	88330
Nanocompuestos Microestructurados Basados en Matrices Poliméricas Termoestables y Termoplásticas Conteniendo Nanopartículas Magnéticas/Nanotubos de Carbono Dispersados y Posicionados	MAT2006-06331	Universidad del País Vasco	181500
Nanomateriales Multifuncionales Avanzados Basados en Nanotubos de Carbono y Matrices Termoplásticas: Desarrollo, Estructura y Propiedades en Estado Sólido	MAT2006-13167-C02-01	Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)	166980
Nanomateriales Multifuncionales Avanzados Basados en Nanotubos de Carbono y Matrices Polímeros Conductores. Desarrollo, Estructura y Propiedades, y Procesamiento	MAT2006-13167-C02-02	Instituto de Carboquímica (ICB)	113740

Título	Referencia	Centro	Financiación/ €
Dispersiones de Nanotubos de Carbono y Desarrollo de Arquitecturas Ordenadas	MAT2007-66927-C02-01	Instituto de Carboquímica (ICB)	-
Desarrollo de Muestras de Materiales Compuestos TPE-Nanotubo con Capacidades de Auto-Monitorización	MAT2007-66927-C02-02	Instituto Tecnológico de Aragón (ITA)	-
Modelización y Diseño Molecular de Uniones de Tres Nanotubos Gráfiticos para su Aplicación como Transistores	CTQ2007-65112	Universidad de Granada	-
Nuevos Transistores de Efecto Campo y Electrodo Selectivos Basados en Nanotubos de Carbono para Bioanálisis: Determinación de Iones, Biomoléculas y Bacterias.	CTQ2007-67570	Universitat Rovira i Virgili	-
Diseño y Síntesis de Estructuras Moleculares y Supramoleculares Derivadas de Fullerenos y Nanotubos de Carbono para Aplicaciones Optoelectrónicas Basadas en Transferencia Electrónica Fotoinducida	CTQ2007-63363	Universidad de Castilla la Mancha	-
Nanotubos de Carbono en Células Solares Fotovoltaicas Flexibles	ENE2007-65874	Universitat Politècnica de Catalunya	-

La clasificación de los proyectos españoles, según su temática, puede observarse en el siguiente gráfico.



Se puede observar que el mayor número de proyectos se encuentra dentro del área de nanotubos, seguidos por el área de materiales y la electrónica muy de cerca. Los proyectos recogidos en el apartado de nanotubos se centran en las propiedades y



el comportamiento de los nanotubos en sí y no tanto en sus aplicaciones directas. El área de materiales resulta la más interesante y la que presenta unas mejores perspectivas a corto plazo, en ella no se busca una aplicación concreta sino la búsqueda de materiales con propiedades mejoradas. Este área se solapa con otras aplicaciones de ahí su elevado porcentaje.

En cuanto a aplicaciones en concreto destaca por encima de todas las aplicaciones electrónicas, seguidas del resto. Un tema de especial interés y que crecerá a corto plazo en el área de salud y medio ambiente, los proyectos que estudian la toxicidad de los nanotubos de carbono van a aumentar de manera notable ya que actualmente es uno de los temas de especial interés tanto para los científicos como para la industria.

## Europeos

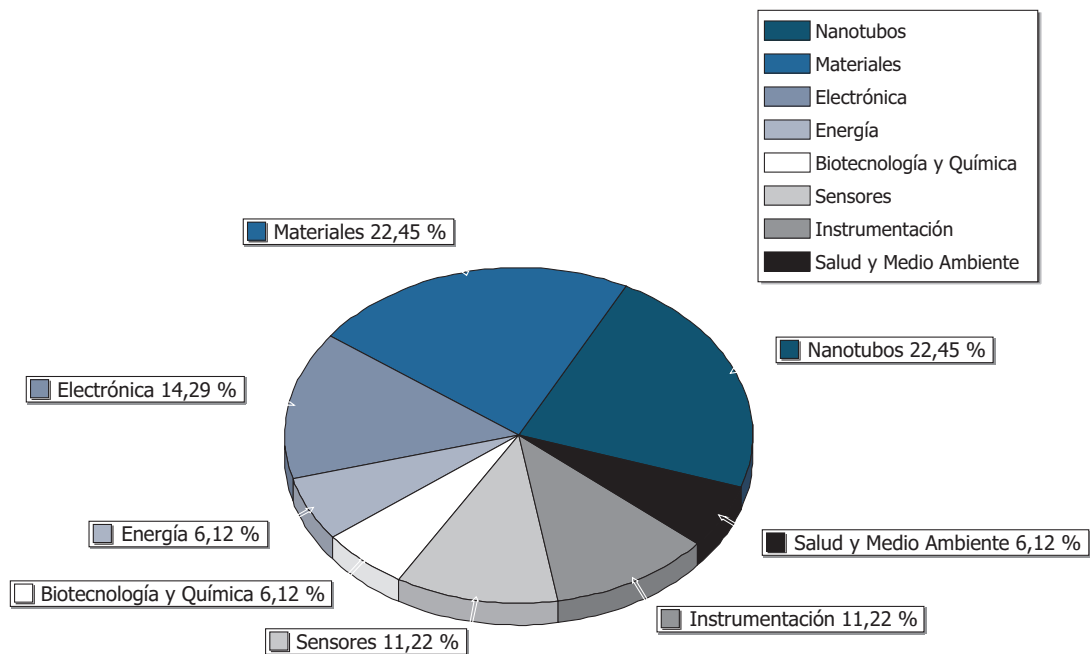
Los proyectos europeos más destacables en los que ha habido participación directa española se recogen en la siguiente tabla. Es de destacar que España ocupa el cuarto lugar en número de proyectos relacionados con los NTC, por detrás de Alemania, Francia y el Reino Unido (según datos obtenidos de CORDIS, la búsqueda, como anteriormente, se ha limitado a proyectos que contengan el termino NTC en el título). En todos los proyectos detallados han intervenido varios grupos de distintos países de la Unión Europea, se puede encontrar información más detallada de cada uno de ellos en CORDIS.

Título	Acrónimo	Centro español	Financiación/ €
Carbon Nanotube Devices at the Quantum Limit	CARDEQ	Institut Català de Nanotecnologia	2280000
Multifunctional polymeric materials though nanostructuring	MULTIFUNCTNAN OPOLYM	Instituto de Estructura de la Materia. CSIC	40000
Thermal and Electronic Properties of Nanotubes	TEPON	Departamento de Propiedades Ópticas, Magnéticas y de Transporte. CSIC	65800
Multi-scale modelling and simulation for nanoscale mechanics and materials: from atoms to devices	MMSNMM	Universitat Politècnica de Catalunya	80000
Interface design of metal nanocluster-carbon nanotube hybrids via control of structural and chemical defects in a plasma discharge	NANO2HYBRYDS	Universitat Rovira i Virgili	2102340
A Novel Gasket and Seal System used for EMI Shielding Using Double Percolation of Carbon Nanotube Technology to Improve Safety, Profitability and Productivity for SMEs	EMISHIELD	Teinsa	444313
Integrated Self- Adjusting Nano- Electronics Sensors	SANES	Universidad del País Vasco	1415000
Coupled mechanical and electronic properties of carbon nanotubes based systems	-	Universidad del País Vasco	1316000
Parallel nano assembling directed by short-range field forces	PARNASS	Universitat Rovira i Virgili	2823510

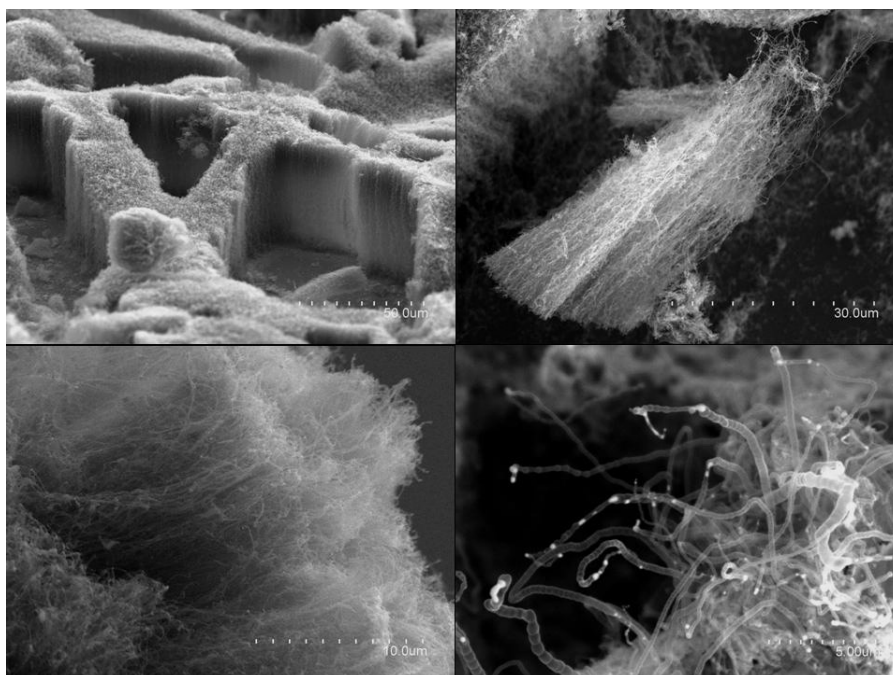


Título	Acónimo	Centro español	Financiación/ €
Carbon nanotubes for future industrial composites: theoretical potential versus immediate application	GROWTH	Instituto de Estructura de la Materia. CSIC	890794
Large scale synthesis of carbon nanotubes and their composite materials	NANOCOMP	Instituto de Carboquímica. CSIC	1685000
Development And Demonstration Of A Carbon Nanotube Actuator For Use In Medical Technology	NANOMED	AJL	2855210
Aerospace nanotube hybrid composite structures with sensing and actuating capabilities	NOESIS	Boreas Ingeniería y Sistemas, S.A.	4947030
Collective electronic states in nanostructures	COLLECT	Universidad Autónoma de Madrid	1166000
Improving the understanding of the impact of nanoparticles on human health and the environment	IMPART	CMP Científica S.L.	741826
Hydrogen in mobile and stationary devices - safe and effective storage solution	HYMOSES	Instituto de Carboquímica. CSIC	300000

La clasificación de los proyectos europeos con participación española según su temática puede observarse en el siguiente gráfico.



Se vuelven a repetir unos porcentajes parecidos en cuanto a la clasificación de los proyectos por áreas. De nuevo los nanotubos y el área de materiales son las que más proyectos tienen. El resto de áreas tienen unos porcentajes similares a los observados a nivel (local) español. Es de destacar el mayor porcentaje a nivel europeo de proyectos relacionados con la salud y el medio ambiente, es de esperar que a nivel español este porcentaje vaya creciendo hasta igualarse con el porcentaje europeo.



## 5. Infraestructura necesaria para cumplir objetivos (2008-2011)

Actualmente y con las inversiones realizadas durante los últimos años, la infraestructura a nivel de equipos es bastante buena y junto a las inversiones que es de prever que sigan en aumento, podemos concluir que la infraestructura actual es suficiente para alcanzar todos los objetivos que se planteen en un futuro cercano. El principal problema que sufre España es la falta de personal técnico altamente cualificado, por lo que es necesario que se priorice y aumente sustancialmente la inversión en personal para poder sacar el mayor partido a todos los equipos necesarios para cumplir los objetivos marcados en el ámbito de la nanotecnología y más concretamente en el área de los NTC.


## 6. Centros de investigación más relevantes

### Grupos españoles

En este apartado destacaremos los grupos españoles que basan su I+D en los nanotubos de carbono y que han estado trabajando en la temática durante más tiempo.

- El grupo de Nanoestructuras y Nanotecnología dirigido por M.T. Martínez en el Instituto de Carboquímica del CSIC en Zaragoza.
- El grupo de Julio Gómez en el departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad Autónoma de Madrid.
- El grupo de Ángel Rubio en el departamento de Física de Materiales de la Universidad del País Vasco en San Sebastián.
- El grupo de Leonor Chico en el departamento de Física Aplicada de la Universidad de Castilla la Mancha en Toledo.
- El Laboratorio de Estructura Electrónica de Materiales dirigido por Pablo Ordejón en el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona.





En la actualidad existen otros muchos grupos de investigación que han introducido los NTC en sus proyectos de I+D, podemos destacar los siguientes centros de investigación y Universidades que tienen o han desarrollado proyectos relacionados con los NTC:

### **Centros de Investigación**

- El Instituto de Biotecnología de Granada.
- El Instituto Catalán de Nanotecnología (ICN) en Barcelona.
- El Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón del CSIC en Zaragoza.
- El Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC.
- El Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, CSIC.
- El Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC, Madrid.
- El Instituto de Estructura de la Materia del CSIC, Madrid.
- El Instituto de Microelectrónica de Madrid, CSIC.
- El Instituto de Microelectrónica de Barcelona, CSIC.
- El Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) en Zaragoza.
- El Instituto Tecnológico Textil de Alcoi (Aitex).
- La Fundación INASMET en San Sebastián.
- El Centro Tecnológico GAIKER en Zamudio.
- El Centro de Tecnologías Electroquímicas (CIDETEC) en San Sebastián.
- Donostia International Physic Center (DIPC).

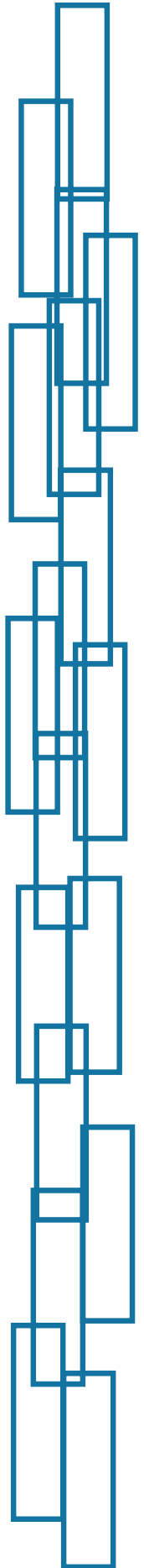
### **Universidades**

- Universidad Autónoma de Madrid.
- Universidad de Alicante.
- Universidad de Barcelona.
- Universidad de Burgos.
- Universidad de Cantabria.
- Universidad de Castilla la Mancha.
- Universidad Complutense de Madrid.
- Universidad de Córdoba.
- Universidad de Girona.
- Universidad de Granada.
- Universidad de Málaga.
- U.N.E.D.
- Universidad Pablo Olavide.
- Universidad del País Vasco.
- Universidad Politécnica de Cartagena.
- Universidad Politécnica de Catalunya.
- Universidad Rovira i Virgili.
- Universidad de Santiago de Compostela.
- Universidad de Valladolid.
- Universidad de Zaragoza.

### **Grupos europeos**

A nivel europeo existen muchos centros de investigación y universidades que están desarrollando proyectos relacionados con los NTC, entre ellos podemos destacar a los siguientes:

- Center of Advanced European Studies and Research (CAESAR), Alemania.
- Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), Francia.
- Centre de Recherche Paul Pascal, Francia.
- Centre Nationale Recherche Scientifique (CNRS), Francia.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) Italia.
- Technische Universiteit Delft, Países Bajos.
- Technische Universität Dresden, Alemania.
- Dublin City University, Irlanda.
- École Nationale Supérieure des Industries Chimiques, Francia.
- Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suiza.
- Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENTEA), Italia.
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH), Suiza.
- Fraunhofer Institute, Alemania.
- Ghent University, Bélgica.
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Italia.
- Institute Nationale Polytechnique Toulouse, Francia.
- Krakow University of Technology, Polonia.
- Max Planck Gesellschaft, Alemania.
- National Hellen Research Foundation, Grecia.
- National Institute for Research and Development in Microtechnologies, Rumanía.
- Institutul National pentru Fizica Materialelor, Rumanía.
- National Physical Laboratory, Reino Unido.
- National Technical University of Athens, Grecia.
- ONERA, Francia.
- Otto von Guericke Universität, Alemania.
- Paul Scherrer Institut, Suiza.
- Politecnico di Milano, Italia.
- Research Institute for Technical Physics and Materials Science, Hungría.
- Royal Institute of Technology, Suecia.
- Sincrotrone Trieste SPCa, Italia.
- Stockholms Universitet, Suecia.
- Danmarks Tekniske Universitet, Dinamarca.
- Trinity College Dublin, Irlanda.
- Università Basilicata, Italia.
- Università Cattolica, Italia.
- Università di Trieste, Italia.
- Université Claude Bernard, Francia.
- Université de Montpellier, Francia.
- Universität Basel, Suiza.
- Università di Bologna, Italia.
- Universität Bremen, Alemania.
- Universitatea din Bucuresti, Rumania.
- University of Crete, Grecia.
- University of Edinburgh, Reino Unido.
- Universität Freiburg, Suiza.
- Université de Liège, Bélgica.
- University of London, Reino Unido.
- Imperial College of Science, Reino Unido.
- Université Lyon, Francia.
- Università di Messina, Italia.
- Università degli Studi di Napoli, Italia.
- Universitetet i Oslo, Noruega.
- University of Cambridge, Reino Unido.
- University of Oxford, Reino Unido.



- 
- University of Surrey, Reino Unido.
  - University of Sussex, Reino Unido.
  - Università Padua, Italia
  - Université Paris, Francia.
  - Università di Rome, Italia.
  - Universität Siegen, Alemania.
  - University of Southampton, Reino Unido.
  - Université Strasbourg, Francia.
  - Université Toulouse, Francia.
  - Universität Wien, Austria.
  - University of Warwick, Reino Unido.
  - University of Cork, Reino Unido.

## 7. Iniciativas relevantes (Plataformas Tecnológicas, etc.)

En España actualmente no existen iniciativas relevantes exclusivamente dedicadas a los NTC, solo podemos encontrar el ejemplo de Nanozar SL (spin-off del Instituto de Carboquímica, CSIC) y el convenio que tiene el CSIC con la red GDR-I Nano-I (Grupo de Investigación Internacional NANO que estudia la ciencia y la tecnología de los NTC) liderado por el CNRS.

El resto de iniciativas que trabajan con estos materiales están englobadas en el ámbito de la nanotecnología.

Podemos destacar la Red NanoSpain, que está integrada por 234 grupos de investigación y empresas, reuniendo a más de 1500 investigadores. En nuestra opinión pocas iniciativas y redes cuentan con un número tan elevado de grupos participantes, lo que demuestra dos cosas: la masa crítica que existe en este campo y la iniciativa con que los científicos-tecnólogos abordan la problemática que tienen planteada en cuanto a la necesidad de coordinarse e intercambiar información.

La fundación Phantoms es una asociación que basa sus actividades en la nanotecnología y en la nanoelectrónica con el objetivo principal de fomentar la colaboración entre distintos grupos a nivel europeo. Al mismo tiempo desempeña un importante papel divulgativo tanto de los proyectos nacionales como de los europeos, para fomentar la interacción entre grupos y la creación de nuevas redes.

Existen de igual modo plataformas tecnológicas enfocadas a la nanotecnología en muchas comunidades autónomas, así podemos destacar el Instituto de Nanotecnología de Aragón (INA), el Institut Català de Nanotecnologia (ICN), entre muchos otros. Todos ellos desarrollan algún proyecto relacionado con los NTC.

Por lo que respecta a las empresas, como hemos comentado, tan solo podemos encontrar un ejemplo en nuestro país de una spin-off dedicada exclusivamente a los NTC, Nanozar SL., es una empresa fundada en el año 2004 dedicada a la transferencia de tecnología relacionada con los NTC.

## 8. Conclusiones

Con la realización de este informe se puede concluir que actualmente España posee el potencial necesario para el desarrollo con muchas garantías de éxito de los NTC y los materiales avanzados basados en ellos. España juega un papel muy relevante dentro de la UE en este ámbito y actualmente existen muchos grupos de I+D que son punteros en sus distintas áreas. Además la infraestructura actual (como

hemos visto con anterioridad), es buena, cosa que nos permite ser muy optimistas acerca del futuro de la nanotecnología y mas concretamente de los NTC.

Sin embargo hay que llevar a cabo una serie de acciones para que estos objetivos culminen de manera positiva. Es básico aumentar la interacción entre los distintos grupos existentes así como fomentar la transferencia de tecnología, en este aspecto el apoyo a la creación de spin-offs está siendo ejemplar, aunque hay que seguir apostando fuerte en este sentido. Finalmente aprovechar los conocimientos existentes permitirá plantear siempre nuevos retos que nos llevarán a alcanzar progresos dentro del campo de los NTC.

