

2

autor Paula Angelomé - Juan C. Angelomé

# NANOTECNOLOGIA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

Serie 37

1

temas

- Nanomateriales Aplicados a la Industria de la Construcción
- Desafíos Y Perspectivas de la Nanotecnología en la Industria de la Construcción
- Nanotecnología en Argentina: Organismos Públicos
- Nanotecnología en Argentina: Empresas
- Fichas Técnicas
- Ejemplos de Aplicación



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

A REA DE  
P ENSAMIENTO  
E STRATEGICO



---

Innovación y Tecnología

autor Paula Cecilia Angelomé - Juan Carlos Angelomé

# NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Serie 37

AREA DE  
PENSAMIENTO  
ESTRATEGICO



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN



# NANOTECNOLOGIA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

Cámara Argentina de la Construcción



autor

Paula Cecilia Angelomé -  
Juan Carlos Angelomé

Angelomé, Paula Cecilia

Nanotecnología en la industria de la construcción / Paula  
Cecilia Angelomé ; Juan Carlos Angelomé. - 1a ed. - Ciudad  
Autónoma de Buenos Aires : FODECO, 2019.

64 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-4401-57-1

1. Construcción. I. Angelomé, Juan Carlos II. Título

CDD 690

Esta edición se terminó de imprimir en Imprenta Dorrego  
S.R.L., Av. Dorrego 1102 – Buenos Aires

En el mes de Diciembre de 2019

1era. edición – Diciembre 2019 / 150 ejemplares



diseño

Hey, Baires!

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la  
cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida  
en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico,  
químico, óptico, de grabación o de fotocopia sin previo  
permiso escrito del editor.

ISBN 978-987-4401-57-1



9 789874 401571

<input type="checkbox"/>	Resumen Ejecutivo	05
<input type="checkbox"/>	Introducción a la Nanotecnología y los Nanomateriales	07
<b>1</b>	<b>Nanomateriales Aplicados a la Industria de la Construcción</b>	<b>09</b>
<input type="checkbox"/>	Incorporación de Nanomateriales a Materiales Tradicionales	11
<input type="checkbox"/>	Realización de Nuevos Tratamientos a Materiales Tradicionales	13
<input type="checkbox"/>	Monitoreo Utilizando Sensores Basados en Nanomateriales	14
<b>2</b>	<b>Desafíos Y Perspectivas de la Nanotecnología en la Industria de la Construcción</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>NANOTECNOLOGIA EN ARGENTINA: Organismos Públicos</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>NANOTECNOLOGIA EN ARGENTINA: Empresas</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Fichas Técnicas</b>	<b>27</b>
<input type="checkbox"/>	Incorporación de nanomateriales, recubrimientos	30
<input type="checkbox"/>	Incorporación de nanomateriales, aditivos	44
<input type="checkbox"/>	Nuevos tratamientos a materiales tradicionales	55
<b>6</b>	<b>Ejemplos de Aplicación</b>	<b>57</b>
<input type="checkbox"/>	Museum Of Earth	59
<input type="checkbox"/>	Museo Ara Pacis	59
<input type="checkbox"/>	La Chiesa Di Dio Padre Misericordioso	59



**Al Jalila Children's Specialty Hospital**

59



**County Zoo**

60



**Ministerio De Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva**

60



**7**

**Bibliografía Consultada y Recomendada**

57



# RESUMEN EJECUTIVO

---

La industria de la Construcción, si bien conserva una tradición ancestral en sus procesos y técnicas constructivas, ha sabido convivir con los avances tecnológicos y la creación de nuevos materiales.

Esa convivencia ha permitido lograr cada vez más y mejores edificios y superar año a año los límites que se proponen; creando y recreando técnicas y conocimientos que aumentan la base de las tecnologías que después usaremos en la construcción de nuestros edificios e infraestructuras.

Entre los nuevos paradigmas del conocimiento humano y en base a una nueva visión en la ciencia, ha entrado en nuestro imaginario, la nanotecnología y los nanomateriales.

En este escenario de cambio, el Área de Pensamiento Estratégico de la Cámara Argentina de la Construcción pensó en un análisis y estudio de prospectiva en la Argentina y en referencia al mercado Internacional.

Se establecieron como objetivo:

- Observar las posibilidades de cómo estas nuevas expe-

riencias pueden ser aprovechadas por los profesionales y empresas, con el objeto de mejorar las prestaciones de sus productos y producciones.

- Establecer el escenario actual y las perspectivas de la nanotecnología y los nanomateriales aplicados a la industria de la construcción en el escenario nacional e internacional.

El libro espera concluir con un análisis de ventajas de la nanotecnología y cómo los nanomateriales pueden ayudar a mejorar los materiales tradicionales. Exploración y análisis de los nanomateriales y la nanotecnología como asistente en la mejora de los procesos productivos y los proyectos de Construcción, explorando: nuevas propiedades, mejoras en las prestaciones, optimización de rendimientos, resolución con nuevas tecnologías de viejos problemas.

Y por último y para informar a corto plazo una búsqueda de nanomateriales y tecnologías disponibles en la Argentina en especial y en el mundo en general, donde se están elaborando.



# INTRODUCCIÓN A LA NANOTECNOLOGÍA Y LOS NANOMATERIALES

La Real Academia Española, define a la nanotecnología de la siguiente manera

## Nanotecnología

De nano- y tecnología.

1. f. Tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología.

Avancemos un poco más: el prefijo “nano” deriva de la palabra griega nanos, que significa “enano”. Un nanómetro (abreviado nm) es un millonésimo de milímetro o una milmillonésima parte de un metro. Estas dimensiones están por encima de la escala atómica (Imagen 1) pero muy por debajo de la escala a la que estamos acostumbrados en el día a día.

La nanociencia es el área de la ciencia que se dedica a estudiar a los materiales que presentan alguna de sus dimensiones en el rango entre 1 y 100 nm, también conocidos como nanomateriales. La nanotecnología, por otro lado, es la aplicación tecnológica de dichos materiales.

## Escala de la Nanotecnología

Nano =  $10^{-9}$  = 0,000000001

Nanometro =  $10^{-9}$ m = mil millonésima parte de un metro

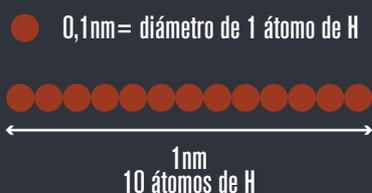


Gráfico 1: Escalas de la Nanotecnología Fuente: Elaboración propia

La escala nano es interesante porque los materiales que presentan estos tamaños poseen propiedades muy diferentes a las de los materiales de tamaños mayores. Entre estas propiedades novedosas se destacan las:

- ópticas
- magnéticas
- de conducción eléctrica
- electrónicas
- mecánicas

Los nanomateriales pueden ser:

- nanopartículas (todas sus dimensiones son de tamaño menor a 100 nm)
- nanohilos o nanocables (dos de sus dimensiones son de tamaño menor a 100 nm)
- recubrimientos o películas delgadas (una única dimensión tamaño menor a 100 nm)

Tal como se muestra en el Grafico 2, pueden observarse imágenes de algunos de estos materiales.

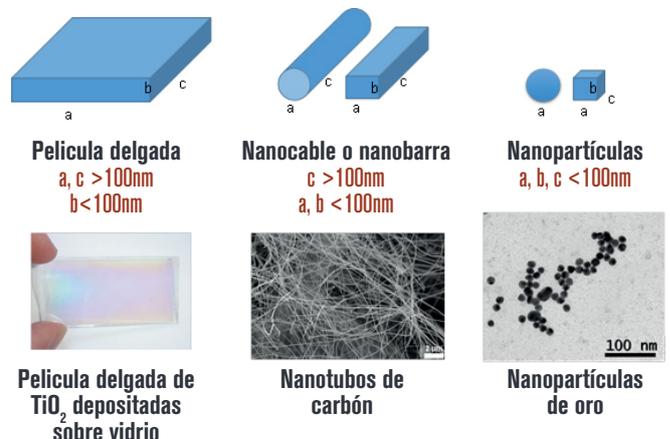


Gráfico 2: Clases de nanomateriales disponibles e imágenes de algunos ejemplos. Fuente: Elaboración propia.

Gracias a los avances de la química y la física de las últimas décadas, hoy en día pueden obtenerse nanomateriales con composiciones tan variables como las de los materiales tradicionales. Es decir, se pueden producir como nanomateriales: metales, óxidos, semiconductores y materiales orgánicos, como polímeros o plásticos.

Si bien ciertos nanomateriales se encuentran en la naturaleza y otros tantos han sido usados en la antigüedad, la nanotecnología como tal se ha desarrollado fundamentalmente en los últimos 30 años. Esto se debe a que se ha desarrollado, en paralelo, equipamiento que permite tanto ver, como controlar la preparación de los nanomateriales. Poder estudiar estos materiales permitió comprender cabalmente cuál es su estructura, cuáles son sus propiedades y cómo se interrelacionan estas dos variables. A partir de allí, fue posible diseñarlos e incorporarlos en las tecnologías existentes.

Actualmente, existe una gran variedad de nanomateriales disponibles y la investigación tanto básica como aplicada en el área continua, dando lugar a gran cantidad de nuevos materiales cada año. Así mismo, la cantidad de productos disponibles comercialmente que contienen nanomateriales se incrementa continuamente.

Como puede verse en el Grafico 3, todas las áreas de la tecnología se han visto favorecidas por la incorporación de nanomateriales a los materiales tradicionales, porque se han generado productos con propiedades mejoradas o diferentes a los disponibles previamente. El área de la construcción no es la excepción y actualmente se encuentran en el mercado una serie de productos que contienen nanomateriales entre sus ingredientes o componentes.

aplicación de la nanociencia producirá:

- Optimización de productos existentes: mejora de propiedades o de rendimiento.
- Obtención de materiales con nuevas funcionalidades
- Aumento de la protección contra daño: materiales más durables o que previenen el daño del material al que recubren.
- Reducción de peso y/o volumen: pequeñas cantidades de nanomateriales tienen un gran efecto final sobre el material en el que se incluyen, por lo que no se requiere utilizar grandes cantidades de estos.
- Reducción del número de paso de producción
- Uso más eficiente de materiales
- Reducción de requerimientos de mantenimiento: más facilidad para limpiar, menor frecuencia de limpieza, etc.
- Disminución de costos: derivado del menor consumo de materiales y energía.

Estos objetivos se logran principalmente mediante tres opciones:

- a- Incorporación de nanomateriales a materiales tradicionales.
- b- Realización de nuevos tratamientos a materiales tradicionales, para modificar su estructura a escala nanométrica.
- c- Utilización de sensores basados en nanomateriales.

En la actualidad, algunas de estas vías están más desarrolladas que otras, pero todas tienen aplicaciones concretas ya demostradas. En las

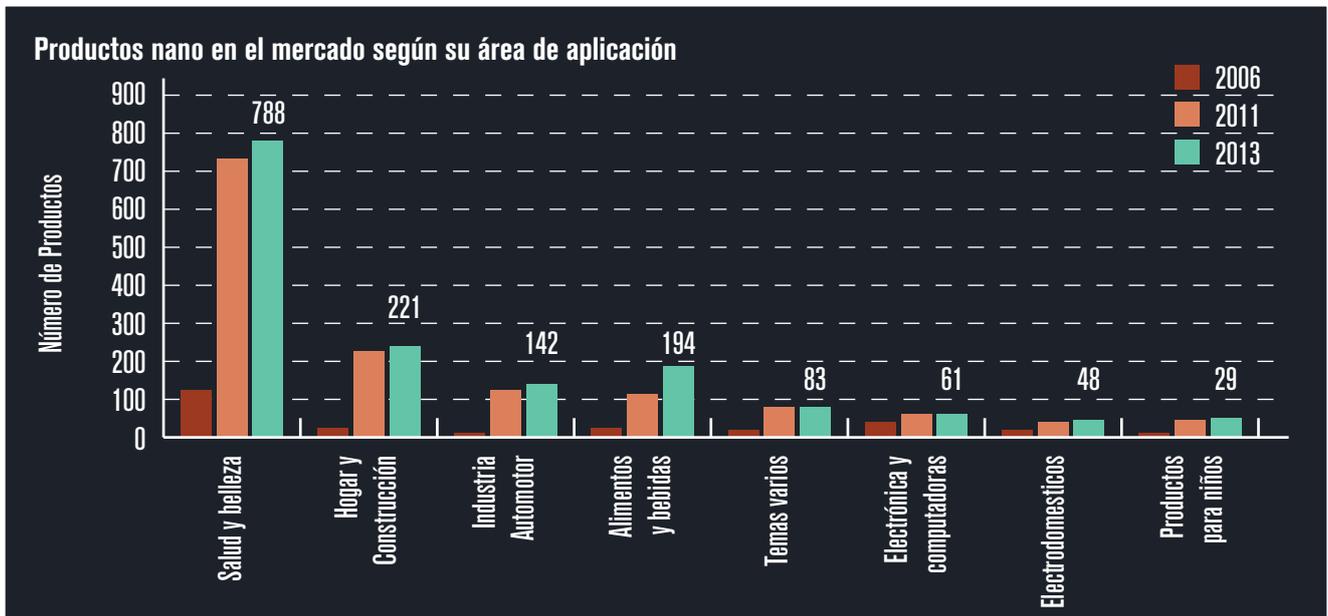


Gráfico 3: Número de productos en el mercado que contienen nanomateriales, divididos por área de aplicación.

Fuente: Elaboración propia en base a información disponible en: [www.nanotechproject.org](http://www.nanotechproject.org)

El crecimiento demostrado de la nanociencia y la nanotecnología en múltiples campos y en el de la construcción en particular, hace avizorar un cambio profundo en algunas cuestiones relacionadas a la Industria de la Construcción. Se espera que a corto plazo, la

próximas secciones, se darán detalles sobre estas tres vías de incorporación de la nanotecnología en la industria de la construcción y se darán ejemplos de materiales comerciales o en desarrollo en los que la nanotecnología juega un papel fundamental.

---

**a**capítulo 1

---

# NANOMATERIALES APLICADOS A LA INDUSTRIA DE LA CONTRUCCIÓN

---

**b**

temas

- Incorporación de nanomateriales a materiales tradicionales
  - Realización de nuevos tratamientos a materiales tradicionales
  - Monitoreo utilizando sensores basados en nanomateriales
-



## 1.1- INCORPORACIÓN DE NANOMATERIALES A MATERIALES TRADICIONALES

En la Tabla 1 se muestran los principales nanomateriales que se utilizan o se están ensayando actualmente como aditivos para materiales tradicionales, junto con los beneficios esperados por la introducción de estos nuevos componentes.

Nanomaterial	Aplicación	Beneficio esperado
Nanotubos de carbono	Hormigón	Incremento de durabilidad mecánica Prevención de fracturas
	Cerámicas	Mejora de propiedades mecánicas y térmicas
	Celdas solares	Mejora del transporte eléctrico
Nanopartículas de óxido de silicio	Hormigón	Mejora de propiedades mecánicas
	Cerámicas	Resistencia al fuego Transmisión de luz
	Ventanas	Protección antillama Antireflex
Nanopartículas de óxido de titanio	Cemento	Aumento de velocidad y cantidad de hidratación Autolimpieza
	Ventanas	Superhidrofilicidad Autolimpieza Antiniebla
	Celdas solares	Mejora de la efectividad
Nanopartículas de óxido de hierro	Hormigón	Resistencia a la abrasión Mejora de la resistencia a la compresión
Nanopartículas de plata	Pinturas	Actividad biocida
Nanoarcillas	Recubrimientos para madera	Prevención de degradación
Nanopartículas de óxido de zinc	Recubrimientos	Absorción de luz UV Actividad biocida
		Resistencia al rayado
Nanopartículas de óxido de aluminio (alúmina)	Recubrimientos	Resistencia al rayado

Tabla 1: Listado de nanomateriales incorporados a materiales tradicionales y beneficios esperados

A continuación, se describen en detalle las aplicaciones propuestas para los materiales tradicionales modificados con nanomateriales. Se ha realizado una división en base a las aplicaciones esperadas de los materiales modificados con nanomateriales, y no en base a los nanomateriales en sí, porque más de un nanomaterial puede impartir la misma funcionalidad al mismo material tradicional.

### **a- Recubrimientos basados en nanomateriales**

Antes de entrar en el detalle de las aplicaciones en desarrollo, es importante destacar por qué resulta de interés utilizar nanomateriales en recubrimientos funcionales. Las razones son múltiples y pueden separarse en cuatro beneficios:

- Las dispersiones de tamaño nanométrico tienen mejor capacidad para interactuar con la superficie sobre la que se depositan, logrando una penetración más profunda, una mejor cobertura de superficies irregulares y/o una mayor interacción con la superficie a recubrir. Todas estas características repercuten en la obtención de recubrimientos más duraderos.
- Los ingredientes de tamaño nanométrico, debido a su pequeño tamaño, suelen ser transparentes y por ende pueden usarse en aplicaciones que requieren que la superficie subyacente permanezca visible tras el recubrimiento. La madera y el vidrio son ejemplos típicos de esta necesidad.
- La posibilidad de producir ingredientes transparentes abre la puerta a nuevos aditivos que introducen nuevas características a revestimientos que de otra manera no serían transparentes.
- La mejora en las metodologías para formar y dispersar homogéneamente los ingredientes de tamaño nanométrico en la matriz de recubrimiento permite la aplicación real de estos nuevos aditivos para obtener recubrimientos realmente mejorados.

A continuación, se describen en detalle algunos ejemplos de recubrimientos disponibles en el mercado. Más detalle sobre cada uno de ellos pueden encontrarse en las fichas que acompañan este libro.

#### **a.1- Recubrimientos auto limpiantes basados en el efecto loto**

El efecto loto debe su nombre a las hojas de la flor de loto, que presentan una alta repelencia al agua, también conocida como superhidrofobicidad. Las superficies con efecto loto no se mojan, sino que las gotas de agua quedan en forma esférica y se deslizan hasta caer. En este proceso, arrastran la suciedad que pudieran encontrar en su camino. Este fenómeno se debe a la presencia de nanoestructuras ordenadas distribuidas en la superficie.

En la actualidad, se encuentran disponibles comercialmente formulaciones líquidas que se esparcen sobre las superficies a las que se quiere lograr el efecto auto limpiante. Estos productos contienen una serie de aditivos que, al secarse, crean una textura superficial con patrones de formas geométricas que tienen “picos” o “puntos altos”, dando lugar a un efecto equivalente al encontrado en la naturaleza.

Además, es posible utilizar una tecnología similar para repeler aceites y otros líquidos orgánicos, en lugar de agua. De esta manera, se logran las superficies anti-grafiti.

#### **a.2- Recubrimientos auto limpiantes basados en fotocatalisis**

Cuando se habla de fotocatalisis se hace referencia a una reacción catalítica que involucra la absorción de luz por parte de un catalizador. En presencia de un fotocatalizador y luz, pueden ocurrir reacciones químicas que no ocurrirían en otras condiciones. Entre estas reacciones químicas, se cuenta la eliminación de materia orgánica, es decir, una forma de limpieza. Así, aprovechando las ventajas de la fotocatalisis, es posible mantener limpias superficies, si de las recubre con un fotocatalizador y se las expone a la luz solar. Esto resulta ideal en el caso de superficies que están expuestas al sol, como los vidrios o paredes de edificios.

Este proceso puede realizarse con cualquier fotocatalizador, pero al utilizar fotocatalizadores nanométricos es posible conservar las características de la superficie original, debido a que no presentan color gracias a su pequeño tamaño.

En la actualidad, el principal fotocatalizador utilizado es el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Se utilizan formulaciones basadas en nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, que se pueden aplicar sobre una gran variedad de superficies. En espacios cerrados, la presencia del TiO<sub>2</sub> ayuda a eliminar microorganismos del ambiente, lo que da lugar a una mejora de la calidad del aire que rodea al recubrimiento.

Un caso particular de este tipo de recubrimiento son los vidrios auto limpiantes. En este caso el vidrio está recubierto por una capa pareja de TiO<sub>2</sub> de unos 15 nm de espesor. El espesor nanométrico permite conservar la transparencia del vidrio e incorpora la ya explicada actividad fotocatalítica. Además, debido a la hidrofobicidad del óxido, los restos generados se remueven con el agua de lluvia.

#### **a.3- Recubrimientos antibacteriales**

Además de los ya mencionados recubrimientos basados en fotocatalizadores, es posible incorporar en superficies y pinturas nanopartículas de plata u óxido de zinc, que presentan una mayor actividad antibacterial. En este caso, se aprovecha que las nanopartículas presentan una gran área de contacto con el medio y por lo tanto, son mucho más efectivas que una superficie uniforme del material.

#### **a.4- Recubrimientos protectores**

En este caso, se trata de una diversidad de nanomateriales que se incorporan a materiales de recubrimiento, para dotarlos de propiedades protectoras para la superficie subyacente. Nuevamente en este caso, como en otros mencionados anteriormente, el tamaño de las nanopartículas hace que los recubrimientos resulten completamente transparentes.

Por ejemplo, se incorporan nanopartículas de óxido de aluminio a resinas poliméricas para mejorar la capacidad de protección de pinturas. Otro caso interesante es el uso de nanopartículas de sílice o alúmina modificadas con moléculas orgánicas para impartir elasticidad a recubrimientos, lo que los hace más resistentes a la abrasión.

También es interesante destacar la incorporación de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) en compuestos poliméricos que se utilizan para proteger concreto. El ZnO es un nanomaterial incoloro al ojo que, gracias a

su tamaño, absorbe muy eficientemente la radiación UV proveniente del sol. De esta manera, protege al material al que recubre del daño que esta radiación suele causar.

### **b- Nanomateriales como Aditivos**

Los materiales compuestos se preparan combinando dos o más materiales, para conseguir una combinación de propiedades que no es posible obtener utilizando cada uno de los materiales originales. Estos compuestos pueden diseñarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad, entre otras. Si bien existen una gran cantidad de materiales compuestos en el mercado, en los últimos años han ganado gran notoriedad aquellos que incluyen nanomateriales entre sus componentes. Así, los nanomateriales se utilizan como aditivos de materiales tradicionales para proveer a estos últimos de nuevas características. A continuación, se describen algunos de los ejemplos más notorios de materiales compuestos con nanomateriales entre sus componentes.

#### **b.1- Aditivos para Hormigón**

El hormigón es uno de los materiales tradicionales que más se ha estudiado para mejorar sus propiedades agregando nanomateriales. Varias de las opciones que se han desarrollado ya se encuentran en el mercado, mientras que otras están aún siendo estudiadas.

Uno de los ejemplos que ya se encuentran disponible es el hormigón proyectado modificado con partículas de sílice amorfa de tamaño nanométrico uniforme. La incorporación de estas partículas mejora las propiedades reológicas del hormigón, facilitando su aplicación. Además, las nanopartículas mejoran el empaquetamiento de la matriz del concreto, lo que resulta en una mejora la durabilidad y las propiedades mecánicas del material. También se han modificado las propiedades reológicas del hormigón mediante la incorporación de fibras de celulosa de tamaño nanométrico.

Además, está en desarrollo la preparación de materiales compuestos basados en nanotubos de carbono o grafeno. Estos nanomateriales basados en carbón son livianos y presentan excelentes propiedades mecánicas, por lo que se espera que mejoren las propiedades mecánicas del hormigón sin modificar su peso.

Desde otra perspectiva, también se encuentran disponible comercialmente aditivos para acelerar el endurecimiento del hormigón para prefabricado pesado, basados en nanomateriales. Se trata de nanopartículas de silicato cálcico hidratado (CSH) que actúan como núcleo de cristalización, para facilitar la formación acelerada del gel CSH. De esta manera, se favorece la obtención de altas resistencias iniciales del hormigón a cualquier temperatura, sin necesidad de curado térmico.

#### **b.2- Refuerzos para polímeros**

En el área de los materiales plásticos, se está estudiando la incorporación de nanotubos de carbono para usos similares a los que actualmente se dan a plásticos reforzados con fibra de carbono. Los nanotubos son livianos y ayudan a mejorar las propiedades mecánicas. A diferencia de la fibra de carbono utilizada tradicionalmente, los nanotubos son más flexibles y pueden doblarse sin fracturarse,

además de ser más fácilmente dispersables.

De manera accesoria, la incorporación de estos nanotubos puede mejorar las propiedades de compuestos poliméricos que se utilizan como retardantes de llamas.

## **1.2- REALIZACIÓN DE NUEVOS TRATAMIENTOS A MATERIALES TRADICIONALES**

Esta área de la nanotecnología aplicada a la industria de la construcción buscar realizar modificaciones de la estructura de los materiales tradicionales a escala nanométrica, para modificar sus propiedades finales. Se busca así obtener nuevas funcionalidades modificando las condiciones de preparación de los materiales, de manera de generar en ellos modificaciones a escala nanométrica. Así, los materiales obtenidos incluyen nanomateriales o nanoporos en su interior, que les confieren propiedades diferenciales. A continuación, se describen dos áreas en las que se han utilizado este tipo de modificaciones.

### **a- Procesamiento de acero**

El ejemplo actual más significativo en este sentido es el refuerzo de acero modificado con nanoestructuras. Este tipo de acero tiene una resistencia a la corrosión similar a la del acero inoxidable, pero a un costo mucho menor.

Los aceros al carbono típicos forman una matriz de materiales químicamente diferentes: carburo y ferrita. Estos carburos son fuertes, pero frágiles, y permanecen inmóviles en los límites de grano. En un entorno húmedo se produce un efecto de batería entre los carburos y las ferritas que destruyen el acero desde adentro hacia afuera. Este efecto es el principal iniciador de corrosión con acero convencional. En comparación con el acero al carbono convencional, este acero modificado tiene una estructura completamente diferente a escala nanométrica: una estructura laminada que se asemeja a enchapado de madera. Este cambio se logra modificando las condiciones en las que se procesa térmicamente el material, de manera de lograr la formación de una nueva estructura a escala nanométrica. Esta modificación hace que este acero presente propiedades mecánicas superiores, mayor resistencia, ductilidad y resistencia a la fatiga, en comparación con otros aceros de alta resistencia. Además, el acero fabricado con nanotecnología no forma estas celdas micro galvánicas que dan lugar a la corrosión. Estas propiedades del material pueden prolongar la vida útil en entornos corrosivos y reducir los costos de construcción. Como la corrosión del acero es uno de los problemas más serios y costosos que enfrenta la construcción en la actualidad, las implicaciones del acero altamente resistente a la corrosión son de gran alcance.

Actualmente se encuentran en el mercado varios aceros procesados de esta manera, entre los que se destacan los producidos por MMXF (serie Chr mX 9000), Sandvik (Nanoflex) y NanoSteel.

En el caso particular de esta última empresa, han desarrollado una variedad de aleaciones de acero nanoestructuradas diseñadas para ofrecer un rendimiento superior a los materiales convencionales. NanoSteel ha diseñado una serie de productos químicos patentados para crear una nueva clase de aceros de alta resistencia avanzada. Este enfoque utiliza materias primas estándar, como chatarra, en combinación con ingredientes de aleación utilizados en proporciones novedosas. Así, durante el tratamiento térmico del acero se da lugar a transformaciones metalúrgicas desconocidas anteriormente, que repercuten positivamente en las propiedades del material final.

#### **b- Introducción de porosidad controlada**

Los materiales aislantes llamados 'nano' están compuestos de una nanoespuma o aerogel, que contiene orificios de tamaño nanométrico llenos de aire. Las características superiores de aislamiento de estos sólidos altamente porosos de baja densidad se deben a la forma única y al pequeño tamaño (diámetros entre 10 y 100 nm) de su gran cantidad de poros. La presencia de estos poros reduce significativamente el peso del material y su densidad, e impide la transmisión de calor y sonido.

Uno de los materiales más difundidos son los aerogeles de dióxido de silicio, inventados en 1931 pero revalorizados recientemente. Estos materiales son sólidos livianos derivado de un gel en el que el componente líquido se reemplaza por un gas. Así, el material final posee una porosidad de hasta el 97% en volumen. El resultado es un sólido de densidad extremadamente baja con varias propiedades notables, sobre todo su efectividad como aislante térmico. Esta propiedad está directamente relacionada con la poca cantidad de material sólido que contiene el aerogel (máximo 3% en volumen) haciendo que la conducción a través del sólido sea muy baja. Estas características hacen que los aerogeles sean los aislantes térmicos más sólidos y eficaces.

Otro material muy difundido está basado en la introducción de porosidad en poliuretano, lo que da lugar a paneles que requieren un espesor de la mitad de los tradicionales para ofrecer la misma performance como aislantes térmicos. En estos materiales, el 90% del volumen consiste en poros con diámetros de entre 50 y 100 nm.

En el mercado se encuentran, además, materiales basados en dióxido de silicio poroso para protección contra incendios y materiales para aislamiento acústico.

## **1.3- MONITOREO UTILIZANDO SENSORES BASADOS EN NANOMATERIALES**

En este tipo de aplicación, se toma ventaja de la capacidad de miniaturizar instrumentos de medida al utilizar nanomateriales para construirlos. De esta manera, es posible diseñar y construir sensores que permitan monitorear tanto los materiales en sí como el ambiente que los rodea, sin ocupar demasiado espacio. Existen una gran cantidad de ejemplos de sensores que permiten monitorear y / o controlar las condiciones ambientales, incluyendo: temperatura, humedad, humo y ruido, entre otras. etc.). En cuanto al estudio de los materiales en sí, se han construido sensores que permiten monitorear estrés, tensiones, vibraciones y agrietamiento, entre otros parámetros. En este último caso, los sensores pueden incluirse dentro de la estructura durante la etapa de construcción y monitorearse de manera remota. Este tipo de sistemas es capaz de proporcionar una indicación temprana del estado de una estructura, antes de que ocurra una falla.

El enfoque nanotecnológico no solo permite que los dispositivos sean mucho más pequeños, más confiables y eficientes energéticamente, sino que también abren nuevas posibilidades más allá del alcance de la mera fabricación a escala nano, aprovechando las propiedades diferenciales de los materiales nano respecto de las de los materiales tradicionales.

Un paso más allá del simple control del estado del ambiente y/o los materiales, es combinar los sensores con otro tipo de dispositivos que actúen de acuerdo con las medidas que estos provean, corrigiendo los parámetros ambientales o modificando las características del material. Este tipo de dispositivos también pueden verse beneficiados con el empleo de nanomateriales para su construcción.

---

**a**

capítulo 2

---

**DESAFIOS Y PERSPECTIVAS  
DE LA NANOTECNOLOGIA EN LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

---



Como cualquier disciplina novedosa, la nanotecnología aplicada a la industria de la construcción enfrenta desafíos que deben ser tenidos en cuenta:

- Los materiales requieren certificación, ya que se trata de materiales nuevos. En este punto es importante aclarar que el hecho de que se incorpore un nanomaterial no implica necesariamente una mejora del producto final, por lo que ésta debe ser demostrada.
- La garantía de los materiales debe poder calcularse, lo que no es sencillo cuando la cantidad de nanomaterial incorporada es pequeña.
- Para ciertos casos, debe ser factible la re-aplicación del nanomaterial para conservar las propiedades, lo que representa un desafío tecnológico.
- La toxicidad de los nanomateriales está aún en estudio. Es importante tener en cuenta que todas las características únicas de estos materiales pueden también tener efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Para algunos productos, aún existen discrepancias sobre la seguridad para trabajadores y usuarios finales.
- Relacionado con lo anterior, también están en desarrollo las normas que regulan el trabajo con nanomateriales, así como las que regulan el tratamiento de residuos que los contienen.

En cuanto a las perspectivas, es claro que el desarrollo a nivel experimental de nuevos materiales basados o conteniendo nanomateriales continuará en los próximos años. Por lo tanto, se espera que la incorporación al mercado de los productos desarrollados también se incremente significativamente. Esta perspectiva positiva se verá sin duda balanceada con las regulaciones que surjan acerca del impacto ambiental y en la salud humana de los nanomateriales y sus derivados (incluyendo los residuos), que aún se encuentran en desarrollo. Para seguir el progreso del mercado de productos con nanomateriales, se recomienda consultar el sitio web de la iniciativa Nano del Center for Construction Research and Training, que lleva una lista detallada y actualizada de los productos en el mercado que incluyen nanomateriales entre sus componentes ([www.nano.elcosh.org](http://www.nano.elcosh.org)).



---

**a**

capítulo 3

---

**NANOTECNOLOGIA  
EN ARGENTINA  
Organismos Públicos**

---



A continuación, se presentan los datos de contacto y una breve descripción de organismos públicos que se encuentran trabajando en el área de nanociencia y nanotecnología en Argentina. Si bien no existen organismos específicos dedicados al área de la construcción, en la gran mayoría de los casos, los materiales que se diseñan o se estudian en ellos podrían aplicarse en esta área.

## CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)

[www.conicet.gov.ar](http://www.conicet.gov.ar)

El CONICET es el principal organismo dedicado a la promoción de la ciencia y la tecnología en la Argentina. Dentro de este, trabajan una gran cantidad de investigadores en el área de nanociencia y nanotecnología. Algunos de ellos trabajan dentro de universidades nacionales y otros dentro de institutos que dependen total o parcialmente del CONICET. A continuación, se listan algunos de institutos dedicados parcial o exclusivamente a la nanociencia y la nanotecnología, en áreas que podrían estar vinculadas con la industria de la construcción:

- Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET)

[www.cab.cnea.gov.ar/inn/](http://www.cab.cnea.gov.ar/inn/)

- Instituto de Bionanotecnología del NOA – INBIONATEC (UBA-CONICET)

[www.tucuman-conicet.gov.ar/Secciones.php?IdSeccion=82](http://www.tucuman-conicet.gov.ar/Secciones.php?IdSeccion=82)

- Instituto de Nanobiotecnología – NANOBIOTEC (UBA-CONICET)

[www.nanobiotec.conicet.gov.ar](http://www.nanobiotec.conicet.gov.ar)

- Instituto de Tecnología en Polímeros y Nanotecnología – ITPN (UBA-CONICET)

[www.itpn.com.ar](http://www.itpn.com.ar)

En este instituto trabaja un grupo especializado en el desarrollo de polímeros para aplicaciones en petróleo y construcción.

- Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales – INTEMA (UNMDP – CONICET)

[www.intema.gob.ar](http://www.intema.gob.ar)

- Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas – INIFTA (UNLP - CONICET)

[www.inifta.unlp.edu.ar](http://www.inifta.unlp.edu.ar)

- Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía – INQUIMAE (UBA-CONICET)

[www.inquimae.fcen.uba.ar](http://www.inquimae.fcen.uba.ar)

- Instituto de Investigaciones en Tecnologías Energéticas y Materiales Avanzados – IITEMA (UNRC – CONICET)

- Instituto de Investigaciones en Físicoquímica de Córdoba (UNC – CONICET)

[www.infiqc-fcq.psi.unc.edu.ar](http://www.infiqc-fcq.psi.unc.edu.ar)

## UNIVERSIDADES NACIONALES

Además de los institutos de doble dependencia CONICET – Universidades mencionados en el apartado anterior, existen institutos o departamentos dependientes de Universidades nacionales dedicados al área de nanociencia y nanotecnología. Algunos de ellos son:

- Instituto de Nanosistemas (UNSAM)

[www.unsam.edu.ar/institutos/ins/](http://www.unsam.edu.ar/institutos/ins/)

- Facultad de Matemática, Astronomía y Física (UNC)

[www.famaf.unc.edu.ar/investigacion/fisica/](http://www.famaf.unc.edu.ar/investigacion/fisica/)

## **INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI)**

[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)

Los distintos centros que componen el INTI generan investigación y desarrollo en red, con el fin de acompañar e impulsar el crecimiento industrial de cada una de las provincias en las que están emplazados. Se cubre, de esta manera, una amplia gama de especialidades industriales.

Actualmente, en el INTI se trabaja en varias ramas de la nanociencia y la nanotecnología, entre los que se destaca el Centro de Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario (<http://www.inti.gob.ar/microynanoelectronica/>)

## **FUNDACIÓN ARGENTINA DE NANOTECNOLOGÍA**

[www.fan.org.ar](http://www.fan.org.ar)

Fundación dedicada a promover el desarrollo de proyectos y emprendimientos con nanotecnología y a difundir la nanociencia y las nanotecnologías en los distintos espacios de la sociedad argentina. Para lograr estos objetivos, cuenta actualmente con una serie de programas e iniciativas orientadas a emprendedores, investigadores y estudiantes que estén interesados en la temática. La fundación vincula a los distintos actores intervinientes y genera un espacio propicio para el desarrollo de estas tecnologías en el país. Por ejemplo, actualmente incuba una serie de empresas de base nanotecnológica en su predio.

---

**a**

capítulo 4

---

# NANOTECNOLOGIA EN ARGENTINA Empresas

---



El portfolio de empresas nacionales que incorporan nanomateriales a sus productos ha venido creciendo sostenidamente en nuestro país en los últimos años. Dentro del área de nanomateriales con aplicaciones en la industria de la construcción, se destacan las siguientes empresas:

## **NANOTEK**

[www.nanotek.ws](http://www.nanotek.ws)

Cuenta con una familia de productos compuestos por polímeros aditivados con nanopartículas para aplicaciones en vialidad y construcción. Los productos que comercializan incluyen estabilizadores de suelo, curadores de concreto y ladrillos aditivados con nanomateriales.

## **CHEMISA**

[www.chemisa.com.ar](http://www.chemisa.com.ar)

Fabrica productos químicos para brindar adherencia y protección anticorrosiva a metales, previo a la pintura. El espesor de estas capas protectoras es de unos pocos nanómetros.

## **ARBOT**

[www.arbot.com.ar](http://www.arbot.com.ar)

Cuenta con un área de domótica para edificios y casas inteligentes.

Además, varias empresas internacionales que operan en la Argentina comercializan productos que contienen nanomateriales.



# FICHAS TECNICAS

Incorporación de nanomateriales, recubrimientos

Incorporación de nanomateriales, aditivos

Nuevos tratamientos a materiales tradicionales

---



## 5.1- INCORPORACIÓN DE NANOMATERIALES, RECUBRIMIENTOS

- 1- Vidrios autolimpiantes
- 2- Recubrimientos autolimpiantes / purificadores
- 3- Recubrimientos super hidrofóbicos
- 4- Recubrimientos antigraffiti
- 5- Recubrimientos antibacteriales
- 6- Recubrimientos para madera I
- 7- Recubrimientos para madera II
- 8- Recubrimientos anti rayados / anti abrasivos
- 9- Recubrimientos para Concreto / Ladrillos / Mampostería
- 10- Membranas de curado para concreto
- 11- Pinturas funcionales
- 12- Recubrimientos para metales
- 13- Recubrimientos para pisos
- 14- Pisos antibacteriales

## 5.2- INCORPORACIÓN DE NANOMATERIALES, ADITIVOS

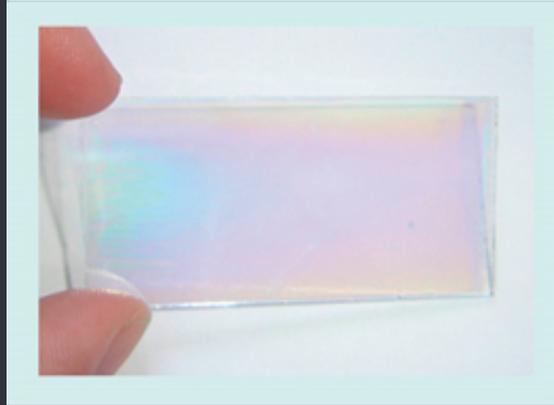
- 15- Aditivos para Hormigón I
- 16- Aditivos para Hormigón II
- 17- Aditivos para Hormigón III
- 18- Aditivos para Hormigón IV
- 19- Aceleradores de endurecimiento de Hormigón
- 20- Micromortero reforzado
- 21- Plásticos reforzados
- 22- Retardantes de llama
- 23- Aditivos para asfalto
- 24- Adhesivos

## 5.3- NUEVOS TRATAMIENTOS A MATERIALES TRADICIONALES

- 25- Acero modificado a escala nanométrica aislantes

## 5.1- Incorporación de nanomateriales, recubrimientos

### Nº1 Nombre: Vidrios Autolimpiantes



#### Usos:

Cerramiento de construcciones que deben permanecer limpias como techos de invernaderos y grandes superficies vidriadas.

#### Origen de las propiedades novedosas:

El vidrio está recubierto por una capa de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) de unos 15 nm de espesor. Este dióxido tiene la capacidad de descomponer la suciedad por interacción con la luz del sol (proceso denominado fotocatalisis) y remover los restos generados con el agua de lluvia gracias a su hidrofobicidad.

#### Ventajas:

Se incorpora una nueva propiedad al material. Durabilidad del efecto autolimpiante

#### Disponible comercialmente:

Si

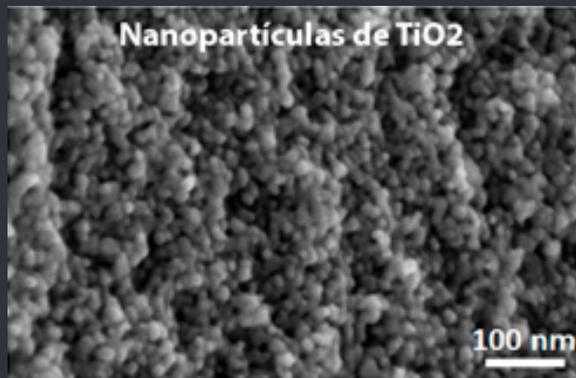
#### Ejemplo de productos:

Linea Activ (Pilkington)

#### Página web:

[www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)

## N°2 Nombre: Recubrimientos Autolimpiantes / Purificadores



### Usos:

Protección de todo tipo de materiales expuestos a la contaminación ambiente.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se trata de una formulación basada en nanopartículas de dióxido de titanio, que se aplica sobre una gran variedad de superficies. Este óxido descompone las sustancias orgánicas y microorganismos que ensucian las superficies o el aire que las rodea, a través de un proceso asistido por la luz del sol, denominado fotocatalisis. Al tratarse de nanopartículas, el recubrimiento resulta invisible al ojo humano.

### Ventajas:

Recubrimiento transparente. Preservación de la estética en el tiempo. mejora en la calidad del aire.

### Disponible comercialmente:

Si

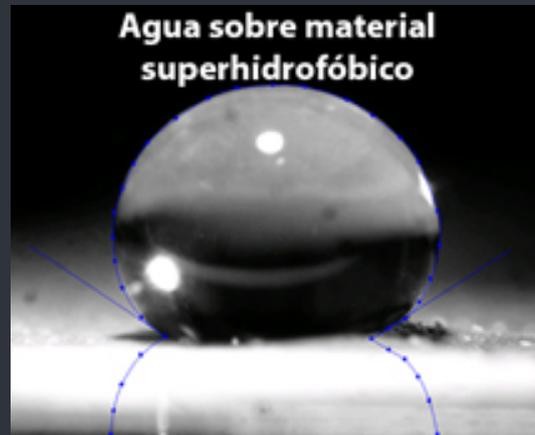
### Ejemplo de productos:

tx Active (Italcementi) - SurfaShield G (Nanophos) HYDROTEC (toto)

### Página web:

[www.italcement.it](http://www.italcement.it) - [www.es.i-nova.net](http://www.es.i-nova.net) - [www.nanophos.com](http://www.nanophos.com) - [www.gb.toto.com](http://www.gb.toto.com)

## Nº3 Nombre: Recubrimientos superhidrofóbicos



### Usos:

Se aplican sobre mortero, resinas, muros de piedra caliza, de arenisca y ladrillo, pinturas antiguas a la cal, cemento y silicato.

### Origen de las propiedades novedosas:

La mezcla que se esparce sobre la superficie contiene una mezcla de siliconas que al secarse forma patrones de formas geométricas nanométricas que sobresalen, rodeados de espacios intersticiales. Estos patrones hacen que las gotas de agua toquen un porcentaje muy pequeño del recubrimiento, quedando separadas de la superficie. el mismo efecto ocurre con ciertos líquidos oleosos.

### Ventajas:

No modifican el aspecto de la superficie. Los líquidos resbalan sobre la superficie. Extrema resistencia a la humedad. Reducción de adhesión de partículas de suciedad.

### Disponible comercialmente:

Si

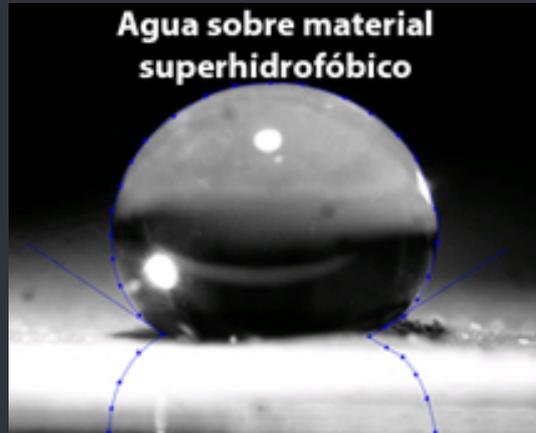
### Ejemplo de productos:

Tultra EverDry - Fluowet (Clariant) - Lotusan (Beissier)

### Página web:

[www.spillcontainment.com/products/ever-dry](http://www.spillcontainment.com/products/ever-dry) - [www.nanosurfacesolutions.com](http://www.nanosurfacesolutions.com) - [www.beissier.es](http://www.beissier.es)

## N°4 Nombre: Recubrimiento Antigraffiti



### Usos:

Protección de todo tipo de superficies, tanto exteriores como interiores.

### Origen de las propiedades novedosas:

Funcionan de manera similar a las superficies superhidrofóbicas, con una composición diferente que asegura la baja adhesión de las pinturas en aerosol. La pintura se remueve de la superficie por lavado a presión por agua.

### Ventajas:

Protección a largo plazo. No modifica el aspecto mde la superficie.

### Disponible comercialmente:

Si

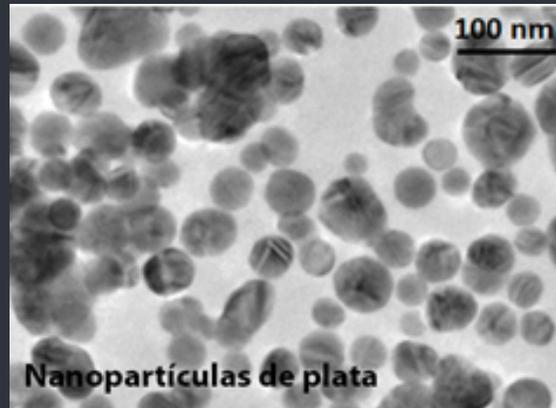
### Ejemplo de productos:

Faceal Oleo HD

### Página web:

[www.ecografitti.com](http://www.ecografitti.com)

## Nº5 Nombre: Recubrimientos Antibacteriales



### Usos:

Pinturas. Recubrimientos de superficies que deben permanecer libres de microorganismos.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan al material nanopartículas de plata u óxido de zinc. Estos materiales poseen capacidad germicida y aseguran la eliminación de todo tipo de bacterias con alta efectividad.

### Ventajas:

Se incorpora una nueva propiedad al material. Durabilidad del efecto germicida.

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

Asepsis Klima (Nanotek) - Pintura Antibacterial (Nano Acceleration Network) Hygienic (Bioni)

### Página web:

[www.nanoteksa.com](http://www.nanoteksa.com) - [www.nanotechnology.e-spaces.com](http://www.nanotechnology.e-spaces.com) - [www.bioni.de](http://www.bioni.de)

## N°6 Nombre: Recubrimientos para Madera I



### Usos:

Protección de pisos y otras superficies de madera

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan nanopartículas de óxido de aluminio a una resina polimérica. Estas nanopartículas mejoran la capacidad de producción de la pinturas, y por su tamaño, resultan completamente transparentes.

### Ventajas:

Acabado transparente. Alta protección.

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

NanoShield (Rust Oleum)

### Página web:

[www.rustoleum.com](http://www.rustoleum.com)

## Nº7 Nombre: Recubrimientos para Madera II



### Usos:

Protección de madera frente a condiciones climáticas adversas.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora a la pintura nanopartículas de polimeros que forman una barrera respirable flexible, al recubrir las fibras de madera a nivel celular, protegiéndolas desde adentro hacia afuera.

### Ventajas:

Mayor resistencia a la abrasión. La barrera UV evita que el color se desvanezca. Prohíbe la formación de moho y hongos.

### Disponible comercialmente:

Si

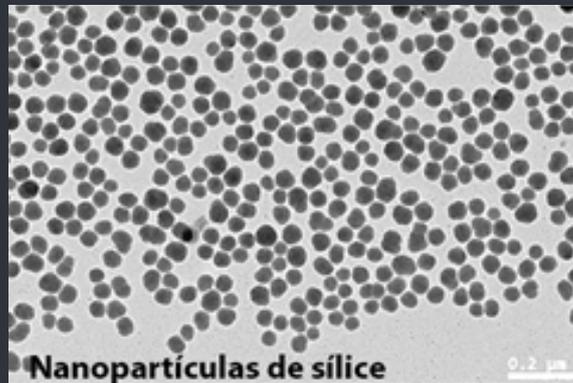
### Ejemplo de productos:

NanoGuard (Seal Once)

### Pagina web:

[www.seal-once.com](http://www.seal-once.com)

## N°8 Nombre: Recubrimientos Antirayado/Antiabrasivos



### Usos:

Preservación de todo tipo de superficies sometidas al desgaste: madera, muebles.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se trata de una dispersión de nanopartículas de sílice o alúmina modificadas con moléculas orgánicas, que se deposita sobre el material a proteger. La presencia de éstas partículas da elasticidad al recubrimiento y lo hace más resistente a la abrasión. El color de la superficie a proteger no se altera, debido al pequeño tamaño de las partículas.

### Ventajas:

Incremento de durabilidad mecánica. Prevención de fracturas.

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

Línea Nanobyk (ByK)

### Página web:

[www.byk.com](http://www.byk.com)

## Nº9 Nombre: Recubrimientos para Concreto / Ladrillos / Mampostería



### Usos:

Protección de superficies de concreto o ladrillos y mampostería.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora a la pintura nanopartículas de polímeros patentados que penetran en los poros del concreto y se unen a la superficie. Se forma así una barrera flexible y respirable que protege la superficie desde adentro hacia afuera y permite la eliminación de vapor.

### Ventajas:

Extiende la vida del material. Previene la eflorescencia, la descomposición y el crecimiento de hongos. Elimina el daño causado por el ingreso de agua.

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

NanoGuard (Seal Once)

### Página web:

[www.seal-once.com](http://www.seal-once.com)

## N°10 Nombre: Membranas de Curado para concreto



### Usos:

Curado de concreto

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan nanopartículas de óxido de zinc en el compuesto polimérico, lo que brinda una altísima resistencia a la luz UV solar, asegurando una capa selladora superficial que ayuda a preservar la máxima humedad durante el proceso de fraguado.

### Ventajas:

Capa transparente, no altera el color. Modera la temperatura superficial y filtra de los rayos solares. Retarda/elimina la evaporación del agua de la mezcla, durante el fraguado. Evita la formación de microgrietas, microfisuras o lajas.

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

SoilTek (Nanotek)

### Página web:

[www.nanoteksa.com](http://www.nanoteksa.com)

## N°11 Nombre: Pinturas Funcionales



### Usos:

Pintura para hogar

### Origen de las propiedades novedosas:

Las fibras de grafeno otorgan a las pinturas y recubrimientos propiedades innovadoras como: conductividad térmica, gran dureza, homogeneidad, resistencia y flexibilidad.

### Ventajas:

Nuevas propiedades. Mayor durabilidad. Menor mantenimiento.

### Disponible comercialmente:

Si

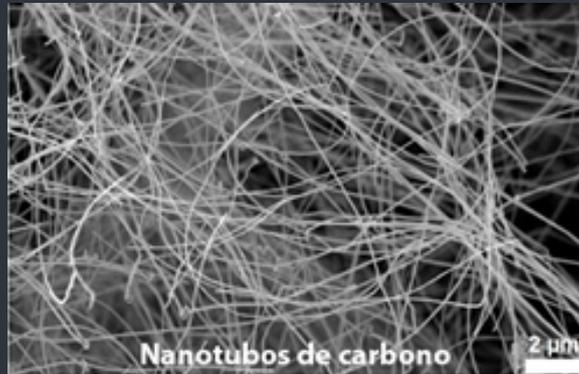
### Ejemplo de productos:

Graphenestone

### Página web:

[www.graphenestone.com](http://www.graphenestone.com)

## N°12 Nombre: Recubrimientos para metales



### Usos:

Plataformas marinas, tanques de almacenamiento, puentes y otras estructuras de acero.

### Origen de las propiedades novedosas:

Los primeros incorporan nanotubos de carbono y polvo de zinc. Los nanotubos aportan sus excelentes propiedades mecánicas para mejorar la durabilidad del recubrimiento.

### Ventajas:

Protección anticorrosión. Protección mecánica.

### Disponible comercialmente:

Si

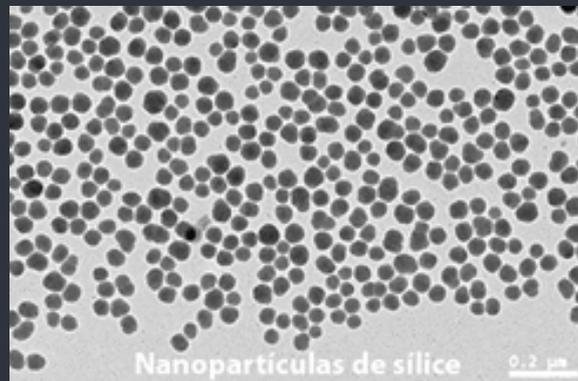
### Ejemplo de productos:

Línea Teslan

### Página web:

[www.teslanano.com](http://www.teslanano.com)

## N°13 Nombre: Recubrimiento para metales



### Usos:

Pisos vinílicos de alto tránsito

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan nanopartículas de sílice en la capa superficial de los pisos, aumentando su resistencia sin cambiar el aspecto, debido al pequeño tamaño de las partículas.

### Ventajas:

Mayor dureza. Mayor vida útil.

### Disponible comercialmente:

Si

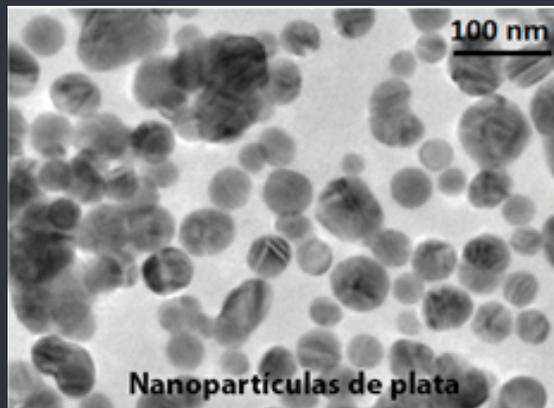
### Ejemplo de productos:

Líneas Adore y Regent (Adore Floors)

### Página web:

[www.adorefloors.com](http://www.adorefloors.com)

## N°14 Nombre: Pisos antibacteriales



### Usos:

Pisos vinílicos para interior

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan nanopartículas de sílice en la capa superficial de los pisos, aumentando su resistencia sin cambiar el aspecto, debido al pequeño tamaño de las partículas.

### Ventajas:

Se incorpora una nueva propiedad al material

### Disponible comercialmente:

Si

### Ejemplo de productos:

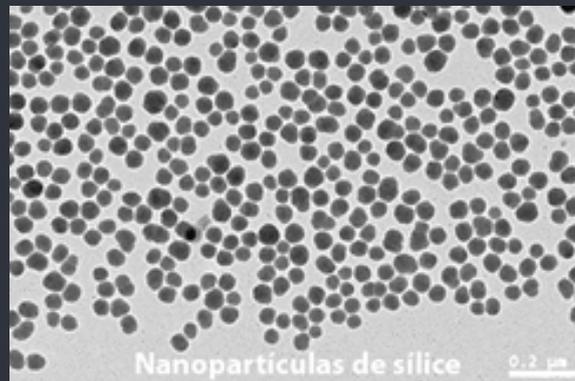
12 & 20 MIL LVT (Burke) - Nanosilver (Eykon)

### Página web:

[www.burkeflooring.com](http://www.burkeflooring.com) - [www.eykon.net](http://www.eykon.net)

## 5.2- Incorporación de nanomateriales, aditivos

### N°15 Nombre: Aditivos para hormigón I



#### Usos:

Hormigón proyectado

#### Origen de las propiedades novedosas:

El aditivo, que se incorpora durante la preparación de la mezcla, contiene nanopartículas de sílice amorfa de tamaño uniforme, que mejoran las propiedades reológicas del hormigón. Además, estas nanopartículas mejoran el empaquetamiento de partículas de la matriz de concreto, lo que resulta en una mejora en las propiedades del material final.

#### Ventajas:

Facilidad en la aplicación. Mayor durabilidad. Menor hidratación. Propiedades mecánicas mejoradas.

#### Disponible comercialmente:

Si

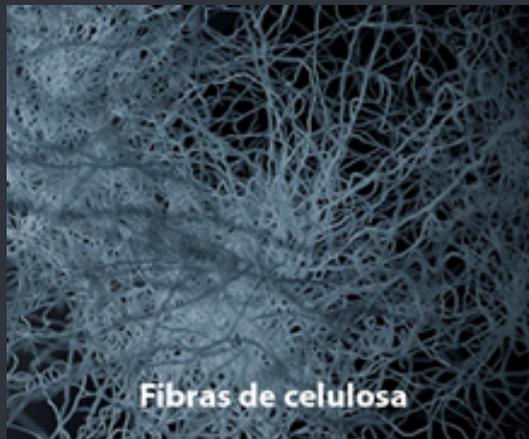
#### Ejemplo de productos:

TYTRO RC 430 (GCP)

#### Página web:

[www.mknano.com](http://www.mknano.com)

## N°16 Nombre: Aditivos para hormigón II



### Usos:

Hormigón autocompactante. Hormigón subacuático. Hormigón proyectado. Microconcreto y mortero pulverizados.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora al material de celulosa de tamaño nanométrico, que mejoran las propiedades reológicas del hormigón. Se agrega en la mezcla junto con el agua.

### Ventajas:

Mejora el límite de influencia. Crea un hormigón no pegajoso y no plástico. Aumenta la estabilidad de los productos finales.

### Disponible comercialmente:

Si

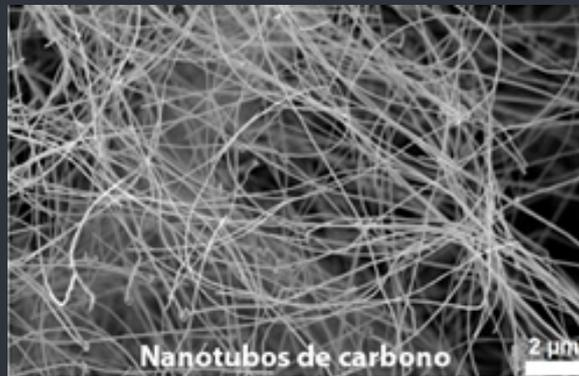
### Ejemplo de productos:

Exilva (Borregaard)

### Página web:

[www.exilva.com](http://www.exilva.com)

## N°17 Nombre: Aditivos para hormigón III



### Usos:

En principio, equivalentes a los usos actuales del hormigón

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora al material nanotubos de carbono, dispersos en la matriz. Estos nanotubos son livianos, tienen excelentes propiedades mecánicas y ayudan a mantener unidos los componentes del concreto.

### Ventajas:

Incremento de durabilidad mecánica. Prevención de fracturas.

### Disponible comercialmente:

NO (en desarrollo)

### Ejemplo de productos:

-

### Página web:

-

## N°18 Nombre: Aditivos para hormigón IV



### Usos:

Hormigón de alta prestación, prefabricado, semiseco, proyectado y armado.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora grafeno (lámina bidimensional de carbono) al material, de diferentes formas de acuerdo al uso que se dará al hormigón. El grafeno es liviano, resistente a la tracción, a la compresión y al desgaste.

### Ventajas:

Aumento de la vida útil. Mejora de propiedades mecánicas. Reducción del uso de cemento. Mejora en la conductividad eléctrica y térmica.

### Disponible comercialmente:

SI

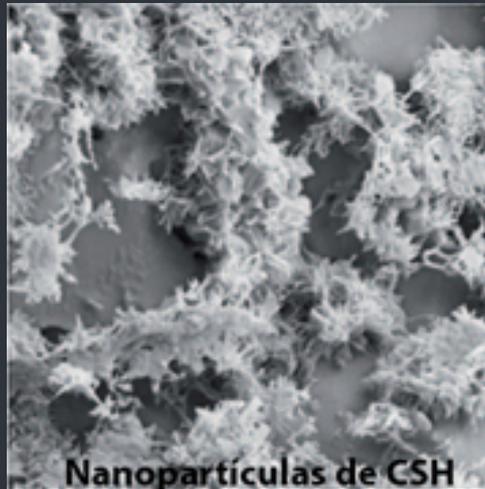
### Ejemplo de productos:

Línea de productos SOLID (Grapheno)

### Página web:

[www.graphenanosmartmaterials.com](http://www.graphenanosmartmaterials.com)

## Nº19 Nombre: Aceleradores de endurecimiento de hormigón



### Usos:

Producción de prefabricados de hormigón

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan al material nanopartículas de silicato cálcico hidratado (CSH) que actúan como núcleo de cristalización, para facilitar la formación acelerada de CSH, disminuyendo los tiempos de endurecimiento.

### Ventajas:

Mayor velocidad de endurecimiento. Incremento de productividad.

### Disponible comercialmente:

SI

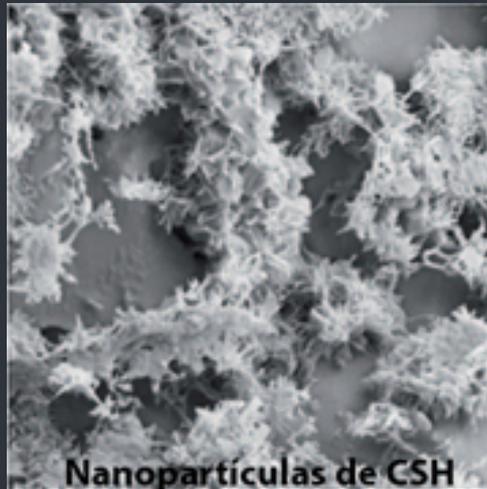
### Ejemplo de productos:

MasterX Seed (BASF)

### Página web:

[www.master-builders-solutions.basf.es](http://www.master-builders-solutions.basf.es)

## N°20 Nombre: Micromortero reforzado



### Usos:

Recubrimiento para todo tipo de paredes y suelos.

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora grafeno al recubrimiento cementicio tradicional. La incorporación de este nanomaterial liviano y resistente, mejorando la resistencia del recubrimiento.

### Ventajas:

Disminución de grietas y fisuras. Mayor dureza. Mayor resistencia. Fácil limpieza. Nuevas propiedades.

### Disponible comercialmente:

SI

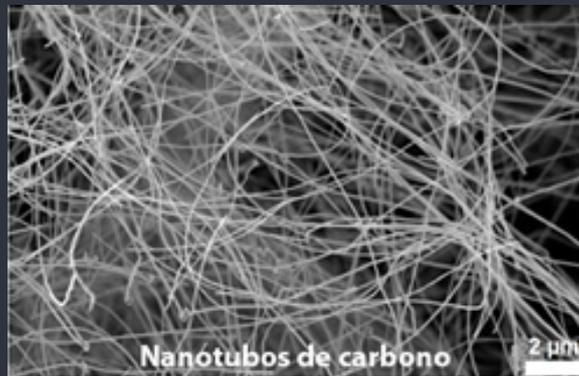
### Ejemplo de productos:

Línea SmartCoover (Graphenano)

### Página web:

[www.graphenanosmart.materials.com](http://www.graphenanosmart.materials.com)

## N°21 Nombre: Plásticos reforzados



### Usos:

Producción de piezas plásticas livianas y resistentes

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorpora al material nanotubos de carbono, dispersos en la matriz. Estos nanotubos son livianos, tienen excelentes propiedades mecánicas. A diferencia de la fibra de carbono utilizada tradicionalmente, los nanotubos son más flexibles y pueden doblarse sin fracturarse, entre otras propiedades.

### Ventajas:

Incremento de la resistencia a la abrasión. Conductividad eléctrica.

### Disponible comercialmente:

NO (en desarrollo)

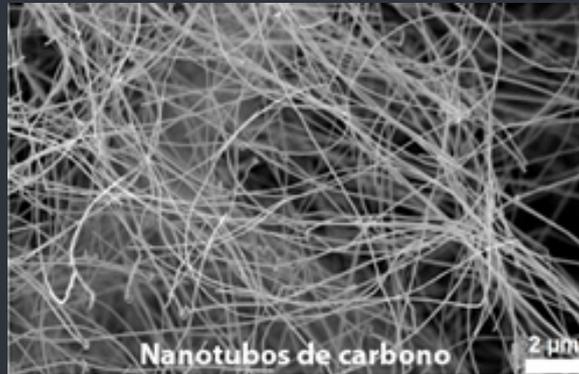
### Ejemplo de productos:

-

### Página web:

-

## N°22 Nombre: Retardantes de llama



### Usos:

Producción de recubrimientos de cables

### Origen de las propiedades novedosas:

Se trata de plásticos reforzados con nanotubos de carbono, estos nanomateriales se dispersan mejor que otros compuestos de carbono y permiten efectos notorios con menor cantidad de material incorporado.

### Ventajas:

Mejores propiedades que los retardantes de la llama actuales.

### Disponible comercialmente:

NO (en desarrollo)

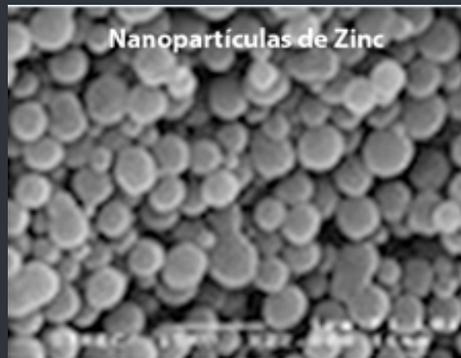
### Ejemplo de productos:

-

### Página web:

[www.hyperioncatalysis.com](http://www.hyperioncatalysis.com)

## N°23 Nombre: Aditivos para asfalto



### Usos:

Asfaltos y otros derivados del petróleo

### Origen de las propiedades novedosas:

Se trata de un aditivo basado en nanopartículas de Zn metálico. Este metal reacciona con el sulfuro de hidrógeno presente en los asfaltos, eliminándolo por formación de sulfuro de zinc. Así, se elimina de manera eficiente este contaminante peligroso para la salud.

### Ventajas:

Eliminación de contaminantes.

### Disponible comercialmente:

SI

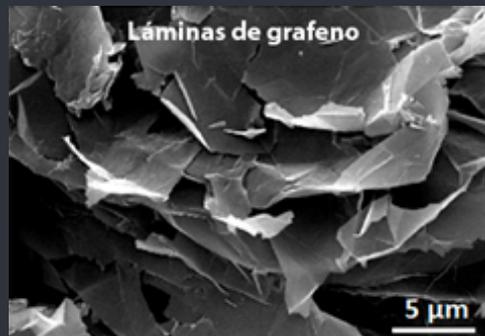
### Ejemplo de productos:

LZN-255 Nanoparticle Zinc Additive - (Liquid Minerals)

### Página web:

[www.liquidminerals.com](http://www.liquidminerals.com)

## N°24 Nombre: Adhesivos



### Usos:

Adhesivos estructurales

### Origen de las propiedades novedosas:

Se incorporan nanotubos de carbono y/o láminas de grafeno para mejorar las propiedades mecánicas de los adhesivos.

### Ventajas:

Mayor durabilidad

### Disponible comercialmente:

NO (en desarrollo)

### Ejemplo de productos:

-

### Página web:

-

## N°25 Nombre: Acero modificado a escala nanométrica



### Usos:

Producción de maquinaria para la construcción

### Origen de las propiedades novedosas:

Se modifica el procesamiento del acero para generar una estructura laminar a escala nanométrica que mejora sus propiedades mecánicas y su resistencia a la corrosión.

Este cambio se logra modificando los aleantes que se incorporan al acero y/o el tratamiento térmico al que se lo somete.

### Ventajas:

Mayor resistencia a la corrosión. Alta resistencia. Buena conductividad.

### Disponible comercialmente:

SI

### Ejemplo de productos:

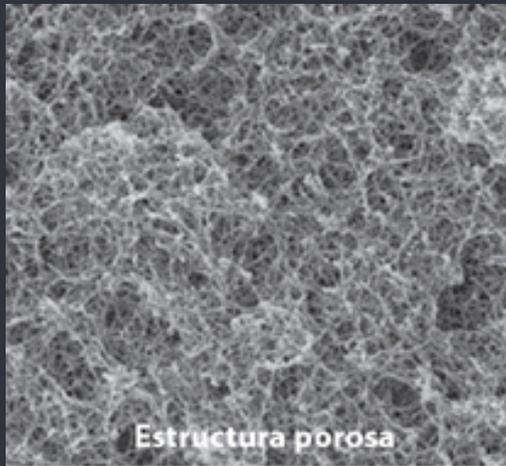
Serie CrómX 9000 (MMXF) - Nanoflex (Sandvik) - NanoSteel

### Página web:

[www.mmfx.com/technology/](http://www.mmfx.com/technology/) - [www.nanosteelco.com](http://www.nanosteelco.com) - [www.materials.sandvik](http://www.materials.sandvik)

5.3- Nuevos tratamientos a materiales tradicionales

**N°26 Nombre: Aislantes**



**Usos:**

Aislantes térmicos. Aislantes acústicos. Protección contra incendios.

**Origen de las propiedades novedosas:**

Se incorporan al material (polímeros u óxidos) poros de tamaño nanométrico llenos de aire, que reducen significativamente el peso del material y su densidad, e impiden la transmisión de calor y sonido. Este material se puede incorporar luego ne telas, paneles y polímeros.

**Ventajas:**

Excelente rendimiento térmico. Alta eficiencia energética. Espesor de aislamiento mínimo.

**Disponible comercialmente:**

Si

**Ejemplo de productos:**

Cryogel y Pryogel (Aspen Aerogel) - Slentite (BASF) - Thermal Wrap (Cabot)

**Página web:**

[www.aerogel.com](http://www.aerogel.com) - [www.basf.com](http://www.basf.com) - [www.cabotcorp.com](http://www.cabotcorp.com) - [www.kalwall.com](http://www.kalwall.com)



# EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- Museum Of Earth
  - Museo Ara Pacis
  - La Chiesa Di Dio Padre Misericordioso
  - Al Jalila Children's Specialty Hospital
  - County Zoo
  - Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación Productiva
-



## 6.1- MUSEUM OF EARTH

Ithaca, NY, Estados Unidos

Proyecto: Weiss/Manfredi

[projects.pilkington.com/show/3781/Museum-of-the-Earth-New-York.aspx](http://projects.pilkington.com/show/3781/Museum-of-the-Earth-New-York.aspx)



Material utilizado: Vidrios Auto limpiantes

### FICHA 1

## 6.2- MUSEO ARA PACIS

Roma, Italia

Proyecto: Richard Meier & Partners, New York, NY, USA

Ejecución: Maire Engineering, Italia

[www.arapacis.it/es/sede/il\\_progetto\\_meier](http://www.arapacis.it/es/sede/il_progetto_meier)



Material utilizado: Revoque Auto limpiante

### FICHA 2

## 6.3- LA CHIESA DI DIO PADRE MISERICORDIOSO

Roma, Italia

Proyecto: Richard Meier & Partners, New York, NY, USA

[www.nytimes.com/2006/11/28/world/europe/28smog.html](http://www.nytimes.com/2006/11/28/world/europe/28smog.html)



Material utilizado: Cemento Purificador

### FICHA 2

## 6.4 AL JALILA CHILDREN'S SPECIALTY HOSPITAL

Dubai, Emiratos Árabes

Proyecto: Studio Altieri Int'l. Consultant - Adnan Saffarini

[www.bioni.de/en/childrens-specialty-hospital-in-dubai.html](http://www.bioni.de/en/childrens-specialty-hospital-in-dubai.html)



Material utilizado: Pinturas Antibacteriales

### FICHA 5

## 6.5- COUNTY ZOO

Milwaukee, WI, Estados Unidos

[www.litwall.com/uploads/NANOGEL%20+%20KALWALL.pdf](http://www.litwall.com/uploads/NANOGEL%20+%20KALWALL.pdf)



Material utilizado: Techo parcialmente transparente y aislante térmico

**FICHA 26**

## 6.6- MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

Buenos Aires, Argentina



Material utilizado: Revestimientos cerámicos auto limpiantes

**FICHA 1**

---

**a**

capítulo 7

---

**BIBLIOGRAFIA  
CONSULTADA  
Y RECOMENDADA**

---



## LIBROS

- Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design - Sylvia Leydecker - 2008, Birkhauser Verlag AG, ISBN 978-3-7643-7994-0
- Quién es Quién en Nanotecnología en Argentina - Fundación Argentina de Nanotecnología - 2018, ISBN 978-987-46998-0-0

## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES

- “Use of nanomaterials in the European construction industry and some occupational health aspects thereof” Pieter van Broekhuizen, Fleur van Broekhuizen, Ralf Cornelissen, Lucas Reijnders - Journal of Nanoparticle Research, 2011, 13 (2), 447-462
- “Nanomaterials in the Construction Industry: A Review of Their Applications and Environmental Health and Safety Considerations” Jaesang Lee, Shaily Mahendra, Pedro J. J. Alvarez - ACS Nano, 2010, 4 (7), 3580-3590
- “Application of nanotechnology in construction. Summary of a state-of-the-art report” W. Zhu, P. J. M. Bartos, A. Porro - Materials and Structures, 2004, 37,649-658
- “Towards nano architecture: nanomaterial in architecture - a review of functions and applications” Mohamed Atwa H, Ahmed Al-Kattan, Ahmed Elwan - International Journal of Recent Scientific Research 2015, 6, 3551-3564
- “Recent Advances in Intrinsic Self-Healing Cementitious Materials” Wenting Li, Biqin Dong, Zhengxian Yang, Jing Xu, Qing Chen, Haoxin Li, Feng Xing, Zhengwu Jiang - Advanced Materials, 2018, 30, 1705679
- “Applications of Nanotechnology and Nanomaterials in Construction” Zhi Ge, Zhili Gao - First International Conference on Construction in Developing Countries - Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice August 4-5, 2008, Karachi, Pakistan

## PÁGINAS WEB

- [www.aerogel.com](http://www.aerogel.com)
- [www.graphenstone.com](http://www.graphenstone.com)
- [www.byk.com](http://www.byk.com)
- [www.insulcon.com](http://www.insulcon.com)
- [www.nanogate.de/en/nanogate\\_technology](http://www.nanogate.de/en/nanogate_technology)
- [www.mmf.com/technology](http://www.mmf.com/technology)
- [www.pilkington.com/en/global/products/product-categories/self-cleaning](http://www.pilkington.com/en/global/products/product-categories/self-cleaning)
- [www.materials.sandvik/en/materials-center/material-datasheets/strip-steel/sandvik-nanoflex/](http://www.materials.sandvik/en/materials-center/material-datasheets/strip-steel/sandvik-nanoflex/)
- [www.nano.elcosh.org](http://www.nano.elcosh.org)
- [www.nanosteelco.com/products](http://www.nanosteelco.com/products)
- [www.bioni.de/en/?page=home&lang=en](http://www.bioni.de/en/?page=home&lang=en)
- [www.master-builders-solutions.basf.es](http://www.master-builders-solutions.basf.es)
- [www.theurbandeveloper.com/articles/nanomaterials-in-construction](http://www.theurbandeveloper.com/articles/nanomaterials-in-construction)





