

Universidad
Zaragoza

Exposición de Trabajadores a Nanomateriales en el Sector de la Construcción

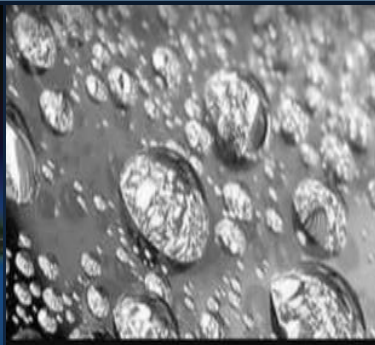
M. Pilar Lobera

INSTITUTO DE NANOCIENCIA DE ARAGÓN

plobera@unizar.es

Zaragoza, 30 de Noviembre de 2017

I Congreso de Nuevas Tecnologías en PRL y Riesgos Emergentes en el Sector de la Construcción



Instituto de Nanociencia de Aragón

El **INA** pertenece a la **Universidad de Zaragoza**. Desde el **2003** se dedica a la I+D+i en nanociencia.

159 Miembros + 7 adscritos:

75 Doctores

54 Investigadores estudiantes doctorado

20 técnicos (7 doctores)

10 PAS

Casi **el 80% de la financiación** que recibe el INA proviene de convocatorias públicas y concurrencia competitiva y financiación obtenida de empresas

Instalaciones de vanguardia

Incluye:

- 250 m² salas blancas (clase 10⁴ - 10²)
- Laboratorios con equipamiento de última generación



Instituto de Nanociencia de Aragón

Laboratorio de Microscopías Avanzadas (LMA)

Infraestructura Científico Técnica Singular (ICTS),



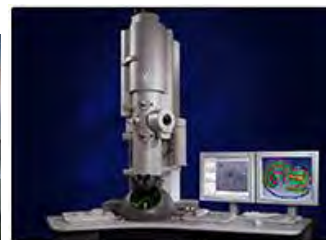
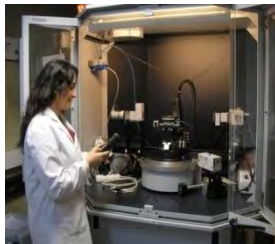
Instituto de Nanociencia de Aragón

Laboratorio de Microscopías Avanzadas (LMA)

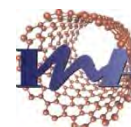
Infraestructura Científico Técnica Singular (ICTS),

equipamiento de última generación para la fabricación y caracterización de materiales nanoestructurados

- Área de **microfabricación**:
 - Dual Beam, crecimiento de capas delgadas y nanolitografía
- **Caracterización de nano-estructuras**: SEM, XPS y XRS
- Área de **microscopia electrónica de transmisión** (TEM)
 - TITAN³ –Imagen de Alta Resolución (High-Base)
 - TITAN-Analítico (Low-base)
- Área de **microscopia de Sonda Local** (SPM)
- Laboratorio de **aplicaciones biomédicas**
- Laboratorio de **síntesis y funcionalización de nanosistemas**



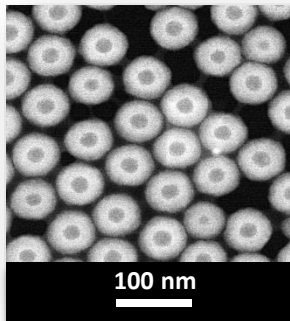
Nanotecnología



Nanotecnología

Escala Nanométrica

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$



Nanotecnología

Nanomaterial

1D < 100 nm

Recomendación
CE 18/11/2011

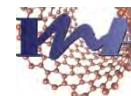
Material natural, secundario o fabricado que contenga partículas sueltas o formando un agregado o aglomerado con:
≥ 50 % partículas → tamaño 1-100 nm
Casos específicos (medio ambiente, salud, seguridad o competitividad): 1-50%

● Origen Natural

- *En suspensión*: partículas cristalinas de sal proveniente de los océanos; *en suelos*: arcillas, óxidos metálicos...

● Origen Antropogénico*

- *Ultrafinas*: combustiones, soldaduras, procesos atrición, **operaciones o procesos industriales capaces de generar nanopartículas**
- *Fabricadas*: **propiedades especiales para ciertas aplicaciones**



Nanotecnología

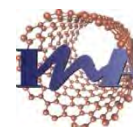
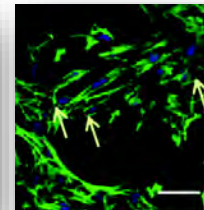
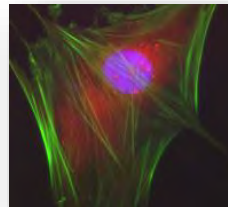
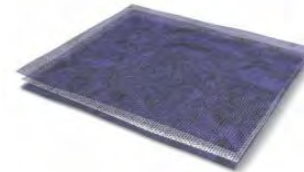
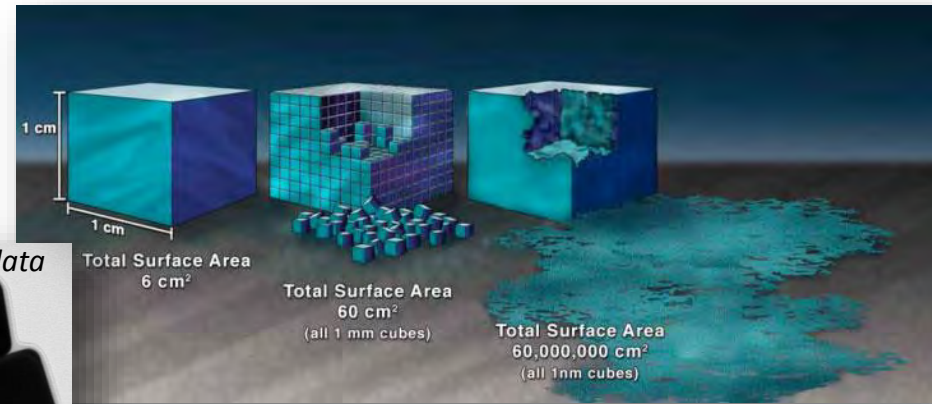
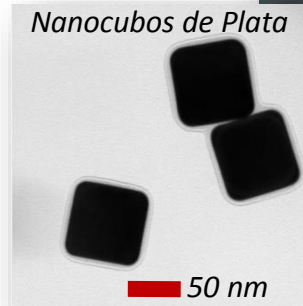
Propiedades

- Aumento de la relación superficie-volumen
→ Elevada reactividad química

- Cambios en su interacción con la radiación electromagnética

- Materiales compuestos con propiedades excepcionales: ligereza, resistencia a la corrosión, alta resistencia mecánica, comportamiento dieléctrico, durabilidad...

- Capacidad de atravesar membranas biológicas. Aplicaciones en medicina: diagnóstico y tratamiento



Nanotecnología en entornos reales

Concentración de ENMs [1]

- En muestras o escenarios reales los ENMs aparecen junto con material nanométrico

respiración
actividad

- Se requiere
nanotecnología
requiere

Dificultad de analizar procesos en presencia de partículas de FONDO

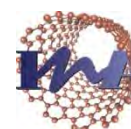
as

ango
Esto

- Es preciso **identificar y discriminar** ENM de muestras ambientales.

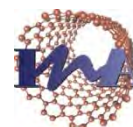
[1] N. Lubick. Environm. Sci. Technol, 2009, 43, 6446-647 23.

[2] V. Gomez, A. Clemente, S. Irusta, F. Balas and J. Santamaria. Environ. Sci.: Nano, 2014, 1, 496



Instituto de Nanociencia de Aragón

NanoSeguridad



Instituto de Nanociencia de Aragón

NanoSeguridad

Instalaciones únicas para la **evaluación de riesgos** asociados al trabajo con ENMs ^[1]

Posibilidad de **simulación**
de procesos en **AUSENCIA**
de partículas de **FONDO**

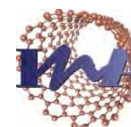
Evaluación de operaciones y procesos

Capacitación práctica de trabajadores



Cámara de exposición de atmósfera controlada con sistema automático de limpieza integral (aire-agua)

[1] Clemente et al. J. Hazardous Materials, 2014, 280, 226-234.

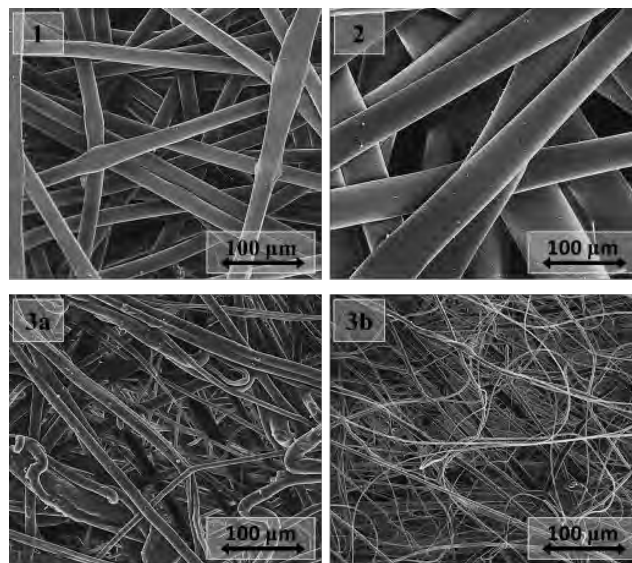
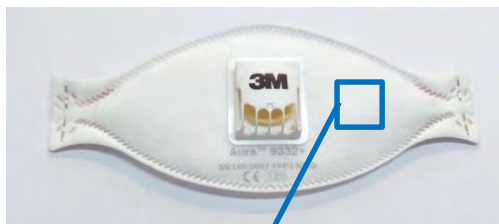


Instituto de Nanociencia de Aragón

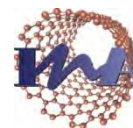
NanoSeguridad

Desarrollo de métodos de marcaje de NMs que permitan su discriminación^[1]

Medios filtrantes



[1] Clemente et al. Environ. Sci.: Nano, 2016, 3, 631-637.

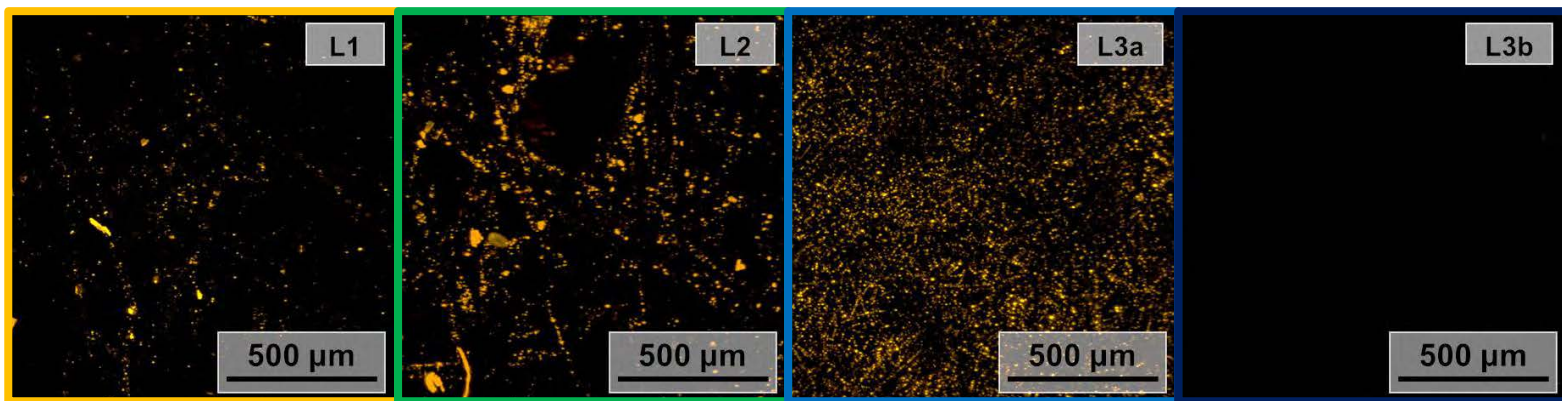
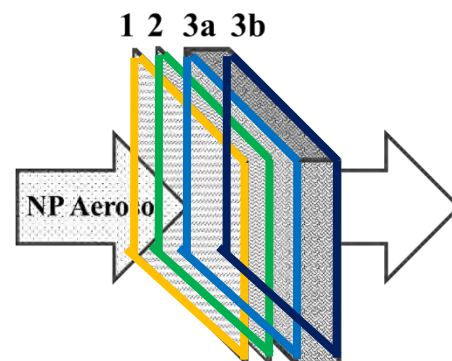
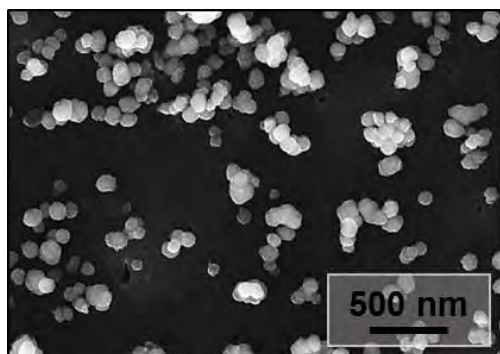


Instituto de Nanociencia de Aragón

NanoSeguridad

Desarrollo de **métodos de marcaje de NMs** que permitan su discriminación^[1]

Medios filtrantes



[1] Clemente et al. Environ. Sci.: Nano, 2016, 3, 631-637.

Nanotecnología

Ámbito de la construcción

El uso de nanotecnología da lugar a nuevos materiales **con funcionalidades y características mejoradas:**

Reducción de peso

Autolimpieza

Mejorar la durabilidad
y resistencia



Estabilidad térmica

Resistencia al fuego



Nanotecnología en Construcción

Realidad Industrial

Nanomaterial	Aplicaciones
TiO₂	Preparación de materiales en base cemento para aportar propiedades descontaminantes y auto-limpiantes. Concreto, cemento, mortero, pintura, recubrimientos, vidrios, material aislante
SiO₂	Aditivo para cementos, polímeros, pinturas, vidrios, material aislante... permite mejorar sus propiedades
Nano-arcillas	Aditivo para materiales compuestos en aislantes térmicos y sistemas de recuperación energía, cargas de refuerzo para materiales y aditivos para cemento
Nanotubos de carbono y nano-arcillas	Mejora de propiedades mecánicas en polímeros y cementos.
CuO	Material conservante para madera, aditivo en aceros modificados para la mejora de la resistencia a la corrosión y reducción del stress estructural.
Ag	Pinturas, recubrimientos...



Nanotecnología en Construcción

Realidad Industrial

Cementos foto-catalíticos:
TX-Active. ITALCEMENTI



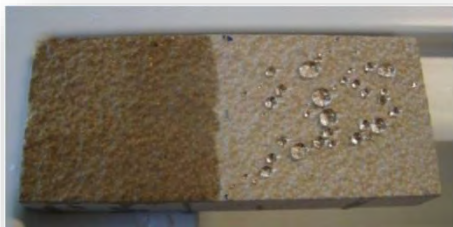
Iglesia de la Divina
Misericordia (Roma, 2003).
Diseñada por Richard Meier



Cemento con NP-TiO₂



Tunel "Umberto I" (Roma).



TECNADIS PRS PERFORMANCE.
Producto único hidrofugante y
oleofugante. TECNCAN



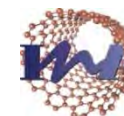
Aumento de la durabilidad de las
estructuras de hormigón aplicado a obras
hidráulicas e infraestructuras portuarias
[puerto de Carboneras (Almería) y en el de
Los Mármol (Las Palmas)]



Hormigón de alto rendimiento con NP cerámicas
Gärnerplatzbrücke, Kassel (Alemania, 2007)

Nanotecnología en Construcción

Vías de Exposición



Nanotecnología en Construcción

Exposición a Nanomateriales

Embebidos en una matriz,
integrados en la estructura de
otros productos como aditivos

Es complejo conocer el **nivel de exposición real**. Va a depender de la **capacidad** que tengan estos de **liberarse de la matriz**.

Presentación del
ENMs en el
producto final

Solubilidad

Proceso al que
se somete



Nanotecnología en Construcción

Exposición a Nanomateriales

Operaciones o procesos industriales susceptibles de generar nanopartículas (diseñadas o no) en fase aerosol (polvo o niebla)

- (1) mezclado y/o preparación del material
- (2) puesta en obra: pulverización, aplicación pinturas, revestimientos
- (3) operaciones mecánicas: corte, lijado, demolición,...
- (4) gestión de residuos y limpieza
- (*) La fabricación de productos que contengan ENMs para su uso en construcción.



Nanotecnología en Construcción

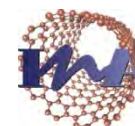


Uso de nanomateriales en productos de construcción



Trabajadores expuestos

Ausencia de regulación en materia de **identificación** del empleo de nanomateriales en el sector de la construcción y que en ocasiones se omite que se haya utilizado algún producto nanoparticulado [1].



Instituto Universitario de Investigación
en Nanociencia de Aragón
Universidad Zaragoza

[1] Jones, W.; Gibb, A.; Goodier, C.; Bust, P.; Jin, J.; Song, M. (2015) "Nanomaterials in construction and demolition – how can we assess the risk if we don't know where they are?", J. Phys. Conf. Series 617, 012031

Nanotecnología en Construcción

En una encuesta realizada por la Federación Europea de la Industria de la Construcción (FIEC) y por la Federación Europea de Trabajadores de la Construcción y de la Madera (EFBWW):

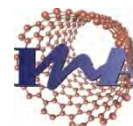
un **71%** de los empresarios y un **80%** de los representantes de los trabajadores **desconocía que los productos y materiales que utilizan en su empresa contienen nanomateriales** [1]



NO se tienen en cuenta en la **evaluación de riesgos** ni en la **planificación de las medidas preventivas**, quedando desprotegidos los trabajadores frente a estos riesgos [2]

[1] van Broekhuizen F and van Broekhuizen P (2009). Nano-products in the European Construction Industry. State of the Art 2009. Executive Summary. <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20final%20report%20ok.pdf>

[2] DG Research and Innovation, Key Enabling Technologies (2017), NanoDataLandscapeCompilation: Construction. <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:a3191960-a4ec-4671-84e1-e16ba66fc2c1/>



Nanotecnología en Construcción

Establecimiento de Valores Límite: estado actual



Actualmente en España **no existen límites de exposición profesional específicos para nanomateriales**. Sin embargo, a nivel internacional los habituales países de referencia (EEUU, Reino Unido, Japón, Alemania, Holanda) disponen de valores límite recomendados.

Estos valores límite aunque son orientativos, siguen un mismo orden de magnitud y permiten disponer de un valor de referencia básico



Los valores límite de exposición de las sustancias conocidas **NO** son aplicables a la misma sustancia en forma nano



Nanotecnología en Construcción

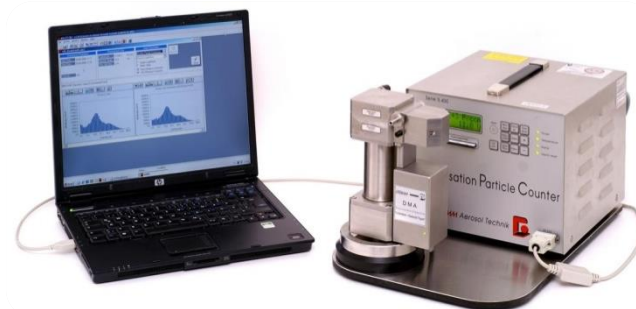
Establecimiento de Valores Límite: estado actual



Los valores límite para nanomateriales actuales asumen el término de **materia particulada total** (inhalable, torácica y respirable). De forma que quedan descartados los Límites de Exposición selectivos por tamaño de partícula.

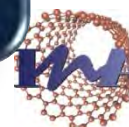
Las unidades de medida aplicadas se basan en la **cuantificación de nanopartículas** presentes en el aire de la **zona de respiración del trabajador**.

1. Concentración (nº de partículas/cm³)
2. Masa (µg/m³)



Cabe destacar la insistente importancia que se otorga al tamaño de las NP en términos de toxicidad y la ausencia de un valor límite selectivo por tamaño de las NP.

El aumento del conocimiento en esta materia marcará en un futuro su necesidad o no.



Nanotecnología en Construcción

Establecimiento de Valores Límite: estado actual

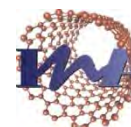
Nanomaterial	País	Masa	Concentración
Fine TiO ₂ (respirable)	EEUU	2.4 mg/m ³	---
Ultrafine TiO ₂ (respirable)	EEUU	0.3 mg/m ³	---
Nanotubos de carbono	EEUU	1 µg/m ³	---
Nanofibras de carbono.			
Ambos fracción respirable.	Japón	0.6 mg/m ³	---
TiO ₂			
Fullerenos (C ₆₀)	Japón	0.39 mg/m ³	---
Nanotubos de carbono	Japón	0.03 mg/m ³	---
Nanofibras	Reino Unido	0.01 fibra/ml	---
Nanomateriales clasificados cancerígenos, mutagénicos generadores de asma y tóxicos reproducción (CMAR)	Reino Unido	0.1 x VLA del material padre	---
Nanomateriales insolubles	Reino Unido	0.066 x VLA del material padre	20.000 partículas/ml
Nanomateriales solubles	Reino Unido	0.5 x VLA del material padre	---



Nanotecnología en Construcción

Establecimiento de Valores Límite: estado actual

NANOMATERIAL	PAIS	MASA	CONCENTRACIÓN
Nanomaterial granular con densidad $>6000\text{kg m}^{-3}$	Alemania	--	20.000 partículas/cm ³
Nanomaterial granular con densidad $<6000\text{kg m}^{-3}$	Alemania	--	40.000 partículas/cm ³
Nanomaterial granular	Alemania	0.1 mg/m ³	Establece una concentración de nanopartículas distinta en función de su densidad y su tamaño, para 0.1 mg/m ³ .
Nanofibras rígidas, biopersistentes con efectos similares al amianto no están excluidas.	Holanda	0.01 fibras/cm ³	Ejemplos. SWCNT/MWCNT, fibras de óxido de metales con efectos similares al amianto no están excluidas.
Nanomateriales granulados biopersistentes entre 1-100 nm y $>6000\text{kg m}^{-3}$	Holanda	--	20.000 partículas/cm ³ Ejemplos: Ag, Au, CeO ₂ , Fe ₃ O ₄
Nanomateriales granulados biopersistentes entre 1-100 nm y $<6000\text{kg m}^{-3}$	Holanda	--	40.000 partículas/cm ³ Ejemplos: SiO ₂ , ZnO, TiO ₂ , nclay, CB
Nanomateriales granulados no biopersistentes entre 1-100 nm.	Holanda	--	Valor Límite Ambiental aplicable. Ej: NaCl

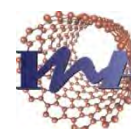


Nanotecnología en Construcción

Plan de acción

1. Recopilar y ordenar de forma clara y accesible la información disponible actualmente :

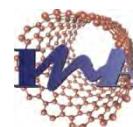
- acerca de los **materiales usados** en el sector de la construcción que contengan ENMs,
- **operaciones** en las que se utilicen y que sean susceptibles de generar emisión de material nanoparticulado,
- **frecuencia y duración** de dichas operaciones;
- **medidas preventivas** aplicadas actualmente para su control



Nanotecnología en Construcción

Plan de acción

2. Analizar la exposición real a nanomateriales durante la realización de ciertas operaciones que involucren la utilización de materiales que contengan ENMs y sean susceptibles de generar emisiones nanoparticuladas.



Nanotecnología en Construcción

Plan de acción

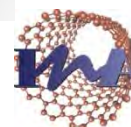
3. Establecer recomendaciones para minimizar la **exposición** de los trabajadores del sector de la construcción a nanomateriales.



Nanotecnología en Construcción

Plan de acción

4. Mejorar la información y formación de los trabajadores del sector de la construcción expuestos a nanomateriales para mejorar las condiciones de seguridad e higiene en las que realizan su trabajo



Nanotecnología en Construcción



Mejorar las condiciones de seguridad e higiene laborales de los trabajadores del sector de la **construcción** que estén en contacto con nanomateriales o productos que los contengan

Oportunidades de la Nanotecnología



Universitario de Investigación
nociencia de Aragón

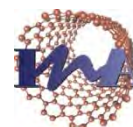
Universidad Zaragoza

Gracias

M. Pilar Lobera

Investigadora, INA

Exposición de Trabajadores a Nanomateriales en el Sector de la Construcción



Instituto Universitario de Investigación
en Nanociencia de Aragón
Universidad Zaragoza