



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

TESIS

**ESTRUCTURAS INTELIGENTES**  
MATERIALES NANOESTRUCTURADOS

JOSÉ ANTONIO CHONG ALVAREZ

MMIX



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
TESIS  
**ESTRUCTURAS INTELIGENTES**  
MATERIALES NANOESTRUCTURADOS



TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA, CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGÍA

Que presenta

**JOSÉ ANTONIO CHONG ALVAREZ**



MMIX



INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES  
HISTÓRICAS



**Director de Tesis:** Dr. en Arq. Agustín Hernández Hernández.

**Sinodales:** Dra. en Arq. Gemma L.S. Verduzco Chirino.  
M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.  
M. en Dis. Arq. Jan Van Rosmalen Jansen.  
M. en Arq. Jorge L. Rangel Dávalos.



### **Dedicatorias:**

Le dedico todo este esfuerzo a la **Universidad Nacional Autónoma de México**, ya que con ella y su apoyo al entregarme una beca, pude concluir mis estudios de posgrado. Así mismo agradezco a todos los **maestros** que durante mi estancia en el programa de maestría complementaron mi formación profesional.

---



## ÍNDICE

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.</b>	<b>5</b>
<b>3. ¿CÓMO SE PRODUCE LA NANOTECNOLOGÍA?</b>	<b>7</b>
3.1. ¿ Síntesis Física de Vapor (PVS).	
3.2. NAS (Síntesis de NanoArc TM).	8
3.3. Modelo Superplástico de malla.	9
3.4. Copolímeros.	
3.5. Historia.	10
<b>4. ¿QUIÉN PRODUCE LA NANOTECNOLOGÍA?</b>	<b>16</b>
<b>5. ¿CÓMO VER UN MUNDO PEQUEÑO?</b>	<b>17</b>
5.1 ¿Qué se necesita para mover un átomo?	18
<b>6. ¿QUÉ ES UN NANOTUBO DE CARBONO?</b>	<b>19</b>
6.1. Aplicaciones de los nanotubos.	20
6.2. Nanotubos en el espacio.	21
6.3. Textiles.	23
6.4. Circuito molecular.	
<b>7. ¿CÓMO SE PRODUCEN LOS NANOTUBOS?</b>	<b>24</b>
7.1. Método del sustrato.	
7.2. Método del catalizador flotante.	25



## ÍNDICE

	Pág.
7.3. Producción de nanofibras y nanotubos por CVD catalítico.	26
7.4. Obtención por laser.	28
<b>8. PROPIEDADES MECÁNICAS.</b>	<b>29</b>
8.1 Fatiga.	30
8.2. Dificultad de localización de tensiones.	31
8.3. Fractura.	34
<b>9. OBTENCIÓN DEL MATERIAL NANOESTRUCTURADO.</b>	<b>35</b>
<b>10. ESTRUCTURAS INTELIGENTES MATERIALES NANOESTRUCTURADOS</b>	<b>41</b>
10.1. Aplicaciones en la arquitectura.	
<b>11. CONCLUSIONES.</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>63</b>





## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos y mejores materiales es la principal búsqueda de ingenieros y arquitectos quienes son los encargados en diseñar edificaciones con la mayor resistencia posible, más económicos y versátiles, sin embargo son pocos los dedicados a producir esto. La "nanotecnología" es un camino en la búsqueda de nuevos materiales, los cuales son reordenados a un nivel de nanoescala, esto es unas medidas extremadamente pequeñas "nanos" que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos.

El tema de materiales nanoestructurados, tiene una gran importancia en la actualidad, ya que el estudio de nuevos materiales y sus posibles aplicaciones son una necesidad hoy en día.

Esta investigación, va dirigida al sector público y privado, arquitectos, ingenieros, estudiantes y todo aquel relacionado con el campo de la construcción, ya que de esta forma se puede iniciar y aumentar la inversión o el interés en materia de investigación en materia de tecnología.

Más que un simple concepto, el nanoestructurar materiales representa crear nuevas estructuras y productos que tendrán un gran impacto en la industria de la construcción.

Desde el comienzo de la civilización, cuando los cazadores se asentaron en pequeñas comunidades, los materiales, junto con la energía, fueron "domesticados" para mejorar las condiciones de habitabilidad de los hogares. Las edades de la civilización, de hecho, adquieren nombre por los materiales que se fueron dominando en el transcurso de su evolución. Así, se habla de la edad de "piedra", por el material de base de las primeras herramientas y utensilios de caza, o la edad de bronce, cuando se empiezan a manejar los metales y aprovechar su ductilidad y dureza, o la edad de hierro, cuando éste reemplazó al bronce por ser un material más recio y con más aplicaciones. Al paso del tiempo surgió el acero, y ya muy cerca de los tiempos que corren surgió, hace apenas unas décadas, la era del plástico.

Se plantea utilizar el **plástico** como **modelo de investigación e incorporarle nanotecnología**, para así poder darle mejores propiedades y crear un material innovador. Por sus cualidades el plástico puede fabricarse en serie, lo que significa que este material nos abatiría costos y rendimiento en la construcción.

El propósito de usar materias primas comerciales y de fácil acceso, es para economizar la producción al máximo, por lo que sería más factible su comercialización y su aplicación, no con esto quiero decir que es el único material que se pueda nanoestructurar, sino que propongo como ejemplo el plástico para seguir una metodología lo suficientemente sustentada para poder cambiar el material a cualquier otro, ya sea acero, cerámica y vidrio entre otros.

La **nanotecnología** es usada extensivamente para definir las ciencias y técnicas que se aplican a un nivel de nanoescala, esto es una medida extremadamente pequeña "nanos" que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos. En síntesis nos llevaría a la posibilidad de fabricar nuevos materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas. El desarrollo de esta disciplina se produce a partir de las propuestas de Richard Feynman (Breve cronología - historia de la nanotecnología).

En un tiempo en el que el desarrollo de tecnología es importante, el crear nuevos tipos materiales nos permitirá tener acceso y crear los mismos en nuestro país.

Actualmente en países como Alemania, Francia, Estados Unidos y Australia se están desarrollando nuevos tipos de materiales que prolongan la vida de las membranas plásticas, llegando a tener una resistencia hasta por treinta años, esto se logra aplicando nueva tecnología para la creación de dicho material.

Hoy en día el grueso de la inversión se enfoca en el desarrollo de:

**Herramientas o instrumental nanotecnológico-** (e.g. scanning probe microscope- SPM, arrays, etiquetas moleculares, microfluidos) que se calcula concentra un 4 por ciento de los fondos totales.

**Nuevos materiales** (e.g. textiles, cerámicos, etcétera) con un 12 por ciento.





**Dispositivos novedosos (e.g. sensores) con un 32 por ciento.**

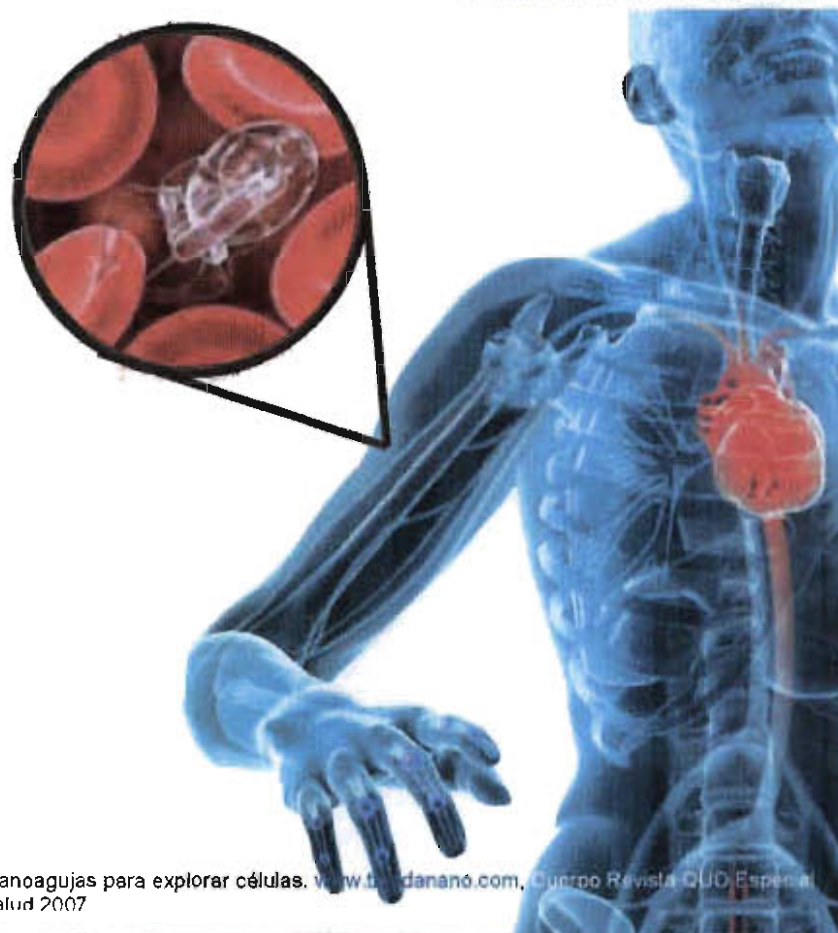
Innovaciones nanobiotecnológicas con un 52 por ciento, el cual se distribuye a su vez en un 54 por ciento en el desarrollo de nuevos medicamentos, 37 por ciento en procedimientos de diagnóstico, 5 por ciento para la administración de medicamentos y, 4 por ciento para el descubrimiento de biofarmacéuticos.

Estados Unidos invierte en nanotecnología un 7% de su capital repartido de la siguiente manera:

Nanobiotecnologías.	7%
Nanoenergéticos.	11%
Nanomateriales.	37%
Nanodispositivos.	45%

¿Qué ofrecen las nanotecnologías? Los potenciales de las nanotecnologías son difíciles de calcular, las variedades son infinitas, por ejemplo:

**En salud.** Podría aumentar la calidad de vida y su duración con la aplicación de nanosensores incorporados al organismo, podían detectar enfermedades antes que se expandan y combatirías eficientemente. Las drogas (medicamentos) serían específicas para cada persona y no generalizadas, incrementando con esto su valor curativo. Podría elaborarse prótesis moleculares que reparen o reemplacen las partes defectuosas o enfermas e incluso potencializar las capacidades cerebrales o motoras. Los nanorrobots podrían realizar cirugías y monitoriar su recuperación.



Nanoagujas para explorar células. [www.tiendanano.com](http://www.tiendanano.com), Cuerpo Revista QUO Especial salud 2007



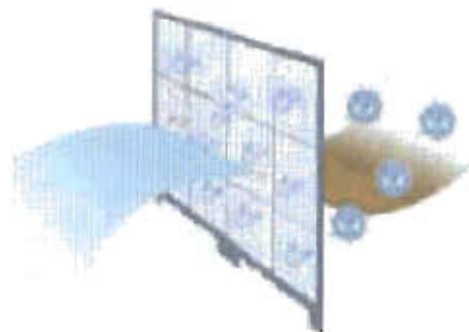
1. Chips y procesadores, 2. Encapsulación de nanopartículas utiliza esta tecnología para liberar olores. 3. Nanopartícula para explorar arterias, 4. Materiales o textiles antiabsorbentes. Fuente artículo Nanotecnología Nanociencia y Emilio Fontela Universidad Antonio de Lebríja, Avances en Nanotecnología por Carlos Martín, [www.tiendanano.com](http://www.tiendanano.com).



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

**En energía.** Este sector podría verse rápidamente modificado. Semiconductores de cristal, estos podrían potenciar el transporte y almacenamiento de energía solar. La luz podría ser capturada con mayor superioridad que las celdas fotovoltaicas actuales con el desarrollo de nanopartículas de cristal. Aerogeneradores más livianos y resistentes para el caso de los generadores de energía eólica. La energía extraída de la biomasa se potenciaría con nanocatalizadores más eficientes y procedimientos de separación de gases.

**Reciclado de agua.** Los filtros físicos con poros de escala nanométrica podría eliminar bacterias, virus y proteínas que causan enfermedades. Nanodispositivos para detectar y eliminar sales y metales pesados. Dispositivos nanotecnológicos pueden purificar el agua.



Nanofiltros. [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)

**Computación y comunicaciones.** Esta área es una de las primeras y fuertemente impactadas. Permitirá la comunicación óptica de alta velocidad utilizando ruteadores que pueden enviar y recibir información a 100 terabits por segundo (equivalente a enviar toda la biblioteca del Congreso de los Estados Unidos en un segundo).

Se considera importante el desarrollo de la nanotecnología ya que representara numerosos avances para muchas industrias y nuevos materiales con propiedades extraordinarias (desarrollar materiales más fuertes que el acero pero con solamente diez por ciento el peso), nuevas aplicaciones informáticas con nuevas aplicaciones informáticas con componentes increíblemente más rápidos o

sensores moleculares capaces de detectar y destruir células cancerígenas en las partes más delicadas del cuerpo humano como el cerebro, entre otras muchas aplicaciones.

La nanotecnología estará entre los grandes avances tecnológicos que cambiarán el mundo.

El origen de la presente investigación es porque los materiales que actualmente son utilizados para desarrollar estructuras de doble curvatura, como son las velarías, se tienen que importar, ya que presentan las mejores características como es la resistencia, por lo que si se desarrolla un nuevo material a partir de la nanotecnología con las mismas o incluso mayores ventajas como la resistencia, ya no sería necesario traer materiales del extranjero, lo que traería un beneficio económico como en tiempos de ejecución, ahorro en la importación, se conseguiría el material mas fácilmente, etcétera. Un material inteligente derivado de la nanotecnología, cuyas propiedades pueden ser controladas y cambiadas a petición, nos permitiría tener la capacidad de tener un material con mayor resistencia, (que es el objetivo principal de la investigación) cambiar su color, forma, o propiedades electrónicas en respuesta a cambios o alteraciones del medio o pruebas (luz, sonido, temperatura, voltaje). Estos materiales podrían tener atributos muy potentes como el auto reparación.

Este campo está recibiendo impulsos muy notables e inversiones tanto en estados Unidos como en Europa. Según algunas noticias El 20% de los materiales textiles europeos incorporará la nanotecnología en 2010<sup>1</sup>.

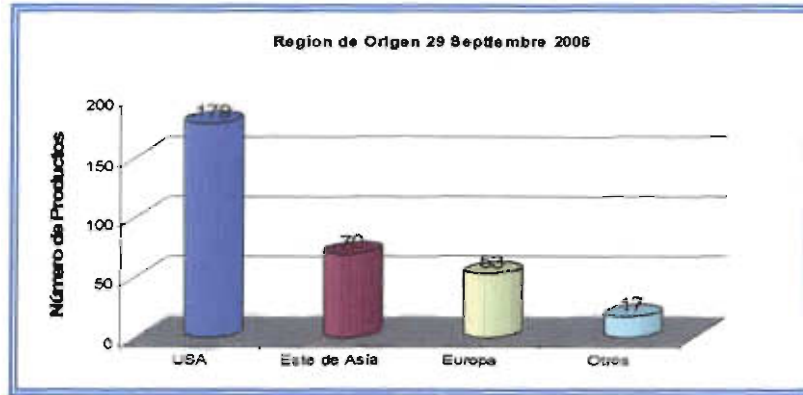
Fabricantes europeos y de EE UU crean fibras inteligentes con aplicaciones en el ocio, la medicina, la industria y la defensa.

Se calcula que Europa podría fabricar nanotextiles por valor de 12,000 millones de euros al final de la década. (156,000 millones de pesos).

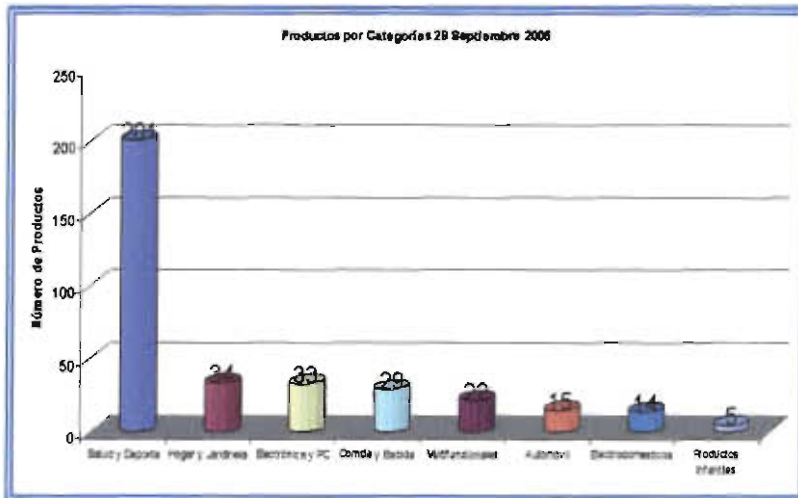
1.- Fuente obtenida de [www.euroresidentes.com](http://www.euroresidentes.com) consultada en el mes de agosto de 2006, Se propone incorporar nanotecnología a los textiles para hacerlos mas resistentes, aprueba de agua e incluso de vino, se plantea hacer camuflajes ópticos (que reflejan lo que hay detrás de uno hacia el frente).



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ



Este grafico muestra los países que mas desarrollan productos nanotecnologicos, entre los que destacan Estados Unidos, Asia y Europa. 1.- Fuente obtenida de [www.euroresidentes.com](http://www.euroresidentes.com) consultada en el mes de agosto de 2008,



En la gráfica se puede apreciar que los productos con mayor aplicación de la nanotecnología son los de deporte y salud.

Se propone incorporar nanotecnología a los textiles para hacerlos mas resistentes, a prueba de agua e incluso de vino, se plantea hacer camuflajes ópticos (que reflejan lo que hay detrás de uno hacia el frente).

Es importante que México empiece a desarrollar esta tecnología, ya que esto es el futuro de la investigación. La nanociencia podría transformar la forma en la que vivimos.

Los líderes políticos de países desarrollados en todo el mundo han empezado a invertir en la nanociencia y nanotecnología.

Con el aumento en las inversiones, el paso al que se logran nuevos descubrimientos también aumenta tanto en nuevos institutos universitarios dedicados a la nanociencia, como en laboratorios y empresas del sector privado.

El desarrollo de esta tecnología podría traernos un ahorro económico considerable, ya que en primer termino ya no tendríamos que importar materiales, sino que se fabricarían aquí en nuestro país, además de que empezariamos a exportarlos, lo que reactivaría nuestra economía.

He escogido el plástico como un material para nanoestructurar ya que en algunos productos este presenta ventajas contra sus contrapartes pétreos, para demostrar esto realice un estudio comparando un tabique de barro contra uno de plástico, mostrando que este último presenta ventajas y si se lograra nanoestructurar el polímero lograrías mejorar aun mas las características para hacerlo aún mas favorable para la construcción.

En estas dos matrices, (ver la siguiente página) podemos observar que el tabique de plástico es superior por 19 puntos, así que si logramos nanoestructurar al plástico lograremos tener un material mucho mas eficiente y económico para la industria de la construcción.

El desarrollo de la nanotecnología en los polímeros<sup>2</sup>, permitirá tener una revolución en la "fabricación molecular de materiales" cuya viabilidad tendría un impacto enorme en nuestras vidas, en las economías, los países y en la sociedad en general en un futuro no lejano.

La generación de nuevos materiales en los que la nanotecnología tiene un papel esencial, traerá materiales mas resistentes, ligeros,







Establecer una metodología a seguir para desarrollar un material nanoestructurado (caso de estudio polímero nanoestructurado).

Diseño de un material nanoestructurado. Experimentación en resistencia de materiales. Posibles aplicaciones en la construcción (estructuras anticlásticas<sup>3</sup>).

La generación de nuevos materiales en los que la nanotecnología tiene un papel esencial, traerá materiales mas resistentes, ligeros, una fabricación sencilla, un procedimiento constructivo sencillo, que me permitan la regeneración de los mismos para así ahorrar en mantenimiento, que puedan aprovechar el clima para bioclimatizar las zonas cubiertas, el mejoramiento del espacio habitable entre otras ventajas.

Los materiales que actualmente son utilizados para desarrollar estructuras de doble curvatura, como son las velarías, se tienen que importar, ya que presentan las mejores características como es la resistencia, por lo que si se desarrolla un nuevo material a partir de la nanotecnología con las mismas o incluso mayores ventajas como la resistencia, ya no sería necesario traer materiales del extranjero.

Para desarrollar la investigación del material nanoestructurado (caso de estudio polímero nanoestructurado), se plantea utilizar como metodologías de investigación el método histórico y el método científico.

El método histórico será para encontrar información respecto al desarrollo de la nanotecnología, y el método científico será la base para el desarrollo de la investigación, que será de la siguiente forma:

**Delimitar y simplificar el objeto de la investigación o el problema:** establecer una metodología a seguir para el desarrollo de un material nanoestructurado (caso de estudio polímero nanoestructurado). Y así proponer una posible aplicación en la construcción (estructuras anticlásticas).

3.- **Estructura anticlásticas:** Este tipo de estructuras presenta curvatura contraria en dos direcciones ortogonales, es decir que en un sentido la concavidad va hacia abajo y el otro hacia arriba. Ejemplos: el conoide, el hiperboloide, el paraboloide.



Arriba: Watercube 77 x 77 metros (581 x 581 pies) y más de 30 metros (98 pies) de alto, con un espacio interior enteramente sin columnas. Revista AD artículo Self-Organisation and Material Constructions Michael Weinstock. Abajo: Tienda Abrigo Sahara







### 3. ¿CÓMO SE PRODUCE LA NANOTECNOLOGÍA?

Tal vez la pregunta más importante de todas es **¿Cómo se produce o se realiza la nanotecnología?**, por lo que en este trabajo se presentan formas diferentes de lograrlo como lo son:

#### 3.1. SÍNTESIS FÍSICA DE VAPOR.

#### 3.2. NAS (síntesis de NanoArc TM).

#### 3.3. MODELO SUPERPLÁSTICO DE MALLA.

#### 4.4. COPOLÍMEROS.

Cabe señalar que la presente investigación va enfocada a los polímeros, por lo que se hará mención de los tres primeros métodos y se profundizará en los copolímeros.

Todos estos métodos consisten en formar estructuras moleculares o reordenar las existentes. Para los químicos, la era de la nanotecnología no constituye exactamente una ruptura radical, después de todo, construir arquitecturas moleculares es lo que la química ha hecho durante muchos siglos, y ellos se inspiran en las estructuras de la naturaleza, antes de que el término nanotecnología se pusiera de moda.

En 1978 la bioinspiración produjo la química supramolecular cuyo propósito es obtener el reconocimiento molecular sin la ayuda del código genético a través de procesos químicos que imitan la selectividad de los procesos biológicos.

Los biomateriales son interesantes porque nunca son homogéneos. Mientras los materiales producto de la ingeniería por lo general son procesados para una propiedad única, los biomateriales son estructuras compuestas multifuncionalmente. El interés de los científicos de materiales, en especial los que trabajan en compuestos de alto desempeño, es aprender algo acerca del arte de asociar estructuras heterogéneas provenientes de la naturaleza misma.

Fuente: Nanotecnologías disruptivas.

En vez de usar ligas covalentes como los químicos orgánicos, tradicionales, hacen uso de interacciones débiles como las ligas de hidrógenos, interacciones de Van der Waals y electrostáticas.

Como métodos o modelos para producir nanotecnología tenemos los siguientes:

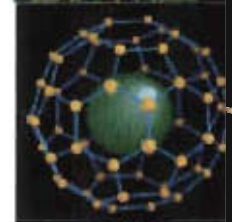
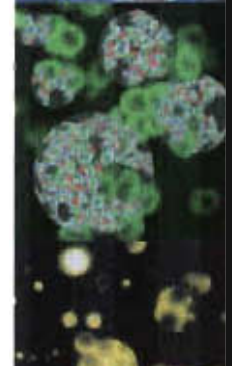
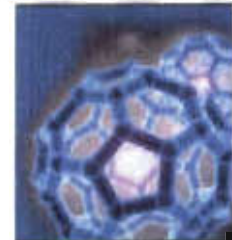
#### 3.1. SÍNTESIS FÍSICA DE VAPOR (PVS)<sup>4</sup>

Este proceso permite producir partículas nanocristalinas. Utiliza un plasma para calentar un metal seleccionado (precursor), en condiciones atmosféricas normales. Al elevar la temperatura, los átomos del metal empiezan a hervir, produciendo un vapor (evaporación de sólidos). Dentro del vapor que se produce provoca colisiones de átomos, generando enfriamiento de los átomos metálicos, de tal forma que el vapor se condensa en racimos moleculares líquidos.

Mientras que el enfriamiento continúa, el congelamiento de estos racimos moleculares produce partículas sólidas de tamaño nanométrico. El gas inyectado transporta las partículas hacia un tanque de recolección.

La presencia de oxígeno permite introducir átomos de oxígeno repartidos entre los átomos metálicos, formando óxidos metálicos nanocristalinos.

4.- Fuente obtenida de <http://translate.google.com> consultado el 24 de marzo de 2007. Tesis Evolución y Evaluación de Nuevos Materiales y Sistemas Constructivos. Nanotecnología y Biomimetismo

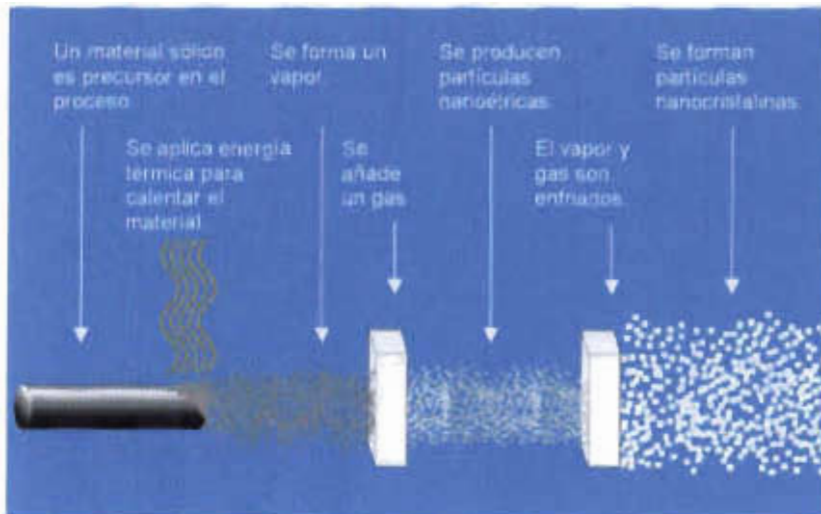


Estucturas nanotecnológicas. www.imagenes.google.com



Un ejemplo de estos son el óxido de aluminio y el bióxido de titanio. El polvo resultante consiste en aglomeraciones débiles de partículas de forma esférica. La pureza de estos polvos depende de la pureza del material precursor. No se generan Cloruros o Sulfuros residuales sobre las superficies permite técnicas para poder diseñar bajo especificación los nuevos materiales utilizables en aplicaciones que requieren se dispersión en una gran variedad de fluidos.

El proceso PVS fue desarrollado a partir del principio general de un proceso llamado condensación de fase gaseosa<sup>5</sup>. Esta condensación es producida bajo altas condiciones de vacío, que generalmente limitan la producción de materiales nanocristalinos a cantidades pequeñas que sólo pueden ser utilizadas para trabajos de investigación. Este proceso generalmente emplea una fuente resistiva de calor para generar un gas que es aplicado al material precursor. Enfriando este gas para causar la condensación y el congelamiento, permite formar partículas nanocristalinas. Esto es logrado usando una superficie de recolección enfriada con nitrógeno líquido. Los materiales producidos por el proceso de condensación de fase gaseosa son similares en forma, pureza y tamaño de aquellos producidos por la Síntesis Física de Vapor.



SÍNTESIS FÍSICA DE VAPOR (PVS)

### 3.2. NAS (síntesis de NanoArc TM)<sup>6</sup>

El proceso de fabricación de segunda generación del nanopowder desarrollado en las tecnologías de Nanophase es el proceso patente-pendiente de la síntesis de NanoArc TM (NAS). Como el proceso de PVS, el proceso de la NAS utiliza energía del arco para producir nanopartículas.

El proceso de la NAS, sin embargo, es capaz de usar formatos amplios de un precursor de la variedad y las composiciones químicas, de tal modo grandemente ampliando el número de los materiales que se pueden fabricar como nanopowders en comercial.

Los nanomateriales que se producen por el proceso de la NAS consisten en partículas discretas, lleno-densas de la cristalinidad definida. Este método se ha utilizado para producir partículas con los tamaños medios que se extendían a partir de la 7-45 nanómetro. Una capacidad realzada del proceso de la NAS es su capacidad de procesar los materiales multi-componentes complejos.

Este proceso ha demostrado la capacidad de producir los nanopowders mezclados homogéneos del óxido de metal donde los materiales componentes forman soluciones sólidas con las fases cristalinas bien definidas. Los óxidos de metal de Nanocristalino que tenían hasta cuatro elementos metálicos se han producido con éxito.

El proceso de la NAS tiene la capacidad para producir una variedad amplia de óxidos puros y mezclados monofásicos de la tierra rara, tan bien como los óxidos de metal puros y mezclados de la transición y los óxidos de metal principales del grupo. Los materiales producidos por este proceso tienen uso en pulir del ultra fino y el planarización producto-mecánico (CMP), catálisis, las células de combustible, los materiales electrónicos, y proyección de imagen avanzada.

5.- La Condensación de Fase Gaseosa es practicada por muchos científicos e investigadores alrededor del mundo para fabricar materiales para sus experimentos.  
6.- Nanophase Technologies Corporation.





Una capacidad única del proceso de la NAS es modificación in situ de la superficie de la partícula. Esta capacidad se ha utilizado para producir los materiales, en los volúmenes comerciales, que se pueden procesar para rendir dispersiones extremadamente estables, tales como óxido SG del ceño de NanoArc TM, que ha encontrado utilidad particular en pulir del ultra fino y usos producto-mecánicos del planarización (CMP).

### 3.3. MODELO SUPERPLÁSTICO DE MALLA<sup>7</sup>

Con este proceso se pueden fabricar piezas cerámicas del tamaño y forma deseados durante el proceso de sinterización, virtualmente eliminando la necesidad del maquilado.

Se pueden lograr tolerancias del diseño de  $\pm 0.002$  pulgadas ( $\pm 0.05$  milímetros) mientras se sinteriza la muestra. Además de ofrecer el mejoramiento del costo de ciertas formas de piezas, el proceso llamado **Modelo de malla** permite la creación de granos cuyos tamaños es de 0.5 micras (500 nanómetros), constituyendo piezas totalmente densas.

Este proceso explota el hecho de que los granos cerámicos equiaxiales nanométricos, como los óxidos de aluminio, pueden ser deformados super plásticamente. El proceso implica las siguientes etapas:

**1.- Síntesis de polvos:** El óxido de aluminio es producido utilizando el proceso de Síntesis Física de Vapor. Para prevenir el engrosamiento de los granos durante el proceso subsecuente, materiales como la Ítrica y el Circona son añadidos a la alúmina por medio de procesos químicos y calcinación. La circona estabilizada resultante actúa para fijar las aristas de los granos de la alúmina, previniendo el engrosamiento. Los granos gruesos requieren condiciones más extremas para lograr el deslizamiento superficial, mecanismo con el que la deformación superplástica tiene lugar.

7.- Nanophase Technologies Corporation.

**2.- Consolidación de la Preforma:** El polvo resultante debe consolidarse en una preforma con dimensiones y masa basadas en las condiciones de deformación previstas y las tolerancias de diseño especificadas. Típicamente, el proceso coloidal y el prensado son utilizados para crear una preforma. Dentro del fluido obtenido, el equilibrio de una cerrada compartimentación espacial intermedia de sus partículas es logrado por el proceso de estabilización electrostática. El fluido reduce la fricción entre las partículas y permite la consolidación sin porosidad a bajas temperaturas cuando la solución es inyectada dentro de un molde para ser comprimida.

El fluido es expulsado del molde por la compresión, y el polvo compactado es entonces removido del molde. La preforma es posteriormente secada e inmediatamente después sintetizada.

**3.- Deformación Superplástica.** La preforma es colocada en un molde y bajo condiciones de vacío es calentado hasta temperaturas de aproximadamente 1,400°C y comprimida hasta entre 3,000 y 5,000 libras por pulgada cuadrada (160 a 270 bars) durante 10 a 20 minutos. Después de que se enfría, la pieza terminada es retirada del molde.

Otro método que puede ser el empleado en esta investigación para el desarrollo del material deseado es la Copolimerización que básicamente consiste en darle a un polímero las propiedades de otro para mejorarlo, por lo tanto tenemos que:

### 3.4. COPOLÍMEROS

En adición a la polimerización con alfa-oleofinas, el etileno puede polimerizarse por medio de un gran número de monómeros diferentes.

Ejemplos de estos monómeros son el acetato de vinilo que resulta en el copolímero de etileno-vinil acetato o EVA, cuyo uso es común en sandalias y Zapatos deportivos con suelas espumadas; gran variedad de acrilatos pueden ser obtenidos también.



- Añadir pigmento polvo al PE antes de su procesamiento.
- Colorear todo el PE antes de su procesamiento
- Usar un concentrado de color (conocido en inglés como masterbatch), el cual representa la forma más económica y fácil de colorear un polímero.

Aditivos necesarios para el uso final son importantes, dependiendo de la función final se recomiendan por ejemplo: Antioxidantes, antiplama, antiestáticos, antibacteriales.

El **polietileno** es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva  $(CH_2-CH_2)_n$ . Por su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas son producidas anualmente (2005) alrededor del mundo) es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química es  $CH_2=CH_2$  y llamado **eteno** por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo: Polimerización por radicales libres, polimerización aniónica, polimerización por coordinación de iones o polimerización catiónica. Cada uno de estos mecanismos de reacción produce un tipo diferente de polietileno.

Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Aunque las ramificaciones son comunes en los productos comerciales. Las cadenas de polietileno se arreglan abajo de la temperatura de reblandecimiento  $T_g$  en regiones amorfas y semicristalinas.

La abreviatura de polietileno comúnmente utilizada es PE. Los polietilenos pueden clasificarse en:

- **PEBD** (en inglés conocido como LDPE o PE-LD): Polietileno de Baja Densidad;
  - No tóxico
  - Flexible
  - Liviano
  - Transparente

- Inerte (al contenido)
- Impermeable
- Poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento
- Bajo costo

➤ **PEAD** (en inglés conocido como HDPE o PE-HD): Polietileno de Alta Densidad; densidad igual o menor a 0.941 g/cm<sup>3</sup>. Tiene un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad es alta, las fuerzas intermoleculares son altas también. La producción de un buen PEAD depende de la selección del catalizador, algunos de los catalizadores modernos incluyen los de Ziegler-Natta, cuyo desarrollo culminó con el Premio Nobel.

- Resistente a las bajas temperaturas;
- Alta resistencia a la tensión, compresión, tracción;
- Baja densidad en comparación con metales u otros materiales;
- Impermeable;
- Inerte (al contenido), baja reactividad;
- No tóxico
- Poca estabilidad dimensional, creep

- **PELBD**: Polietileno lineal de baja densidad;
- **UHWPE**: Polietileno de ultra alto peso molecular;
- **PEX**: Polietileno con formación de red;

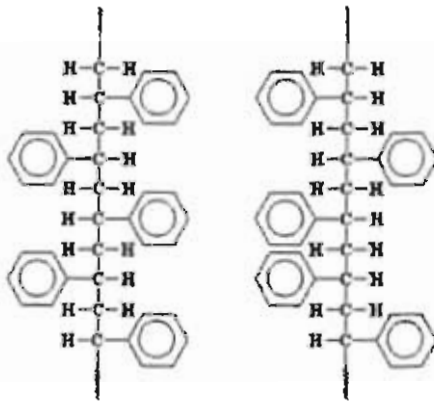
Características	PEBD	PEAD	PELBD
Grado de cristalinidad en %	40 bis 50	60 bis 80	30 bis 40
densidad en g/cm <sup>3</sup>	0,915 bis 0,935	0,94 bis 0,97	0.90 bis 0.93
Módulo N/mm <sup>2</sup> a 52215°C	~130	~1000	-
Temperatura de cristalización °C	105 bis 110	130 bis 135	121 bis 125
estabilidad química	buena	excelente	buena
estrés a ruptura in N/mm <sup>2</sup>	8,0-10	20,0-30,0	10,0-30,0
elongación a ruptura %	20	12	16
Módulo elástico E (N/mm <sup>2</sup> )	200	1000	-



coeficiente de expansión lineal (K <sup>-1</sup> )		1.7 * 10 <sup>-4</sup>	2 * 10 <sup>-4</sup>	2 * 10 <sup>-4</sup>
Temperatura permisible °C	máxima	80	100	-
Temperatura reblandecimiento °C	de	110	140	-

### El Poliestireno del Futuro.

Hay una nueva clase de poliestireno, llamada poliestireno sindiotáctico. Es diferente porque los grupos fenilo de la cadena polimérica están unidos alternativamente a ambos lados de la misma. El poliestireno "normal" o poliestireno actáctico no conserva ningún orden con respecto al lado de la cadena donde están unidos los grupos fenilos.



Poliestireno sindiotáctico

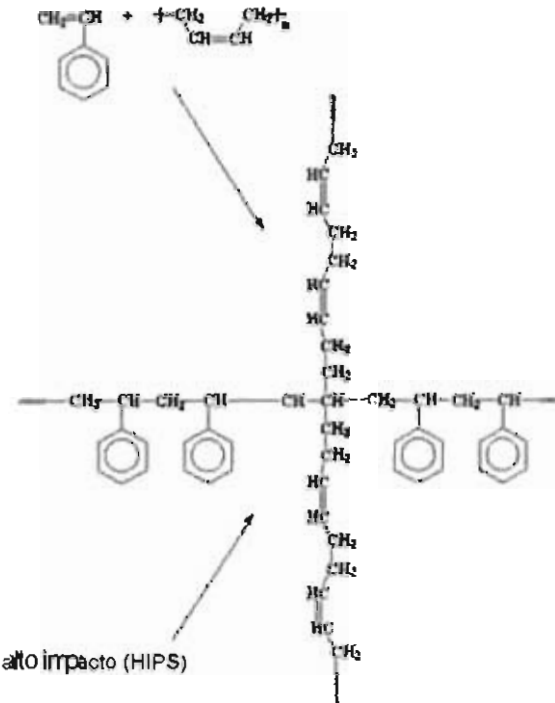
Poliestireno actáctico

El poliestireno sindiotáctico es una estructura regular, por lo que puede encajar en las estructuras de cristal. El poliestireno actáctico Irregular no puede.

¿Qué pasaría si tuviéramos un poco de monómero estireno y lo polimerizáramos por radicales libres, pero agregáramos, digamos, un poco de caucho polibutadieno a la mezcla? Observe el polibutadieno y verá que tiene enlaces dobles en su estructura, capaces de

JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

polimerizar. Terminaríamos con el polibutadieno copolimerizando con el monómero estireno, obteniendo un tipo de copolímero llamado copolímero de injerto. Este es un polímero con cadenas que surgen de él y que son de diferente clase de la cadena principal. En este caso, se trata de una cadena de poliestireno con cadenas de polibutadieno que emergen de ella.



Poliestireno de alto impacto (HIPS)

Estas cadenas elastómeras colgando de la cadena principal son altamente beneficiosas para el poliestireno. Recuerde que los homopolímeros de polibutadieno y poliestireno no se combinan entre sí. De modo que las ramas de polibutadieno tratan de provocar una separación de fases y forman pequeñas bolitas, como usted ve en la figura de abajo. Pero estas pequeñas bolitas siempre estarán unidas a la fase de poliestireno. Y por lo tanto ejercen un efecto sobre ese poliestireno. Actúan para absorber energía cuando el polímero es golpeado con algo, confiriéndole una resistencia que el poliestireno



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

normal no posee. Esto lo hace más fuerte, no quebradizo y capaz de soportar impactos más violentos, sin romperse como el poliestireno normal. Este material se conoce como poliestireno de alto impacto, o HIPS, según se abreviatura.

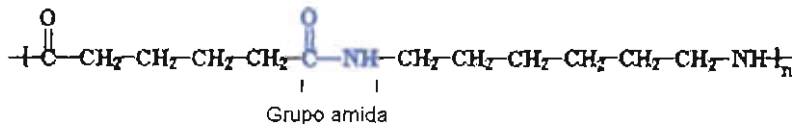
No todas las cadenas de HIPS están ramificadas así. En la mezcla, también hay muchas cadenas de poliestireno lineal y polibutadieno lineal.

Esto hace del HIPS lo que llamamos una mezcla inmiscible de poliestireno y polibutadieno. Pero las moléculas injertadas de poliestireno-polibutadieno son las responsables de que el sistema funcione, uniendo las dos fases (la fase poliestireno y la fase polibutadieno).

El HIPS puede ser mezclado con un polímero llamado poli(óxido de fenileno), o PPO. Esta mezcla de HIPS y PPO es manufacturada por GE y comercializada como Noryl™.

Los nylons son unos de los polímeros más comunes usados como fibra. En todo momento encontramos nylon en nuestra ropa, pero también en otros lugares, en forma de termoplástico. El verdadero éxito del nylon vino primeramente con su empleo para la confección de medias femeninas, alrededor de 1940.

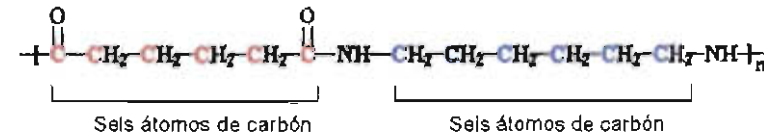
Fueron un gran suceso, pero pronto se hicieron muy difíciles de conseguir, porque al año siguiente los Estados Unidos entraron en la Segunda Guerra Mundial y el nylon fue necesario para hacer material de guerra, como cuerdas y paracaídas. Pero antes de las medias o de los paracaídas, el primer producto de nylon fue el cepillo de dientes con cerdas de nylon.



Los nylons también se llaman poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Las proteínas,

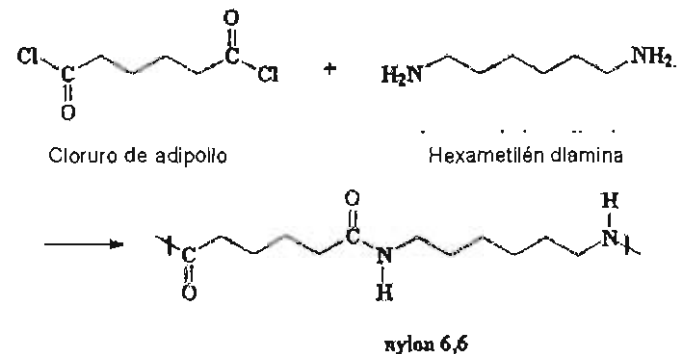
tales como la seda a la cual el nylon reemplazó, también son poliamidas. Estos grupos amida son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno.

Debido a esto y a que la cadena de nylon es tan regular y simétrica, los nylons son a menudo cristalinos, y forman excelentes fibras.



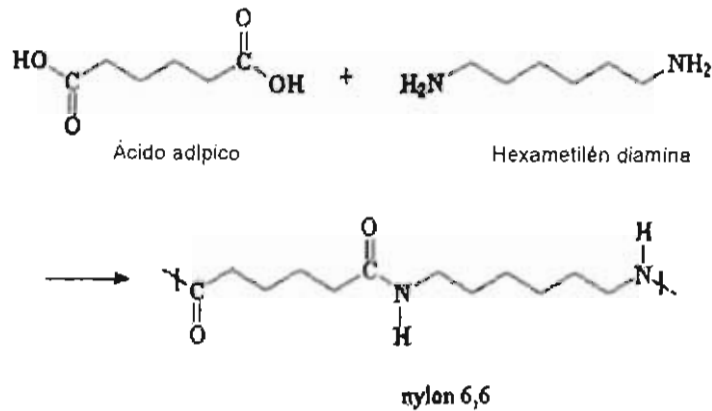
El nylon se llama nylon 6.6, porque cada unidad repetitiva de la cadena polimérica, tiene dos extensiones de átomos de carbono, cada una con una longitud de seis átomos de carbono. Otros tipos de nylon pueden tener diversos números de átomos de carbono en estas extensiones.

Los nylons se pueden sintetizar a partir de las diaminas y los cloruros de diácido. El nylon 6.6 se hace con el monómero cloruro del adipilo y hexametilén diamina.

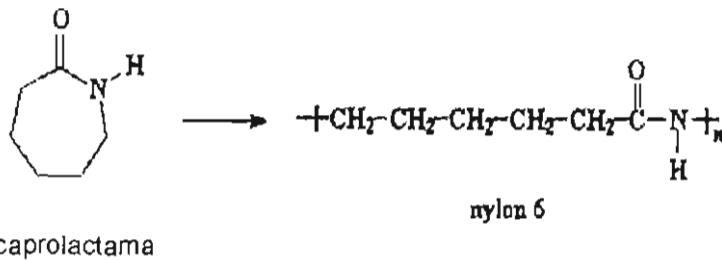


Ésta es una forma de hacer nylon 6.6 en el laboratorio. Pero en una planta industrial de nylon, se lo fabrica generalmente haciendo reaccionar el ácido adípico con la hexametilén diamina



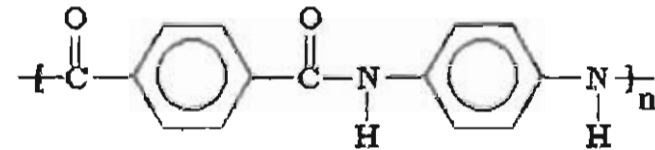


Otra clase de nylon es el nylon 6. Es muy parecido al nylon 6,6, excepto que tiene sólo un tipo de cadena carbonada, de seis átomos de largo.



Se hace a partir del monómero caprolactama, por medio de una polimerización por apertura de anillo. El nylon 6 no se comporta de manera diferente al nylon 6,6. La única razón por la que se fabrican los dos tipos, es porque DuPont patentó el nylon 6,6 y otras compañías tuvieron que inventar el nylon 6 para poder entrar en el negocio del nylon. Una familia de nylons que tiene su propia página, son las aramidias.

Kevlar.



Las aramidias pertenecen a una familia de nylons, incluyendo el Nomex y el Kevlar. El Kevlar se utiliza para hacer objetos tales como chalecos a prueba de balas y neumáticos de bicicleta resistentes a las pinchaduras. Creo que si fuera necesario, con el Kevlar hasta se podrían hacer neumáticos de bicicleta a prueba de balas.

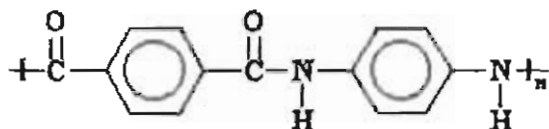
Las mezclas de Nomex y de Kevlar se utilizan para hacer ropas anti-llama.

El Nomex es el que protege de morir quemados a los conductores de grandes camiones y de tractores, en el caso de que sus trajes se incendien.

Gracias al Nomex, una parte importante de la cultura americana puede ser practicada con seguridad. (Los polímeros juegan otro papel en esos inmensos camiones, bajo la forma de elastómeros con los cuales se fabrican sus gigantescos neumáticos). Las mezclas de Nomex-Kevlar también protegen a los bomberos.

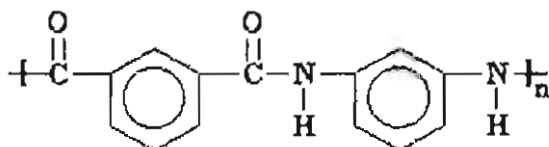
El Kevlar es una poliamida, en la cual todos los grupos amida están separados por grupos para-fenileno, es decir, los grupos amida se unen al anillo fenilo en posiciones opuestas entre sí, en los carbonos 1 y 4.

El Kevlar se muestra en la figura grande, en la parte superior de esta página.



El Kevlar aromático son todos los grupos relacionados en la columna vertebral a través de la cadena 1 y 4. A esto se le llama para-vinculación

El Nomex, por otra parte, posee grupos meta-fenileno, es decir, los grupos amida se unen al anillo fenilo en las posiciones 1 y 3.

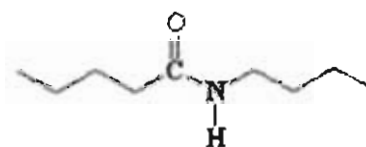


El NOMEX aromático todos los grupos relacionados en la columna vertebral a través de la cadena de 1 y 3. Esto se conoce como meta-vinculación

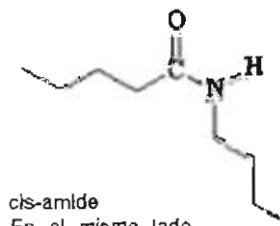
El Kevlar es un polímero altamente cristalino. Llevó mucho tiempo encontrar alguna aplicación útil para el Kevlar, dado que no era soluble en ningún solvente. Por lo tanto, su procesado en solución estaba descartado. No se derretía por debajo de los 500°C, de modo que también se descartaba el hecho de procesarlo en su estado fundido. Fue entonces cuando una científica llamada Stephanie Kwolek apareció con un plan brillante.

Las aramidias se utilizan en forma de fibras. Forman fibras aún mejores que las poliamidas no aromáticas, como el nylon 6,6.

Estas tienen la capacidad de adoptar dos formas diferentes, o conformaciones. Usted puede ver esto en la figura de una amida de bajo peso molecular. Las dos figuras son del mismo compuesto, en dos conformaciones diferentes. La que está a la izquierda se denomina conformación trans, y la que está a la derecha conformación cis.

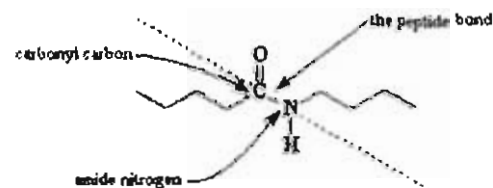


Trans-amide  
Del otro lado de la amida

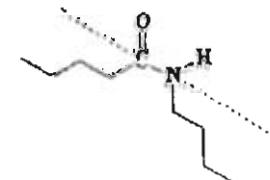


cis-amide  
En el mismo lado de la amida

En latín, trans significa "del otro lado". Así, cuando las cadenas hidrocarbonadas de la amida están en lados opuestos al enlace peptídico, el enlace entre el oxígeno del carbonilo y el nitrógeno de la amida, ésta se denomina amida trans. Asimismo, cis en latín significa "en el mismo lado", y cuando las cadenas hidrocarbonadas están del mismo lado del enlace peptídico, la llamamos amida cis.



En la red de la amida, los grupos de hidrocarburos están en el lado opuesto del péptido de bonos.



En la cis amida, ambos grupos de hidrocarburos están en el mismo lado del péptido de bonos.

La misma molécula de la amida puede torcerse hacia adelante y hacia atrás entre las informaciones cis y trans, originando una pequeña energía.

En las poliamidas también existen las conformaciones cis y trans. Cuando en una poliamida todos los grupos amida están en su conformación trans, como el nylon 6,6 por ejemplo, el polímero se estira completamente en una línea recta. Esto es exactamente lo que deseamos para las fibras, porque las cadenas largas y completamente extendidas se empaquetan más adecuadamente, dando lugar a la forma cristalina que caracteriza a las fibras. Pero lamentablemente, siempre existen unos pocos enlaces amida en la conformación cis. Por ello las cadenas del nylon 6,6 nunca llegan a estar completamente extendidas.



#### 4. ¿QUIÉN PRODUCE LA NANOTECNOLOGÍA?

A continuación se presentan algunos ejemplos de empresas que aplican la nanotecnología son:

**AFFYMETRIX, BIOFORCE, NANOGEN, NANOINK.** Arrays.

**AGILENT, 454 LIFE SCIENCES, US GENOMICS, NANOMIX.** En el desarrollo de biosensores para detectar estructuras moleculares precisas.

**ANGOSTO MEDICA.** Para estabilizar y regenerar hueso.

**DENDRITIC, GENICON, NANOPLEX, NANOSPHERE, QUANTUM DOT.** Desarrollo de etiquetas moleculares.

**HITACHI, IMAGO VEECO.** Desarrollo de herramientas SPM.

**INSTITUTO DE CARBOQUIMICA (GRUPO DE ESTRUCTURAS CA.** EL grupo CNN del Instituto de Carboquímica lleva a cabo investigación en el campo de los nanotubos de carbono.

**INITUTE FOR SOLDIER NANOTECHNOLOGIES.** Desarrollo de terapias, nanopartículas polifuncionales, nanopartículas de lípidos.

**LABORATORIOS SANDIA.** En desarrollo de nuevos materiales como fibras y cerámicas más resistentes y menos pesadas para aplicaciones militares o aeroespaciales.

**NANO MATERIA.** Para el desarrollo de nervios.

**NANO TECH COATINGS LATINO AMÉRICA, S.A. DE C.V.** Empresa, con sede en Alemania y oficinas en Monterrey, Nuevo León. Dedicada a la venta de recubrimientos y pinturas para la industria metalurgia, basados en la Nanotecnología.

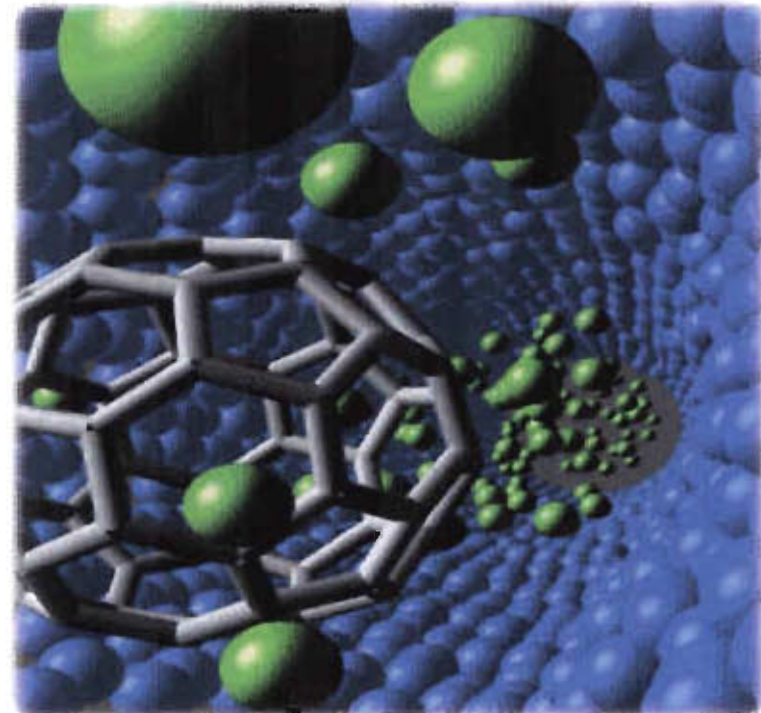
**NANOCRYSTAL TECHNOLOGIES.** En el desarrollo de una tecnología para nanocristales funcionales para una mayor eficiencia en la absorción de medicamentos pues estos pueden atravesar membranas celulares.

JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

**NANOZAR I+D** realiza para empresas en el campo de los nanotubos de carbono para el desarrollo de nuevos materiales avanzados para aplicaciones en nanotecnología.

**PROCTER & GAMBLE Y L'OREAL.** En el desarrollo de partículas para cosméticos.

**PSI-MEDICA.** Para implantes de hueso. **STARPHARMA.** En el desarrollo de dendrímero a la que se le pueden pegar ciertos grupos de drogas y/o dirigirla hacia moléculas o trozos de ADN, (resultaría útil en la administración como un medicamento contra el SIDA), en la ingeniería de tejidos.



Estructuras nanotecnológicas. [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)





## 5. ¿CÓMO VER UN MUNDO PEQUEÑO?

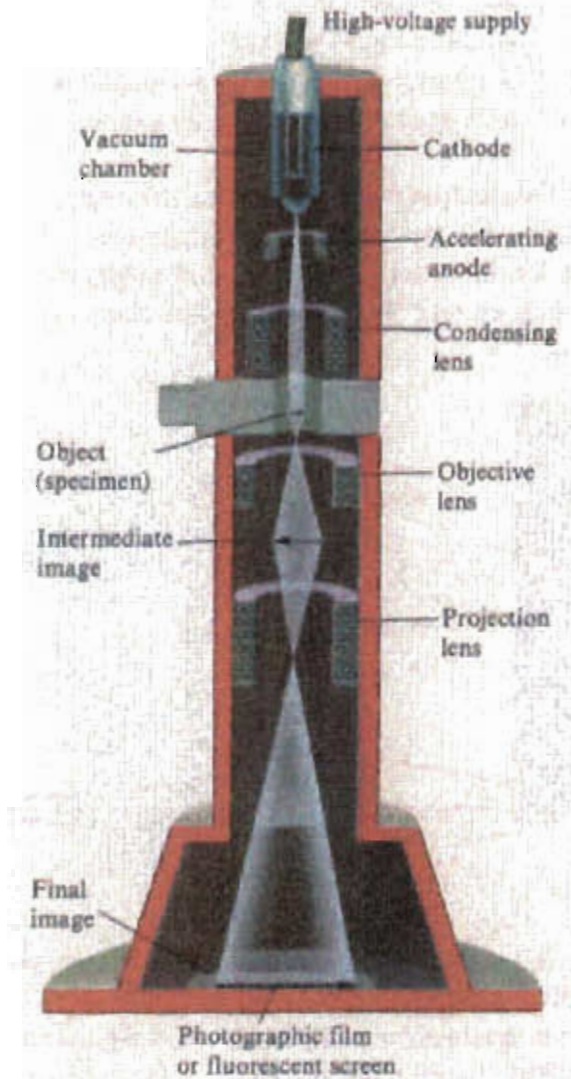
Los ojos pueden ver lo que nos rodea porque la luz refleja todo objeto que toca. La cosa más pequeña que podemos ver con un microscopio de luz mide más o menos 500 nanómetros<sup>8</sup>. (200 veces más pequeño que el ancho de un pelo.) La razón por la cual no podemos ver nada más pequeño es porque estos microscopios usan luz. Normalmente, no pensamos que la luz tiene un tamaño, pero la luz visible mide más o menos, 500-800 nanómetros.

**Binning y Roher en 1981.** Ganadores del premio nobel en 1986. Descubrieron el microscopio efecto túnel, esta es una máquina capaz de revelar la estructura atómica de las partículas. Se basan en la capacidad de atrapar a los electrones para lograr una imagen de estructura atómica de la materia con una alta resolución, en la que cada átomo se puede distinguir de otro. Una vez escaneado el objeto se genera una imagen en tres dimensiones.

Posteriormente en **1989 en IBM Don Eigler** y colaboradores movieron átomos usando un microscopio de rastreo de prueba. Este microscopio utiliza una punta muy fina parecida a una aguja para “ver” los átomos. Esta punta se mueve cerca de la superficie de la muestra y detecta cambios en el campo eléctrico. Con esta punta muy fina un átomo puede ser desplazado de un lugar a otro. Para demostrar este ejemplo, **escribieron las letras de la empresa por medio de átomos.**



Fuente: [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)



Microscopio efecto túnel. Fuente: [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)

8.- Un nanómetro es mil-millones (lo que es 1,000,000,000) de un metro. Microscopio efecto túnel. Fuente: [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)



## 5.1 ¿QUÉ SE NECESITA PARA MOVER UN ÁTOMO?<sup>9</sup>

Actualmente se sabe que para mover los átomos de un lugar a otro es necesario lo siguiente:

- Enfriar la muestra cerca de la temperatura de cero absolutos (-273 ° C).
- Trabajar en una superficie muy lisa para poder seleccionar los átomos a mover.
- Finalmente, se necesita crear vacío para reducir la cantidad de moléculas en la atmósfera.

Hoy en día es utilizado un nuevo tipo de microscopio que utiliza fuerza atómica (no ven objetos utilizando luz). En vez, usan una punta muy pequeña para "sentir" la superficie del objeto que están intentando ver. A veces, científicos ponen nanotubos de carbono en el extremo de la punta para hacerla aún más puntiaguda. La punta puede sentir su forma midiendo la fuerza entre los átomos en la punta y los átomos del objeto. Usando computadoras muy poderosas, esta información es usada para crear una imagen tridimensional del objeto. Con un microscopio de fuerza atómica, puedes ver cosas tan pequeñas como una cadena de ADN.

El carbono es uno de los elementos químicos más versátiles y constituye el fundamento de la mayoría de moléculas que son importantes para la vida, como el ADN y las proteínas. Forma enlaces estables.

Todos los materiales de carbón están compuestos de átomos de carbono. Sin embargo, dependiendo de la organización que presenten estos átomos de carbono, los materiales pueden ser muy diferentes unos de otros. Las estructuras a las que dan lugar las diversas combinaciones de átomos de carbono pueden llegar a ser muy numerosas. En consecuencia, existen una gran variedad de materiales de carbón.

9.- Fuente: Don Eigler (IBM)



El Carbono. Fuente: Tabla periódica de los elementos.

Para intentar explicar las diferentes estructuras de los carbones conviene empezar a una escala atómica. Así, los átomos de carbono poseen una estructura electrónica  $1s^2 2s^2 2p^2$ , lo que permite que los orbitales atómicos de los átomos de carbono puedan presentar hibridaciones del tipo:  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ .

Cuando se combinan átomos de carbono con hibridación  $sp$  dan lugar a cadenas de átomos, en las que cada átomo de carbono está unido a otro átomo de carbono por un enlace triple y a un segundo átomo de carbono por un enlace sencillo.

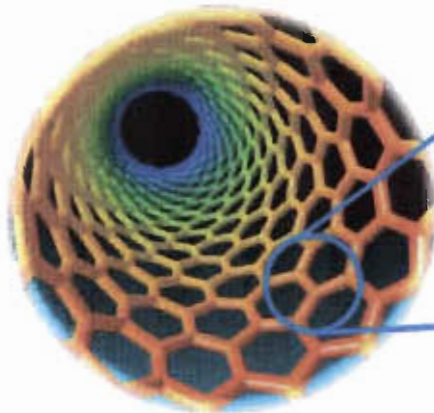


## 6. ¿QUÉ ES UN NANOTUBO DE CARBONO?

Los nanotubos de carbono son tubos diminutos, hechos solamente de átomos de carbono y que tienen diámetros de unos pocos nanómetros de ancho. Aunque sean tan pequeños, son súper fuertes. La razón por la que son tan fuertes es por la forma en que los átomos de carbono han sido enlazados en la estructura del nanotubo. Un cable basado en nanotubos de carbono, tendría un grosor de 0.91nm (más pequeño que un pelo humano, pero con la fuerza para transportar cargas de más de 12 toneladas).

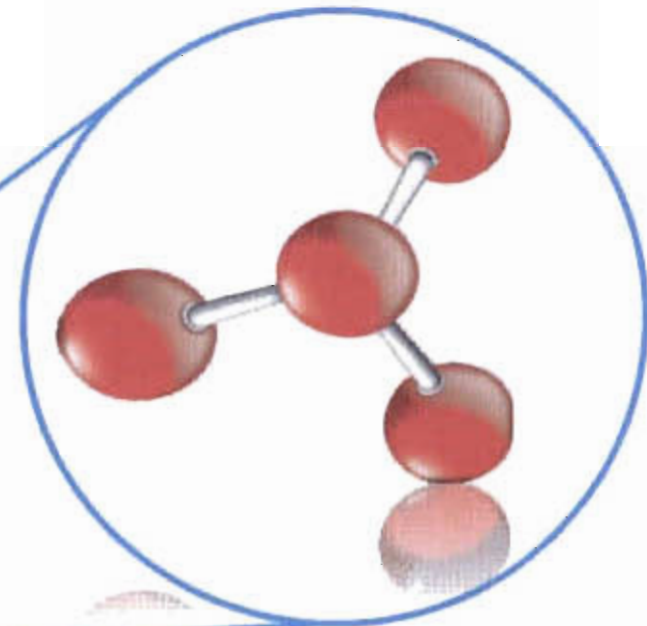


Nanotubos de carbono. Fuente: [www.imagenes.google.com](http://www.imagenes.google.com)



Los nanotubos están contruidos de la siguiente manera:

- Cada átomo de carbono está conectado a otros tres átomos de carbono.
- Más resistente que el material más fuerte del mundo (el diamante).
- Pueden ser doblados bastante sin romperse.



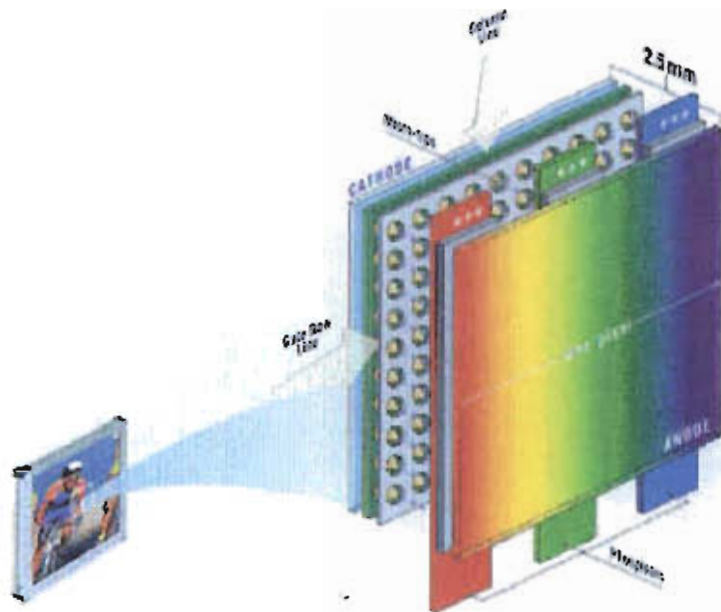
Estructura de los nanotubos de carbono.





## 6.1. APLICACIONES DE LOS NANOTUBOS

Los nanotubos han desatado la imaginación de la gente, que sueña con robots microscópicos, carrocerías de automóviles resistentes a las abolladuras, edificios a prueba de terremotos o máquinas capaces de reparar daños en el cuerpo humano. Sin embargo, los primeros productos que incorporan nanotubos no hacen aun nada de esto, sino en virtud de sus propiedades eléctricas. Automóviles de la General Motors incluyen piezas de plástico a las que se añaden nanotubos; de esta manera el material plástico se carga eléctricamente durante la fase de pintura para que ésta se adhiera mejor. Muy pronto saldrán al mercado dos productos de iluminación y presentación visual basados en nanotubos, uno de ellos una pantalla de TV de 42 pulgadas de diagonal.



Planean utilizar la tecnología FED utilizando nanotubos de carbono como emisores de electrones, para sacar al mercado pantallas de bajo costo, de ultra alta definición y tamaños bastante respetables.

Fuente: [www.genciencia.com/images/20060](http://www.genciencia.com/images/20060)

Los FED funcionan básicamente de la misma manera que los tubos CRT, es decir, un haz de electrones incide sobre fósforo produciendo luminiscencia, lo cual bien combinado permite reproducir imágenes en la pantalla.

La diferencia esencial entre estas tecnologías está precisamente en el tubo, que pasa de ser un elemento objetivamente grande a ser una agrupación de pequeñísimos tubos catódicos.

Estos tubos catódicos están dispuestos sobre una superficie plana a pocos milímetros de la pantalla de fósforo, y el efecto visual que producen es el de los mejores CRT, pero con la "finura" de las pantallas LCD (finura física, son monitores planos).

Una ventaja sobre los CRT es su bajo consumo, muy por debajo del normal en los tubos tradicionales, y una desventaja esgrimada es su alta emisión, lo que en principio los hacía poco apropiados para construir enormes pantallas.

De hecho, hasta hace poco no era posible encontrar dispositivos de este estilo<sup>10</sup> que proporcionasen más de 320 x 240 pixeles de resolución.

Con el tiempo, las aplicaciones que mayor partido sacaran de las propiedades de lo nanotubos son las que aprovechan sus características eléctricas.

En principio, los nanotubos de carbono pueden desempeñar el mismo papel que cumple el silicio en los circuitos electrónicos, pero a escala molecular, donde el silicio y otros semiconductores dejan de funcionar.

Aunque la industria electrónica continua llevando las dimensiones de los transistores en los chips comerciales por debajo de 200 nanómetros (esto representa solo unos 400 átomos de ancho), los ingenieros se enfrentan con grandes obstáculos para avanzar en la miniaturización.

10.- Fuente: [www.geocencia.com/imagenes/20060](http://www.geocencia.com/imagenes/20060)



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

## BATERIAS.

Presentan la batería más delgada y ecológica del mundo. En Japón en la Universidad de Waseda, presentó un polímero orgánico de 200 nanómetros de espesor (más delgada que una hoja de papel). Se utilizara en todos los dispositivos electrónicos, (celulares, cámaras, computadoras, etc.) reduce el índice de contaminación al cargarse, se comercializara dentro de tres años.



Nanobatería más delgada y ecológica del mundo, Fuente: Universidad de Waseda.

La empresa Carbon Nanotechnologies Inc., que fabrica nanotubos de carbón, publicó en una nota de prensa las siguientes aplicaciones para los nanotubos de carbono.

- Polímeros reforzados con nanotubos.
- Nanomateriales diseñados para tratar textiles con grados únicos de fuerza y conductividad.

- Lubricantes de alto rendimiento que tienen incorporados nanotubos alineados.
- Nanotubos y nanocáscaras para uso médico.
- Memoria de computadoras que utiliza geometría de nanotubos.
- Nanotransistores y otros aparatos electrónicos de alta densidad.

## 6.2. NANOTUBOS EN EL ESPACIO

Espacio, la última frontera. El espacio comienza a solo 100 kilómetros desde la superficie de la tierra. Por lo que tan solo tardaríamos en llegar un poquito más de una hora manejando un vehículo a 100 km/h.

En el 2007 un grupo de personas voló en un avión hasta el punto más cercano considerado dentro del espacio y ganó un premio de veinte millones de dólares. Algún día ese viaje va a ser común, pero ¿habrá alguna otra forma de ir al espacio?

¿Qué tal un elevador?

Actualmente la **NASA** está trabajando en un **elevador espacial**. Uno de los extremos del elevador estará conectado a un satélite y el otro a la superficie de la tierra.

Así una vez que quieras ir al espacio, o poner algo en órbita, todo lo que deberás hacer es apretar un botón.





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ



Para crear este elevador será necesario un cable muy fuerte, tan fuerte como para levantar miles de kilos, muy largo, alrededor de 250 kilómetros.

Los científicos pueden fabricar cables muy fuertes y una de las formas de hacerlo es usando nanotubos de carbono. Los nanotubos de carbono fueron descubiertos hace 15 años por un científico japonés Sumio Iijima el cual vio dentro de un horno cierto hollín negro, cuando lo observo con un microscopio muy poderoso, vio hilos largos y brillantes que eran mil veces más finos que un cabello, median sólo 2 nanómetros de espesor.

Ahora se pueden fabricar nanotubos de carbono millones de veces más largos que anchos y son a la vez muy fuertes, más o menos 100 veces más fuertes que el acero.

El primer paso para crear el elevador espacial será fabricar el cable de nanotubos de carbono con una longitud de 70,000 kilómetros y enganchar un extremo al satélite y el otro extremo a la tierra.

Donde se ubicará la plataforma será el Océano Indico a 70° latitud este, al Sur de la India, esta será una plataforma móvil marina, ya que se debe considerar los factores climáticos que pueden llegar afectar las instalaciones.



Estación espacial.

Cable formado por los nanotubos de carbono de más de 70,000 km. Y una capacidad para soportar 20 toneladas sin problema.

Un lugar donde anclarlo. Plataforma marina móvil, en el Océano Indico a 70 grados latitud este, al sur de la India.





### 6.3. EN LOS TEXTILES.

Actualmente existen telas capaces de repeler el agua, esto pasa porque algunos materiales son hidrofílicos que significa que les gusta el agua, y otros materiales son hidrofóbicos, no les gusta el agua (hidrofobia es algo diferente, esto significa que tienes miedo del agua). Estas propiedades tienen que ver con la química de la superficie. La cera está hecha de moléculas hidrofóbicas. Este fenómeno ocurre mucho en la naturaleza.

¿Cómo crean una tela antimanchas? Algunos materiales pueden cambiar para que sean hidrofílicos o hidrofóbicos a través de tratamientos especiales. Actualmente existen aerosoles para cubrir la tela con un material parecido a la grasa que previene que se absorban líquidos en la tela. Pero después de unas cuantas lavadas este desaparece volviendo a dejar la tela en su estado anterior.

**Nanotex** produce con la nanotecnología una tela antimanchas, esta empresa no produce la tela, sino un tratamiento químico que hace al material más resistente al agua y que repele el aceite. Normalmente cuando se derrama un líquido en la tela, esta lo absorbe y al secarse produce la mancha, por lo que el objetivo es evitar que la tela absorba los líquidos.

Nanotex fabrica pequeños hilos y otras cosas que ayudan a repeler líquidos. Primero la tela pasa por un tratamiento de ácido y luego se incorporan polímeros hidrofóbicos. Finalmente se calienta la tela en un horno para formar los hilos especiales. Supuestamente mil de estos hilos quedan en un hilo normal. Esto significa que tienen un grosor de más o menos mil nanómetros.



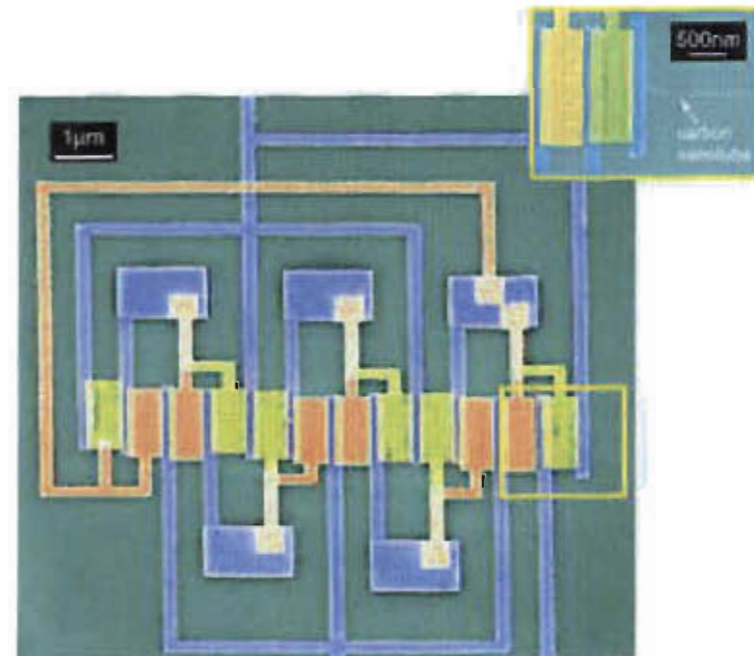
Fuente: Nanotex

Los hilos hacen que la tela sea hidrofóbica para que no se absorban líquidos. De esta forma, la tela previene manchas y además sigue funcionando después de lavadas.

La imagen muestra la tela después del tratamiento de Nanotex. Esta fue expuesta al agua, jugo, mostaza y aceite por media hora y luego limpiada con servilleta de papel.

### 6.4. CIRCUITO MOLECULAR.<sup>11</sup>

Expertos de IBM consiguen crear el primer circuito integrado que utiliza un solo nanotubo de carbono en lo que sería el primer circuito molecular. Esta tecnología podría permitir sustituir la tecnología actual de semiconductores cuando alcance su límite tecnológico a mediados de la próxima década.



El circuito CMOS que utiliza un nanotubo de carbono de sólo 2nm. El nanotubo en sí se aprecia en el inserto de arriba a la derecha Foto: IBM 11.- Fuente: IBM <http://dominio.research.ibm.com>





El circuito es comparado en tamaño con un cabello humano. Foto: IBM.

Quizás lo más interesante resida en que para crear este chip se ha utilizado procesos de fabricación estándar para chips de silicio al que se ha añadido el nanotubo de carbono en lugar de montar todos los componentes a la vez con una nueva técnica. Esto puede simplificar la construcción de este tipo de circuitos comprobar sus potencialidades y encontrar aplicaciones.

Durante 50 años la industria de semiconductores ha descansado sobre la habilidad para integrar más y más componentes en un solo chip de silicio, pero debido a las leyes de la física llegará un momento en el que no se puedan empaquetar más transistores, y el número de éstos no puedan doblarse cada año y medio como lo hacen hoy en día. Por eso desde hace un tiempo se investiga en

nuevas y diversas técnicas nanotecnológicas que reemplacen la actual industria.

Una de ellas pretende usar nanotubos de carbono. Unas 50,000 veces más pequeños que un cabello humano, son moléculas cilíndricas compuestas de átomos de carbono fuertemente enlazados. Poseen interesantes propiedades eléctricas, entre las cuales está la poca disipación de calor que poseen al paso de la corriente.

El circuito construido por IBM es un oscilador de anillo pensado para evaluar las capacidades de esta tecnología. En este caso el circuito es un millón de veces más rápido que los anteriores prototipos basados en múltiples nanotubos alcanzando 52 mhz, aunque todavía más lento que los actuales sistemas basados en silicio, equivalen a un microprocesador de hace 15 años.

## 7. ¿CÓMO SE PRODUCEN LOS NANOTUBOS?

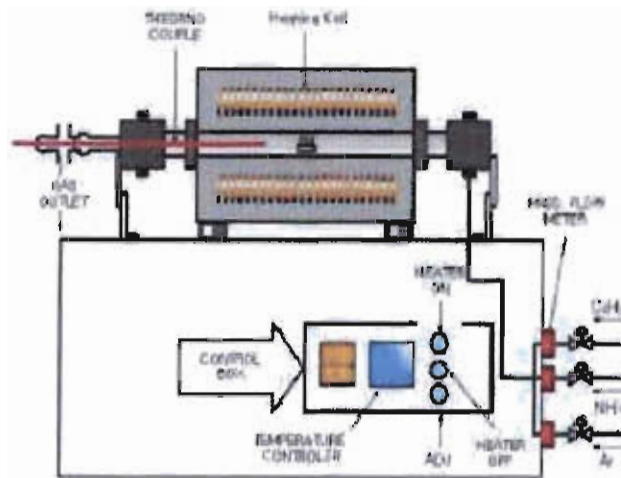
Tal vez la pregunta más interesante y la que muchos se hacen es ¿Cómo se producen los nanotubos?, en este capítulo se muestran dos tipos de procesos para crearlos los cuales son:

- Método del Sustrato.
- Método del Catalizador Flotante

**7.1. Método del Sustrato.** La síntesis de nanotubos de carbono por esta técnica es esencialmente un proceso de dos etapas, en una **primera etapa** se preparan los catalizadores y en una **segunda etapa** se crecen los nanotubos. Los catalizadores son preparados generalmente dispersando nanopartículas de un metal de transición sobre un sustrato. Dado que el elemento activo es el metal en estado elemental, es necesario un tratamiento de reducción con hidrógeno para inducir la nucleación de partículas catalíticas en el sustrato. En la siguiente etapa (el catalizador ha de estar ya en todo momento en atmósfera controlada libre de aire), se introduce en el sistema la fuente de carbono para producir el crecimiento de los nanotubos. Las temperaturas utilizadas para la síntesis de nanotubos por CVD (**por sus siglas en inglés chemical vapor**



**deposition)** se hallan generalmente comprendidas entre 650 y 900°C. Suele emplearse un reactor tubular, introducido en un horno eléctrico, para llevar a cabo ambas etapas, pasando de una a otra mediante los flujos de gases y las temperaturas. Durante la etapa de crecimiento de nanotubos, suele seguir utilizándose hidrógeno como gas portador ya que este inhibe la formación de carbono amorfo.



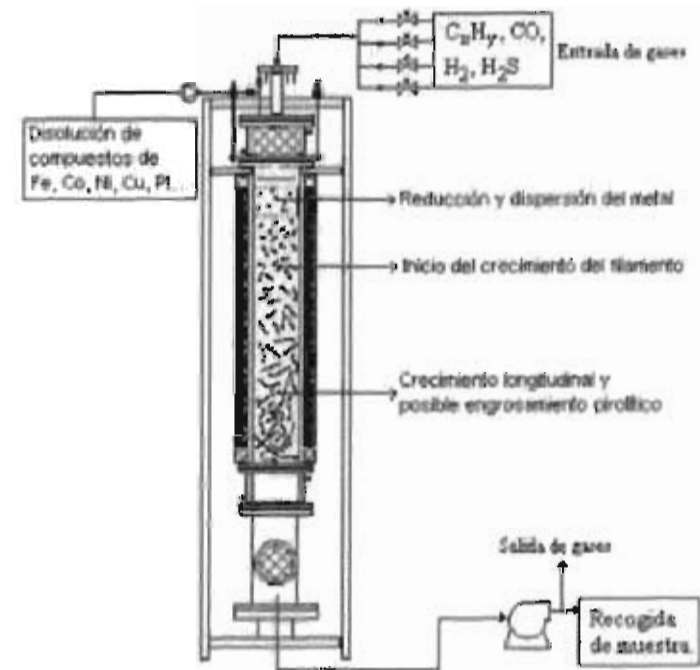
Método del Sustrato. Fuente e imagen: <http://www.oviedo.es>

Quando se desea producir VGCF engordadas, suele realizarse una tercera etapa de engrosamiento, donde se disminuye la relación de hidrógeno y se incrementa la temperatura para favorecer el craqueo.

El método del sustrato es versátil y permite obtener los distintos tipos de filamentos con alta selectividad. Sin embargo, las cantidades a producir son muy pequeñas, al ser un proceso discontinuo que requiere de unos tiempos de residencia elevadísimos, por lo que los costos son astronómicos.

**7.2. Método del Catalizador Flotante.** Este método fue desarrollado en la década de 1980 por los grupos de Endo y Tibbetts para la producción de VGCF. Hoy en día, es una forma válida de la obtención de nanotubos, nanofibras o VGCF, aunque el control de lo

que ocurre es bastante más complicado que en el método del sustrato. La idea de este método es producir de forma continua, en un único proceso continuo, los nanofilamentos catalíticos, introduciendo en el reactor sus reactivos. Por lo tanto, todas las etapas descritas en el método del sustrato (preparación del catalizador, generación de nanopartículas de metal elemental, crecimiento de nanofilamentos (y engrosamiento) debe tener lugar en un único reactor.



Método del catalizador flotante. Fuente e imagen: <http://www.oviedo.es>

Como fuente de catalizador suele utilizarse Fe principalmente, y en concreto organometálicos de Fe para que la generación de las nanopartículas metálicas activas sea más factible. Se utilizan tanto  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  como ferroceno. No se han encontrado en la bibliografía ningún trabajo en el que se obtengan nanofilamentos en catalizador flotante alimentando sales el reactor.



Para que los volúmenes del reactor no sean muy grandes y su diseño sea factible, la reacción debe tener una cinética razonable, muy superior a la del método del sustrato. Para ello hay que incrementar mucho la temperatura, con la inevitable formación de hollín por craqueo de la fuente de carbono. Para minimizar la formación de hollín, el tiempo de residencia ha de ser muy pequeño, del orden de segundos. Este gran incremento de la cinética se consigue añadiendo una fuente de S (H<sub>2</sub>S, tiofeno), en cantidades aproximadamente equimolares con el metal. La función del S no está clara, aunque parece que tiene que ver con la generación de partícula fundida.

### 7.3. PRODUCCIÓN DE NANOFIBRAS Y NANOTUBOS POR CVD CATALÍTICO.

Los filamentos, o fibras crecidas en fase de vapor (VGCF), y los nanotubos de carbono, no sólo se producen mediante un idéntico proceso (la descomposición catalítica de hidrocarburos en presencia de metales de transición), sino que en realidad son el mismo material. Así, mientras que en los VGCF el material se engorda con carbono amorfo no catalítico, en los MWNT esto no sucede así. Este hecho produjo que la investigación de la producción masiva de VGCF de principios de los 1980 tendiera en la década siguiente a reducir al máximo posible este recubrimiento de carbono amorfo para que los filamentos resultantes tuvieran diámetros inferiores a las micras, denominándolos **sub-micron-VGCF** o **nanofibras de carbono**.

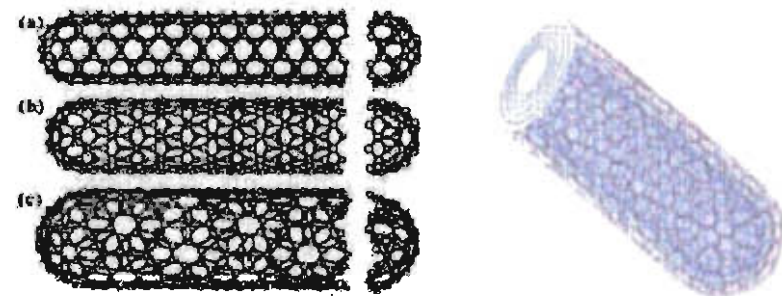
Además, mediante el CVD catalítico, en presencia de metales de transición, no solo se obtenían MWNT, sino que dependiendo de la temperatura, el metal, el tamaño del mismo y la fuente de carbono, se obtenían otros tipos de estructuras distintas de diámetros semejantes. Por ello, en base a lo expuesto puede establecerse la siguiente clasificación de los **nanofilamentos de carbono**, en base a su estructura.

**Nanotubos de carbono.** Consistentes en planos de grafeno enrollados, de pared simple (SWNT) con diámetros de 1-2 nm o de pared múltiple (MWNT), siendo el diámetro interno de unos 5-10 nm y el externo de hasta 80 nm.

La partícula catalítica que lo ha formado suele estar en uno de los extremos. De forma general, se obtienen estas estructuras utilizando Fe como catalizador y etileno o acetileno como fuentes de hidrocarburos. Este término se reserva cuando los nanotubos están totalmente puros y no hay impurificación ni de carbono amorfo ni de otros filamentos.

**Nanofibras de carbono.** Son nanofilamentos generados catalíticamente, de dimensiones semejantes a los anteriores, pero con una disposición diferente de los planos de grafeno, siendo por tanto el hidrógeno necesario para la estabilización de estas estructuras. Se han descubierto un total de cuatro tipos diferentes:

- Plaquetas.
- De espina de pescado o espiga.
- Cinta.
- Tazas apiladas.



Estructuras de diversos nanotubos de pared simple (a, b, c) y nanotubo de pared múltiple.

**Plaquetas.** Los planos gráficos son perpendiculares al eje, por lo que la conducción eléctrica no está favorecida en la dirección del eje





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

del nanofilamento. Suelen obtenerse a partir de mezclas de CO/H<sub>2</sub>, tanto con Fe como Ni de catalizadores, pudiendo dar los mismos reactivos otras estructuras dependiendo de la temperatura. Pueden ser tanto rectos con respecto al eje, como helicoidales, denominándose en ocasiones nanocoils a estos últimos. El metal suele estar en medio de la fibra, para un crecimiento bidireccional.

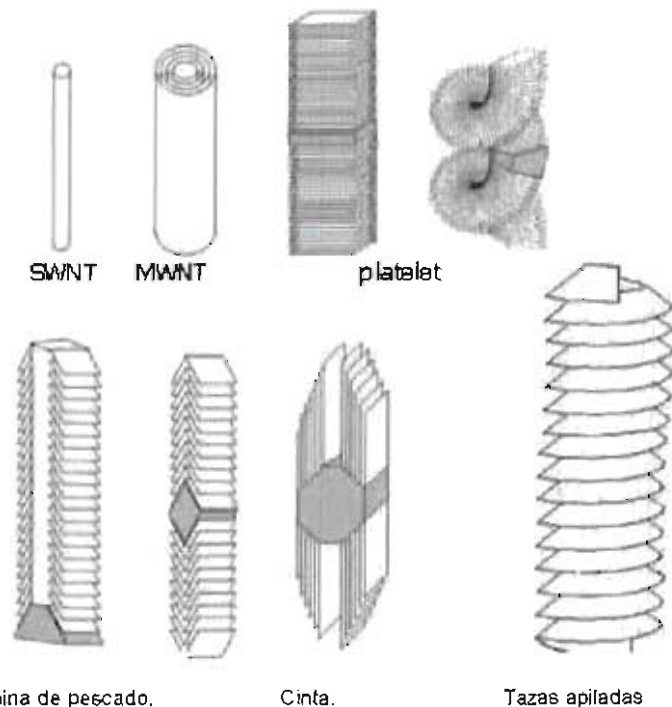
**De espina de pescado o espiga.** Los planos grafiticos están inclinados respecto al eje, siendo su sección poligonal por la geometría de la partícula catalítica. Pueden ser macizos o huecos. En el primer caso, la partícula suele estar en el centro (bidireccional), mientras que en el segundo suele estar en la punta. Estas nanofibras suelen obtenerse con Ni con cualquier fuente de hidrocarburos o CO.

**Cinta.** Es un tipo de estructura de planos grafiticos paralelos al eje, que puede confundirse fácilmente con los MWNT cuando es el TEM el elemento de análisis. Por ello, no se conoce con exactitud cuando se obtienen, especialmente si la fuente de carbono es etileno o metano.

**Tazas apiladas.** Semejante a la estructura Fishbone, excepto que son siempre huecas, el canal es siempre muy ancho y la sección de la nanofibra es circular. Existe una discrepancia sobre si la estructura es de conos apilados o si es un enrollamiento continuo en espiral. Se obtienen con metano de fuente de carbono y hay presente azufre. Únicamente se han obtenido por el método continuo del catalizador flotante.

**Fibras de Carbono crecidas en fase de vapor (VGCF).** Cualquiera de los filamentos catalíticos anteriores, cuando son recubiertos por una capa de carbono amorfo no pirolítico. Si este recubrimiento es pequeño, de algunas decenas de nm, también se pueden denominar Nanofibras de Carbono, pero si el recubrimiento hace que el filamento tenga más de media micra, únicamente debe emplearse el VGCF. Este engrosamiento tiene lugar a partir de cualquier hidrocarburo, incrementando temperatura ( $T > 850^{\circ}\text{C}$ ) y disminuyendo la concentración de hidrógeno. Por ello, hay que controlar que no se produzcan de forma simultánea bolas de hollín libre, y que este se deposite sólo sobre el filamento catalítico.

Todos estos materiales pueden producirse por depósito químico en fase de vapor (CVD del inglés **chemical vapor deposition**). Es decir, a partir de una fuente de carbono en fase de vapor se forma una fase sólida de carbono debido al craqueo, descomposición y posterior recondensación, o simplemente reacción, de dicha fase de vapor. Este proceso es catalítico, por lo que se le añade c-CVD para distinguir del no catalítico (p-CVD, p de pirolítico) en donde lo que se depositan son otros materiales de carbón pirolítico. La formación de hollín es un proceso típico de formación de carbono por CVD en un proceso no catalizado.

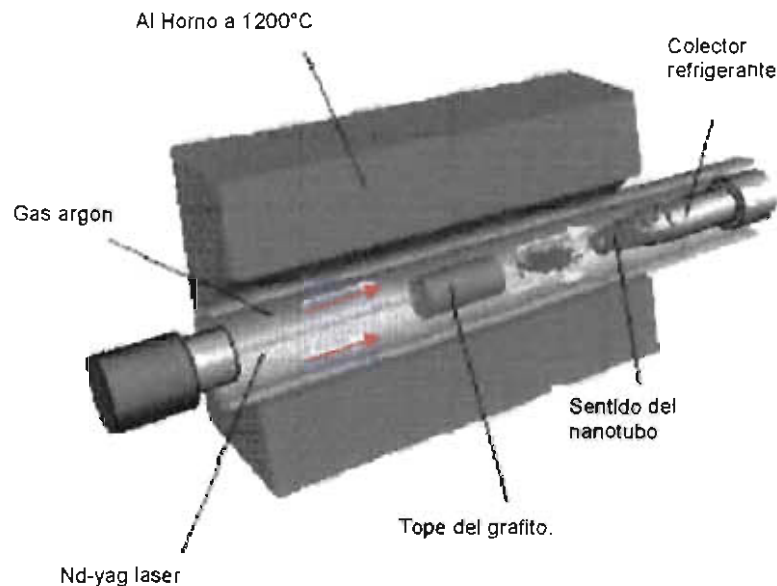


Nanofibras de carbono. Fuente e Imagen: <http://www.oviedo.es>

#### 7.4. OBTENCION POR LASER:

Otro método para obtener nanotubos es mediante la ablación por láser, la cual fue demostrada en 1996 por el grupo de Smalley y ha incitado muchos intereses. Se demostró que la síntesis se podría realizar en un tubo horizontal bajo el flujo de un gas inerte a presión controlada. En esta disposición el flujo del tubo es calentado a 1200°C.

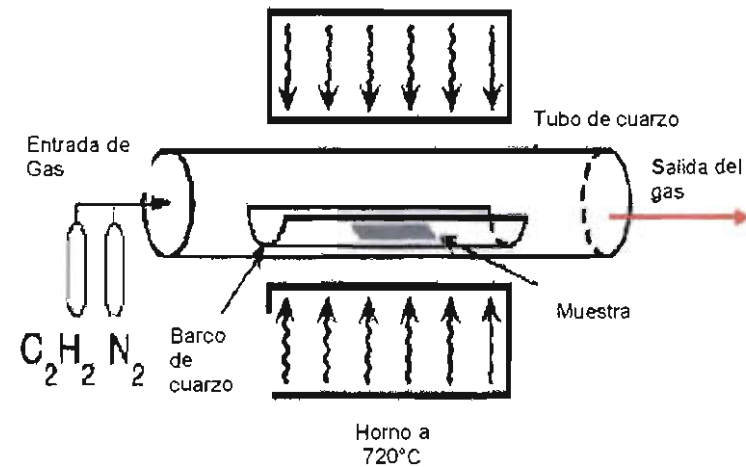
Los pulsos del láser entran en el tubo y atacan un blanco que consiste en una mezcla del grafito y un catalizador del metal como Co o Ni. El nanotubo se condensa de la vaporización del láser y se deposita en un colector fuera de la zona del horno.



Fuente: [http://www.phys.ttu.edu/~tlmde/thesis/CARBON\\_NANOTUBES.html](http://www.phys.ttu.edu/~tlmde/thesis/CARBON_NANOTUBES.html)

#### CRECIMIENTO CATALITICO:

Un alternativa a los métodos de obtención por arco y de a la ablación por láser es el crecimiento catalítico de nanotubos. Este método se basa en la descomposición de un gas de hidrocarburo sobre un metal de transición para posteriormente obtener nanotubos en un reactor de deposición química en fase de vapor (CVD).



Fuente: [http://www.phys.ttu.edu/~tlmde/thesis/CARBON\\_NANOTUBES.html](http://www.phys.ttu.edu/~tlmde/thesis/CARBON_NANOTUBES.html)

Como conclusión se puede decir que los nanotubos de carbón son una real posibilidad para poder seguir adelante en la fabricación de computadores cada vez más poderosos y así seguir cumpliendo la ley de Moore la cual establece que la velocidad de los procesadores se duplica cada 18 meses. Por otra parte la nanotecnología y los nanotubos también servirán para muchas otras



## 8. PROPIEDADES MECÁNICAS.

En las estructuras comunes, las tensiones se distribuyen en toda la estructura de manera relativamente uniforme, salvo sobre los contornos. Pero hay muchos casos en los que aparecen concentraciones de tensiones, en los que puede haber crestas importantes que complican la capacidad resistente.

En caso de todo hueco o entrada brusca en un material se provoca una fuerza muy grande de tensión ya sea a nivel macroscópico o microscópico; esto también genera **concentraciones de tensiones**.

El incremento en estas tensiones no está relacionada con el tamaño y sí con la forma, ya que una cadena de átomos sometida a una concentración de éste tipo pasa de una cadena a otra debilitando a la siguiente y así sucesivamente.

Es importante considerar la concentración de tensiones porque las tensiones mismas pueden producir plasticidad del material, pueden llevar a rotura frágil del material, aceleran la corrosión química de un material, además si hay cargas repetidas, pueden acelerar el proceso de fatiga.

Se ha podido calcular lo que se conoce como factor de concentración de tensión, es decir por cuantas veces se multiplica la tensión local (para distintas formas geométrica, como abertura rectangular u otras aberturas como agujeros redondos y elípticos). Abriendo un hueco elíptico muy largo y estrecho, obtendremos una fisura o fractura. Para dar un ejemplo, una fisura microscópica reducirá la resistencia del vidrio por una concentración de tensiones de 2,000,000 a 10,000 lib/pulg<sup>2</sup>, aproximadamente el valor que se encuentra en el vidrio ordinario.

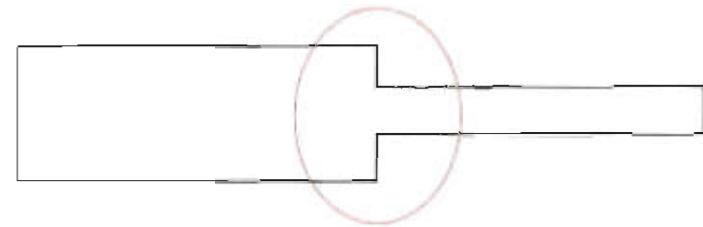
Factores.

Son diversos los factores causantes de la concentración de tensiones, entre ellos algunos a nivel macroscópico y microscópico:

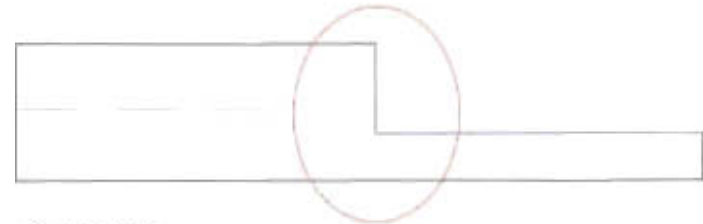
- Cambios abruptos en alguna sección, cambios de dirección y esquinas.

- Elementos en constante roce o contacto con otras piezas.
- Discontinuidad en el material mismo, orificios en el concreto, inclusiones en el acero, aleaciones, los agregados en el concreto, uniformidad en las fibras, etc.
- Tensiones iniciales en algún elemento originado desde su fabricación.
- Fisuras existentes en las secciones.

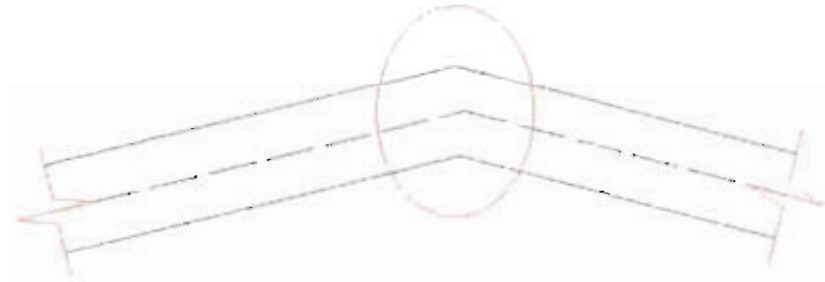
Cambios en la sección.



Elementos descentrados.

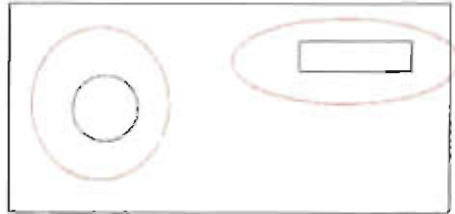


Cambios de dirección.

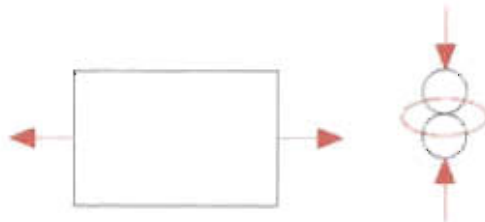




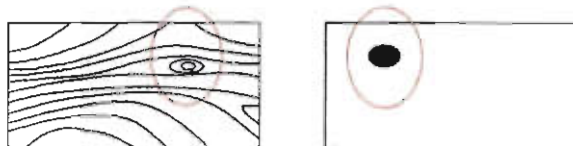
Agujeros o aberturas.



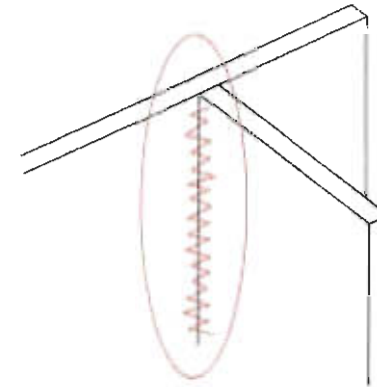
Tensiones de contacto.



Discontinuidad en el material.



Tensiones iniciales (soldadura y uniones).



### 8.1 Fatiga.

Es la presencia de cambios estructurales (mecanismos) progresivos localizados frecuentemente o permanente de tensiones cuyo valor máximo sea menor a la resistencia ultima de material.

Etapas:

1° Inicial: Es imposible de que se vea a simple vista, ya que se aprecia en micro estructura.

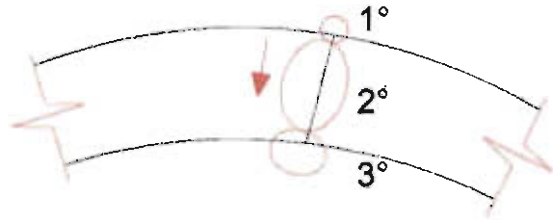
2° Propagación: Dan una parcial separación de las moléculas que conforman el elemento hasta el máximo que soporten.

3° Final: La fractura del elemento, ya que las moléculas están separadas en su totalidad.





La etapa final se da hasta el límite de un material, pueden ser dúctil o frágil y se presenta plasticidad o fragilidad en esté.  
Los materiales más frágiles tienen más desventajas.



Factores:

Tipo de carga.

- Flexión.
- Torsión.
- Axial.

Naturaleza del desplazamiento de la carga.

La frecuencia de repetidas cargas.

Forma de carga.

Concentraciones de tensiones.

- Esquinas.
- Roturas.
- Agujeros.
- Malformaciones.
- Entre otros y a nivel:
  - **Macro:** Tamaño y grosor del elemento estructural.
  - **Micro:** Imperfecciones en el material.

Método de fabricación.

Historia de carga.

Terminado (acabado final).

Temperatura en donde se encuentra.

Ambiente en donde se encuentra.

Evaluación en el material y tensiones locales grandes.

Resistencia del material.

Ensayos: Uno solo no es suficiente por tener tantas características variables.

Se ensaya no solo el material, sino también el prototipo y aun así no es predecible del todo.

Lo más importante son los datos del laboratorio sobre los materiales.

La vida de fatiga y resistencia son medidas en estadísticas.

Los ensayos se hacen sobre el material y no sobre la estructura, pues sería casi imposible evaluarlo directamente; solo fabricantes con alto poder adquisitivo, como fabricantes de autos, camiones y aviones lo realizan en sus laboratorios como ejemplo a escala real.

## 8.2. Dificultad de localización de tensiones:

- Historia de carga no bien conocida.
- Cuando las características propias y tratamientos no se conocen.

**Curva sigma-N:** Esta indica la vida media de un material, y se tiene en cuenta la variabilidad de los ensayos en laboratorio.

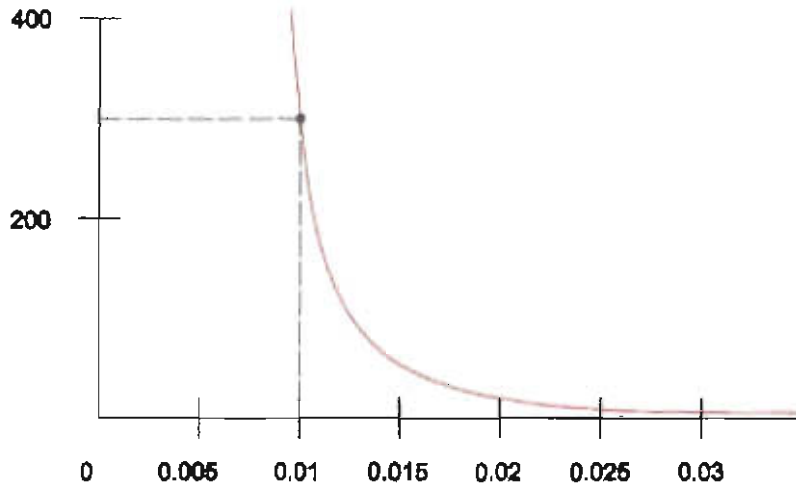
Se tiene que tomar en cuenta que el 50% tiene la probabilidad de fallar y el otro 50% no.

**Endurancia:** En materiales ferrosos puede desaparecer la fatiga y esto se le conoce como endurancia; si se conoce el número de endurancia se trabaja directamente con éste.

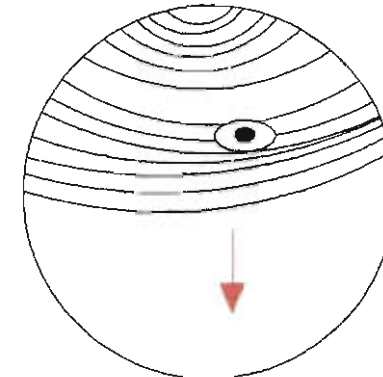


JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Los metales y los polímeros son muy similares en dicha característica.



En caso de existir errores en el material, las estrías pasan por este casi sin cambio alguno y continúan en la misma dirección.



Defecto tipo isla.

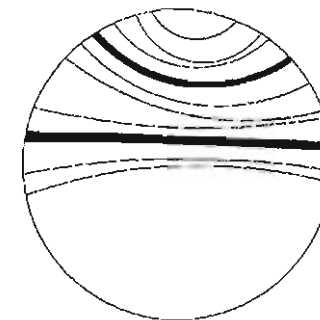
En esto se parecen a la estructura del tronco de un árbol; con poca ductilidad en el material estas estrías casi no se aprecian, ni tampoco en los polímeros.

Cuando hay un aumento o disminución elevado de las cargas se producen las "ondas de playa" (cambios abruptos en la tensión).

**Vida de la fatiga:** Es el número total de ciclos de carga para que una fisura se produzca y al final hay un daño provocando destrucción.

Se utiliza el número de ciclos para poder medirla y es importante la superficie interna y externa; entre mejor realizada y acabada este la superficie, mas difícil será que inicie.

**Estados de la fatiga:** Cada ciclo deja marcas que se les llama estrías, las cuales nos dan registro del daño que produce la fatiga; esto a nivel micro, significa el desplazamiento de los átomos; estas se pueden observar en el microscopio electrónico y la separación entre las estrías depende de la ductibilidad del material.

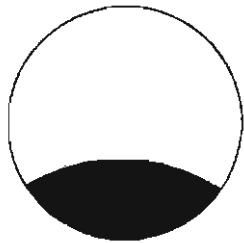


Estrías ondas de playa.

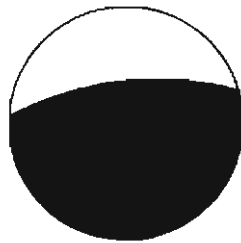


Características de fatiga: La fatiga se distingue si ocurrió bajo tensión nominal por el área que ocupa la parte rugosa, de la parte lisa, si es una zona grande, la tensión nominal es grande.

En la observación de la pieza y descripción de estrías y ondas de playa se describe la detención de la carga, el cambio de esta, oxidación o corrosión.



Bajo Nivel Alto



Tensional

Algunos ejemplos de la fatiga, se describen por la cual fue su función antes de la fractura:



Rotatorio



Plano



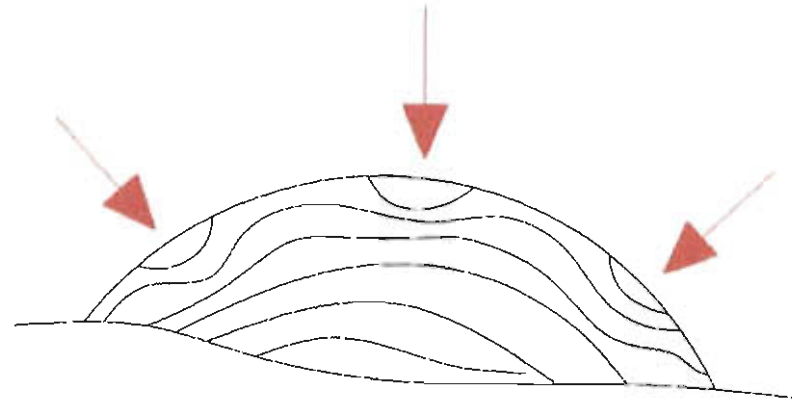
Torsión .

En el caso torsional la dirección de la fractura por lo general es a 45°. En caso de piezas sometidas a tensiones en dos direcciones la

fatiga avanza más rápidamente por que estas actúan debilitando y acumulan tensión a lo largo del elemento.

**Principios:**

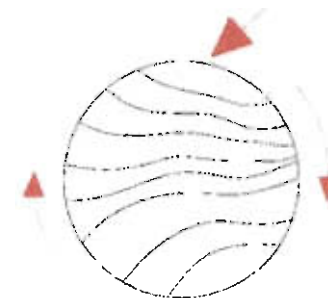
El incremento local en tensiones, incrementa el número de fisuras activas. Múltiples orígenes de fisuras.



Las fisuras se propagan más rápido hacia el centro cuando no hay concentración de tensiones.

Un nivel de tensión bajo genera una zona de ruptura pequeña y opuesto a un nivel de tensión algo, que genera una zona de ruptura grande.

En barras rotatorias se tiene un descentrado en dirección contraria a la que gira.





El inicio de la fractura que se localiza en la superficie en algunos elementos se origina en el centro del elemento.

La pre-compresión aumenta la vida útil de las estructuras por qué se reduce la fatiga y las tensiones.

La soldadura hace un mal efecto en los materiales, cambiando su estructura superficial.

Dependiendo de si el límite tensional es mayor o menor a 10<sup>6</sup> ciclos la fatiga puede ser:

Alto número de ciclos y baja amplitud de tensión: Una estructura en el mar tendrá una frecuencia en las olas de mas de 10<sup>6</sup>5 ciclos en una duración mínima de 1 años, por lo que tendrá que ser considerando un cálculo por fatiga de las partes que están en contacto directo; otro ejemplo pudieran ser las estructuras sometidas al viento y en edificios con maquinaria en su interior, por las vibraciones que producen.

Bajo número de ciclos y alta amplitud de tensión: Un edificio construido en lugares de alta sismicidad, están sometidas a un número menor de ciclos, por lo que no es necesario realizar estudios específicos para estos.

### 8.3. Fractura.

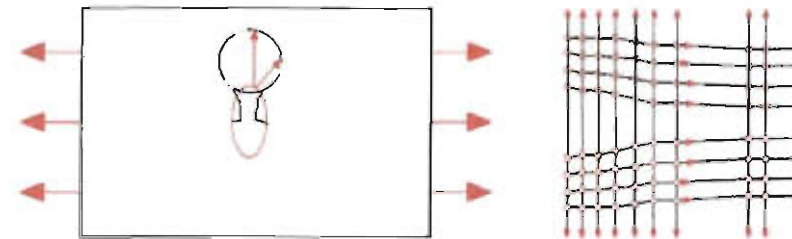
Algunos especialistas han tratado de predecir la resistencia de materiales compuestos mediante métodos que se basan en principios de mecánicas de fracturas, pero en general éstos sólo se pueden aplicar dentro de los límites de la hipótesis de la mecánica lineal elástica de fractura, cuya aplicación al crecimiento de grietas por su grado de anisotropía que complica el análisis de esfuerzos y que la zona de daño en el origen de la grieta a menudo se extiende sobre gran parte del material, invalidándolo.

Para que haya fractura debe existir con anterioridad una fisura o borde de grano; a partir de este y por la fatiga del material, se van rompiendo las uniones, una por una, aun siendo estas muy

resistentes; de este modo la fisura se extiende a lo largo del material hasta que se produce la fractura total.

Esto da como resultado que en todos los materiales existen pequeñas fisuras (que muchas veces no pueden ser vistas con facilidad por métodos ordinarios) y que son responsables de la disminución de la resistencia de estos, en las fibras muy finas como la del carbono, son mucho menos frecuentes o casi inexistentes.

En las primeras investigaciones, la resistencia a fractura se trata como una propiedad del material y surge el concepto de **Tensión crítica aplicada**; éste es atractivo porque solo hay que asegurarse que la tensión no supera un valor crítico; pero no está basado en principios físicos del fenómeno.



Inglis (1913) la considera como un agujero elíptico y en el límite máximo lo lleva a una fisura; además concluyó que lo que importa es la forma de la región que tiene gran curvatura en el extremo.

Cuando se propaga una fractura existe disipación de energía e importa la unión química que hay de los átomos; además si esta se encuentra en el mismo sentido de las tensiones el daño en mínimo a la estructura.

En esto se basan muchas de las obras de Gaudí y el uso de catearías.

### Prevención de fracturas.

Para incrementar la tenacidad es necesario que el volumen en el cual laboran estos mecanismos de disipación de energía sea grande,



y es importante limitar el crecimiento de micro huecos y crazes para prevenir el comienzo y propagación de grietas.

Para evitar el mecanismo de crazing se puede incorporar una segunda fase que consiste en partículas de gomas o elastómeros en la matriz polimérica. Algunos materiales muy conocidos con este tipo de solución son el poliestireno de alto impacto y el copolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno. Otros materiales que aumentan su tenacidad con esta tecnología son: pvc, pmma, polipropileno, policarbonato, poliamida y últimamente resinas termoestables como poliéster insaturado y epoxi.

Otros materiales plásticos se comercializan cargados con partículas para disminuir costos. Estas afectan a la magnitud de las propiedades mecánicas y pueden llegar a modificar la resistencia a la propagación de grietas produciéndose un aumento en la tenacidad a fractura.

El camino más prometedor para mejorar las prestaciones de la fractura en materiales compuestos por fibras, parece ser la disminución en el radio de las fibras.

El tipo de refuerzo condiciona el comportamiento del material frente a cargas de impacto; así, mientras materiales reforzados con tejido de fibra de carbono no presenta en su comportamiento una alteración reseñable, los compuestos reforzados con fibra de vidrio muestra un comportamiento más frágil, con una menor energía absorbida durante el impacto, por lo que se podría decir que para este material, la exposición a un ambiente húmedo combinado con una elevada temperatura altera ligeramente su comportamiento haciéndolo más dúctil, con mayores tiempos de rotura y mayor energía absorbida.

La resistencia a tracción de los materiales compuestos por fibras, no se ve sustancialmente modificada por el efecto de la humedad y de la temperatura, aunque si se puede apreciar, en los primeros días de exposición, una pequeña disminución de su tensión de rotura.

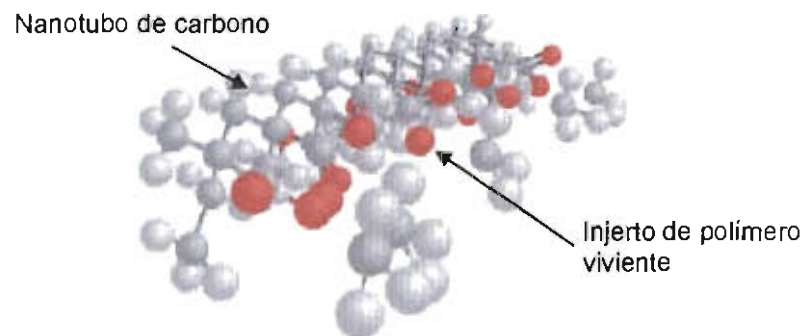
La tenacidad a fractura dinámica no se ve alterada, en periodos cortos de exposición, cuando el material compuesto se somete a

unas condiciones ambientales caracterizadas por una elevada temperatura y humedad. Apreciándose incluso una mejora de sus propiedades en los primeros días de envejecimiento.

## 9. OBTENCIÓN DEL MATERIAL.

Para la obtención del material, se ha propuesto utilizar dos métodos combinados que son los siguientes:

- Proceso de polimerización.
- Método del Catalizador Flotante.



La imagen muestra cómo podría verse el nanotubo de carbono con Injerto de polímero vivo.

La selección de estos dos métodos nos permitirán crear un nanotubo de carbono con cadenas injertadas de polímeros, el polímero seleccionado es el vivo, ya que por sus propiedades nos permitirá que se pueda auto reparar.

El polímero vivo como su nombre lo indica, nunca acaba de detener su crecimiento, solo basta agregar los iniciadores de la polimerización y este podrá desarrollarse o crecer sus cadenas que lo caracterizan.





## ¿Cómo se obtiene el polímero viviente?

Para iniciar el proceso de polimerización se debe contar con alguno de los catalizadores de Ziegler-Natta. Los catalizadores son un complejo formado por cualquier sal de metal de los grupos IV y VIII de la tabla periódica con un compuesto órgano metálico del grupo III A y I.

Tabla periódica de los elementos.

Un catalizador tipo Ziegler-Natta apropiado para polimerizar propileno que comprende un soporte preactivado revestido de 0,1 a 10g de homopolímero o copolímero de propileno. El soporte preactivado que comprende cloruro de magnesio y 1 a 20% en moles de un electrón libre de hidrógeno labil y función ester, está en forma de partículas esféricas que tienen un diámetro principal por masa de 10 a 100 micrones de radio del diámetro principal en número de menos de 2,0. El soporte preactivado se trata con al menos un compuesto donador de electrones y revestido por un contacto del soporte tratado con una halida alquil aluminica y propileno, opcionalmente junto con etileno y/o una alfa olefina C4-C8, en ausencia de un compuesto exterior donador de electrones.



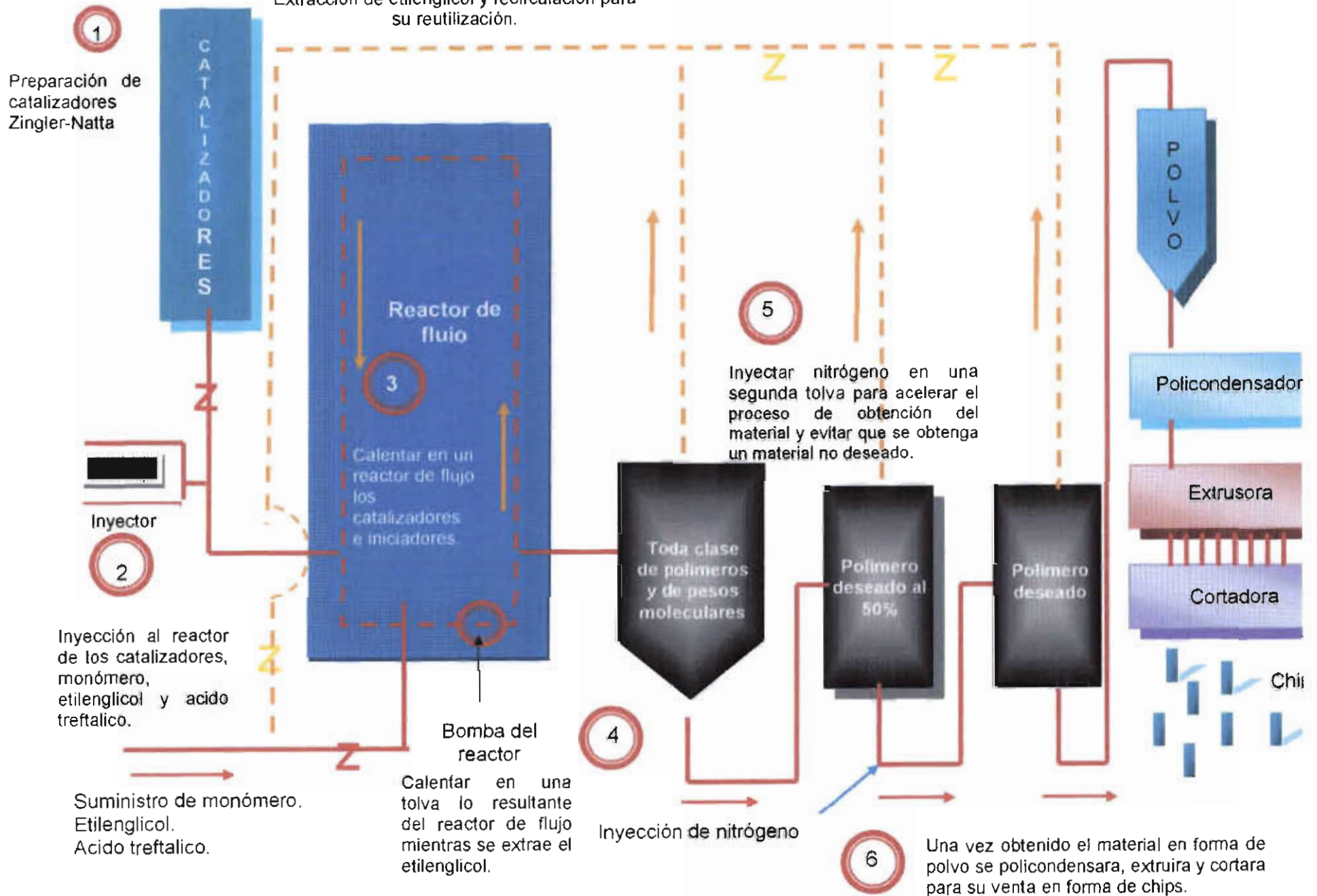
En la imagen de la izquierda se aprecia al científico italiano Giulio Natta y en la derecha al alemán Karl Ziegler

Así mismo debemos contar con los iniciadores que son: Etilenglicol y Ácido treftálico, (El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro, ligeramente espeso como el almíbar. A temperatura ambiente es poco volátil, pero puede existir en el aire en forma de vapor, el etilenglicol es inodoro pero tiene un sabor dulce. Se fabrica a partir de la hidratación del óxido de etileno (epóxido cancerígeno), los cuales son introducidos a un reactor, este se calentara junto con los elementos agregados al mismo y posterior mente se extraerá poco a poco el etilenglicol para poder obtener el grado de polimerización deseado, siendo un grado ideal el 100% pero difícil de obtener.

Posteriormente la sustancia obtenida pasara a una tolva la cual contendrá toda clase de polímeros y pesos moleculares, al seguir extrayendo el etilenglicol iremos perfeccionando el polímero que se desea obtener, posteriormente lo pasaremos a otra tolva que contendrá el polímero deseado, en este paso del proceso le inyectaremos nitrógeno para acelerar el proceso de obtención del material y así evitar que los elementos que componen el polímero se junten y formen otra reacción no deseada, una vez realizado este paso se ha obtenido el polímero buscado, para nuestro caso el polímero viviente, posteriormente se hará pasar por una extrusora la cual formara los chips que encontramos comúnmente en el mercado.



Extracción de etilenglicol y recirculación para su reutilización.





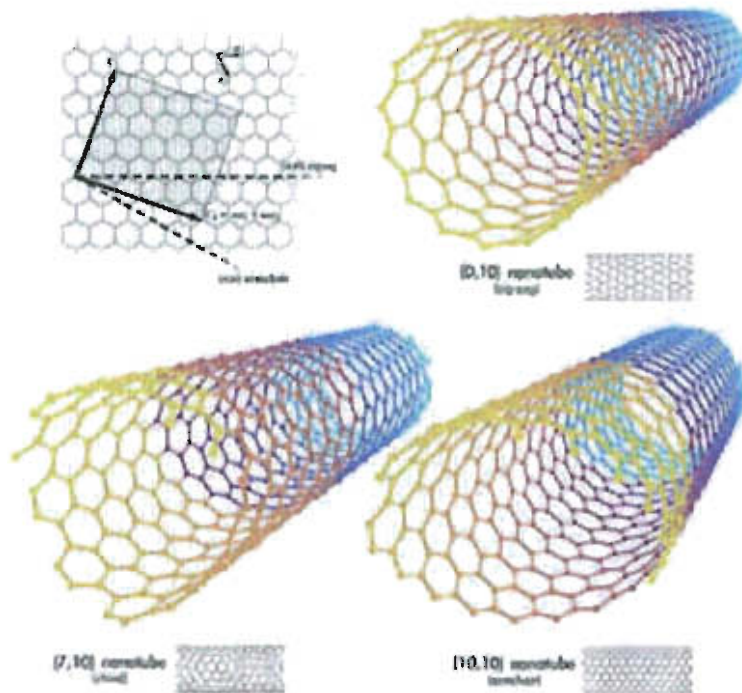


Imagen: Wikipedia.

La agencia del Medioambiente en los Estados Unidos<sup>12</sup> ha desarrollado una clasificación de los nanomateriales, la cual consta de cuatro principales grupos que son:

#### 1.- Basados en carbono:

Son los que están formados con un gran porcentaje de carbono, y donde suelen adoptar formas como esferas huecas, elipsoides o tubos.

#### 2.- Basados en metal:

Son aquellos nanomateriales que incluyen puntos cuánticos, nanopartículas de oro y plata, y óxidos metálicos como el dióxido de titanio.

12.- Fuente: Euroresidentes

#### 3.- Dendimetros

Estos nanomateriales, tiene la característica de ser polímeros construidos a partir de unidades ramificadas.

#### 4.- Compuestos

Este tipo de nanomateriales, tienen la capacidad de combinar nanopartículas con otras similares o con materiales de mayor tamaño.

Lo anterior es con la finalidad de comprender que el material propuesto a desarrollar se encuentra en el tercer grupo ya que se basa en un polímero.

En la página siguiente se muestra como sería el proceso de obtener el nanotubo de carbono con el injerto del polímero viviente.

El proceso es similar al de la obtención del polímero anteriormente presentado, con la diferencia que simultáneamente se iniciara el proceso de fabricación del nanotubo de carbono por el Método del Catalizador Flotante, contando con los catalizadores para ambos métodos.

La diferencia radica principalmente en que después de obtener los polímeros de diferentes pesos moleculares será vertido dentro del reactor que produce los nanotubos de carbono, lo cual permitirá que las moléculas de carbón se adhieran a las del nanotubo, creando un enlace entre estos y se seguirá extrayendo el etilenglicol para seguir perfeccionando el polímero.

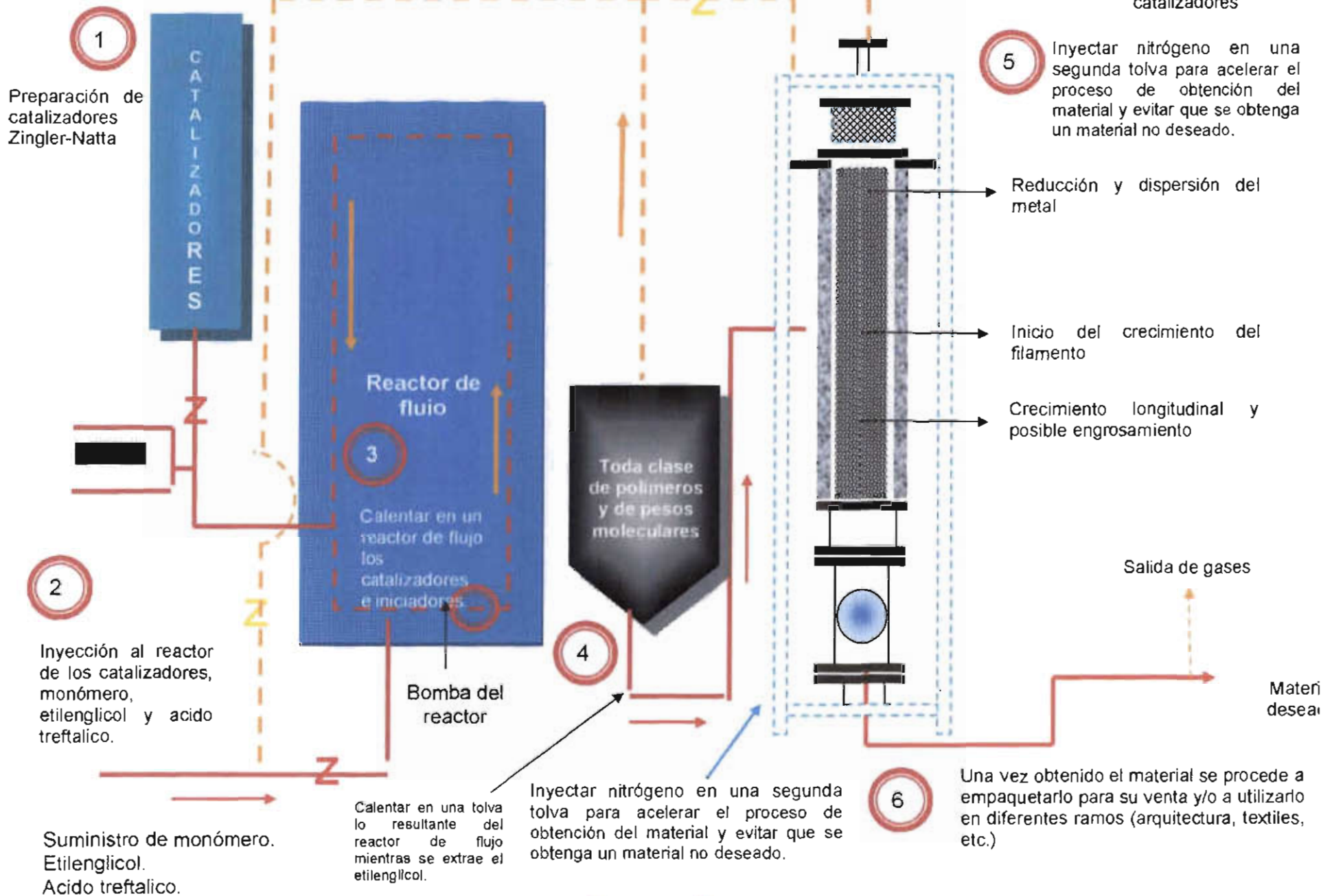
Así mismo se podrá inyectar el nitrógeno para evitar que se forme un polímero no deseado.

Si se desea que el grosor del nanotubo aumente su tamaño se puede inyectar hidrógeno, cabe señalar que el reactor debe permanecer libre de aire y a una temperatura de entre 650 y 900°, este método nos permitirá crear nanofibras poliméricas de forma continua.

Extracción de etilenglicol y recirculación para su reutilización.

Introducir los catalizadores al reactor. es último debe estar libre de aire, entre 650 900°C.

JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ  
Entrada de catalizadores





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

El resultado de lo anterior expuesto es un nanotubo de carbono capaz de soportar más de 12 toneladas, siendo solamente de 0.91 nm de grosor, con un injerto de polímero viviente con la cualidad de auto repararse solamente agregando nuevamente los iniciadores al polímero y para detener el crecimiento del polímero se deberá aplicar algún alcohol.

En la siguiente figura se muestra un nanotubo de carbono con el injerto de polímero.

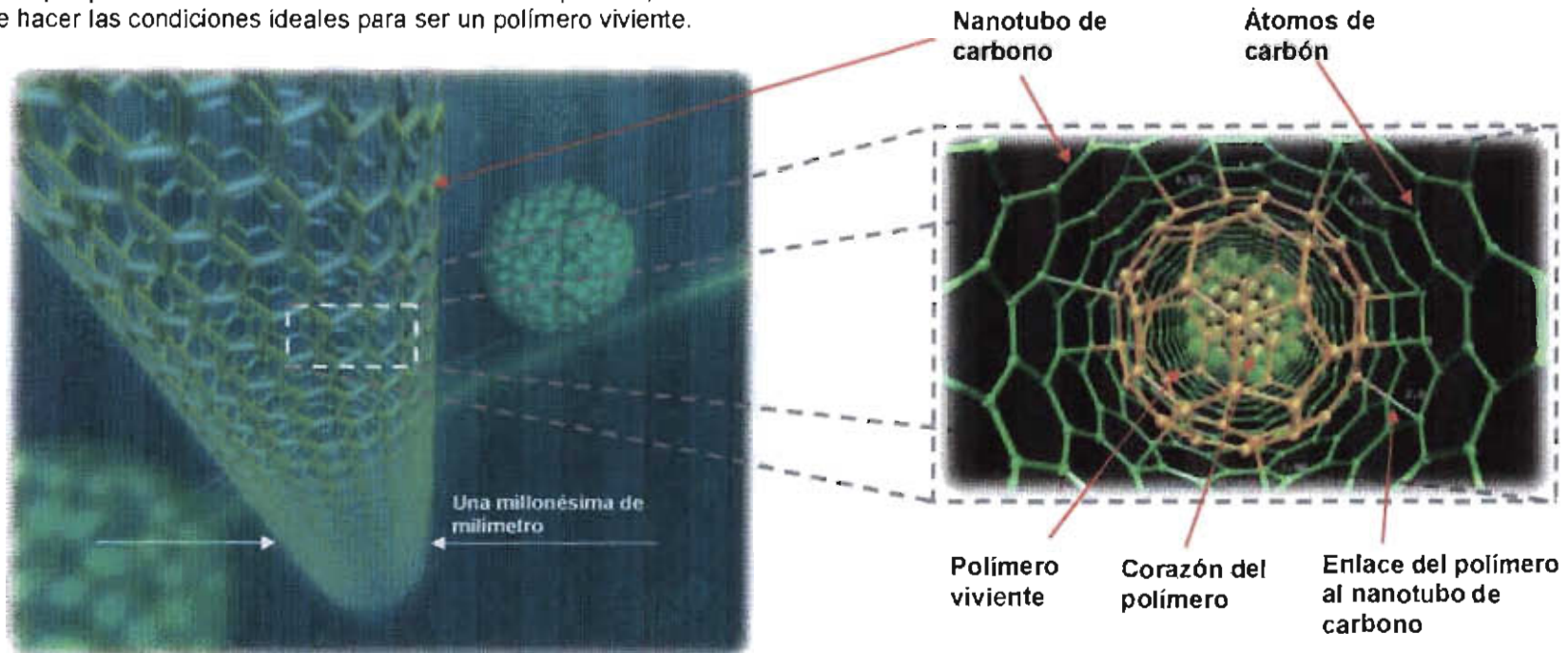
En la imagen de la derecha se observa el enlace creado entre el polímero viviente y el nanotubo de carbono, esta cualidad hará que al iniciar el crecimiento de la molécula del polímero pueda seguir una trayectoria fija hacia la siguiente cadena de carbón y no se realice un crecimiento irregular.

Al centro del polímero se observa el corazón del mismo que le da la característica deseada ya sea un fenilo, estireno, vinilo, etileno, etc. La capa que lo recubre le da la cualidad de ser un plástico, así como de hacer las condiciones ideales para ser un polímero viviente.

Mientras tanto, el nanotubo de carbono solo servirá para contener el polímero así como de contener las características propias del tubo las cuales se presentaron anteriormente en la página 19 del presente documento.

A continuación se tratará el tema de posibles aplicaciones del material y algunas formas de prepararlo para las mismas.

Debido a que el tema se enfoca a las estructuras velarias, el primer ejemplo de aplicación que se presenta es en un textil de vinil y cables para el desarrollo de este tipo de estructuras, posteriormente se tratarán otros ejemplos de aplicación en la arquitectura.







## 10. ESTRUCTURAS INTELIGENTES, MATERIALES NANOESTRUCTURADOS.

### 10.1. Aplicaciones en la arquitectura.

Para este capítulo, es necesario comprender lo que es una cubierta y especialmente como se constituye una estructura velaría por lo que a continuación se presenta un breve resumen.

Cubierta, elemento constructivo de cerramiento, situado sobre el interior de un edificio para protegerlo de las inclemencias atmosféricas. Su principal función es evitar la entrada de agua al espacio habitable, pero también desempeña un papel importante en la protección térmica. Ha sido desde los primeros tiempos uno de los principales elementos de la arquitectura, parte fundamental en su función de refugio y fuente de continuos retos constructivos. El uso más común es en las industrias e iglesias.

Cubierta



Imagen: Programa Graphisoft Archicad 7

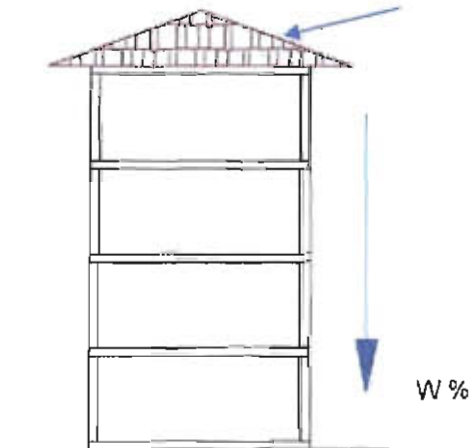
Una de las soluciones más lógicas consiste en proyectar el agua hacia el exterior mediante planos inclinados. Estos elementos se apoyan sobre estructuras rígidas, muros, tabiques o ligeras armaduras triangulares, con las que se pueden cubrir grandes luces y permitir los movimientos de dilatación y contracción, cabe señalar que una cubierta debe encontrarse en estática.

Las cargas que soporta una cubierta son:

Cargas que soporta una cubierta	
Permanentes	Peso propio de la cubierta
	Elementos que se encuentren fijos como tinacos, tanques de gas etc.
Carga viva	Cargas accidentales.
	Cargas dinámicas
	Carga humana

Para calcular los efectos de un sismo en un edificio, se representa como un porcentaje del peso propio, lo que va de entre (0.40, 0.30 ó 0.10%). Cuando se le considera un factor de 1 es como si el edificio permaneciera horizontal.

Cubierta



**Velaría:** es un sistema estructural constituido básicamente por una membrana que trabaja a tracción al igual que los cables y elementos complementarios que trabajan a compresión (postes y arcos). Los postes deben estar articulados en su base ya que de esta forma se evita el momento y se reduce la sección ahorrando de esta manera material. La base principal para que trabaje la velaría tiene que tener curvatura.

Se considera a las velarías como estructuras súper ligeras, y sólo recibe cargas accidentales (viento). La ligereza o el peso de una cubierta están íntimamente ligados con las cargas.

Cubierta



Estructura velaría. Imagen:

La velaría presenta un equilibrio de fuerza, una arruga en la lona implica un mal diseño ya que presenta una fuerza de compresión.



Las velarías solo deben trabajar a la tracción.

Esfuerzos que presenta una velaría	
$\sigma_x$	Esfuerzo en x
$\sigma_y$	Esfuerzo en y

### Cascarón.

Los cascarones son estructuras delgadas de concreto armado, que generalmente soportan esfuerzos directos o esfuerzos de membrana. Este tipo de esfuerzos están siempre contenidos en el plano tangente del punto analizado. También podríamos definir los cascarones como aquellas estructuras superficies delgadas que se salen del plano horizontal (losas planas), como pueden ser las losas dobladas y todas las superficies que ya conocemos.

En los cascarones se presentan esfuerzos de compresión el cual puede estar acompañado por esfuerzos de tracción.



Cascarón. Imagen: La Ciudad de las Artes y las Ciencias  
[www.edutene.googlepages.com](http://www.edutene.googlepages.com)



Atendiendo a su forma, se podría adoptar la clasificación del cuadro que se presenta a continuación. La división de las cilíndricas en largas y cortas corresponde a su condición de apoyo, no a su forma; pero la hemos agregado a esta clasificación para mayor claridad. En la última columna del cuadro se determina cuáles son las superficies desarrollables.

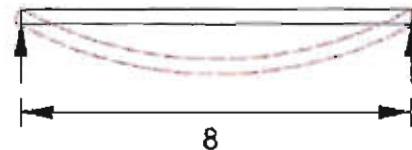
PLANAS	PRISMÁTICAS		DESARROLLABLES
	POLIEDRICAS		
CURVAS	CURVAS SIMPLES	CÓNICAS	
		CILÍNDRICAS	CORTAS LARGAS
	CURVATURA DOBLE	SINCLÁSTICAS	
		ANTICLÁSTICAS	
			NO DESARROLLABLES

Una losa plana presenta esfuerzos de flexión y compresión, esfuerzo directo es la carga que se le aplica con los esfuerzos de tracción y compresión. El esfuerzo de flexión siempre va acompañado del cortante y la torsión.



Imagen: Programa Graphisoft Archicad 7

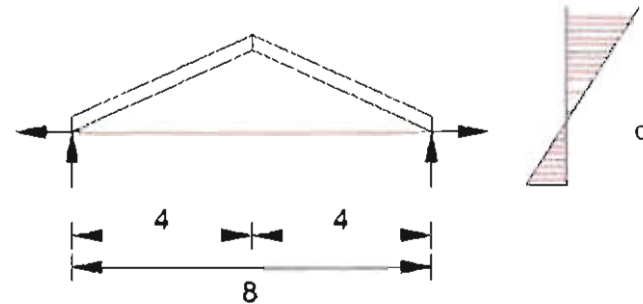
Una estructura siempre trabajara mejor cuando presente esfuerzos directos (como en las estructuras velarias, las cuales presentan solo esfuerzos de tracción). Como lo podemos observar en el siguiente ejemplo.



1.  $W=2T/m$
2.  $wl^2/8 = 2 \times 8^2/8 = 16 T$
3.  $M= 16 T$
4. Proponiendo una base de 0.30 a la viga se tiene:
5.  $h = 8\sqrt{16/0.30} = 0.58 \text{ cm de peralte}$

6.  $W=2T/m \quad wl^2/8 = 2 \times 4^2/8 = 4 T$
7.  $M= 4 T$
8. Proponiendo una base de 0.30 a la viga se tiene:
9.  $h = 8\sqrt{4/0.30} = 0.29 \text{ cm de peralte}$

Debido a esto el eje se recorrería hacia abajo, lo que provocaría una disminución en el acero



En caso de equilibrarlo hacia abajo, sería flexo compresión, lo que necesitaría un compensante y considerarle un flambéo.

Estructuras planas triangulares, mejor conocidas como armaduras presentan esfuerzos de flexión, compresión y tensión. Así mismo las estructuras espaciales que presentan una doble malla una superior y una inferior las cuales con unidas por barras en los nodos. Algunos ejemplos de estas estructuras son las Prats, Howe y Píslancea.





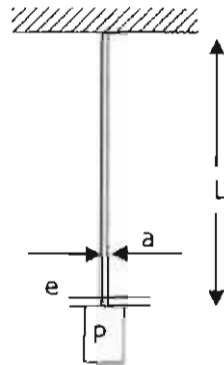


JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Estructuras planas triangulares (Armadura). Fuente: www.guerrero.gob.mx

$$e = \frac{PL}{AE}$$

→ Peso  
 → Largo o distancia  
 → Área de la sección  
 → Módulo de elasticidad



Tipo de esfuerzo	Ejemplo	Se mide en	Que necesita para resistir
Directos	Velarías y Cascarones	kg	Área cm <sup>2</sup>
Flexión	Vigas y losas	kg m	Inercia cm <sup>4</sup>
Cortante	Unión de placas con un remache	Kg	Área cm <sup>2</sup>
Torsión	Volante	kg m	Momento polar de inercia cm <sup>4</sup>

La fabricación de nanoestructuras creará materiales con nuevas o mejores propiedades para uso en paneles solares, recubrimientos anticorrosión, herramientas de corte más resistentes y más duras, purificadores fotocatalíticos del aire, instrumentos médicos más duraderos, catalizadores químicos, y en la industria del transporte. Además, veremos nuevos materiales para aplicaciones y productos ópticos, electrónicos y de acumulación de energía.

Las velarías es un sistema estructural construido básicamente por una membrana que trabaja a tracción al igual que los cables y elementos complementarios. Los postes y arcos trabajan a compresión.

La base principal para que trabaje la velaría es que debe tener curvatura.

La lona no se cose, se **TERMOSELLA** a alta presión.

**LA ARTICULACIÓN** en el poste reduce la sección y ahorro de material y se evita el momento.



Partes de una velaría.

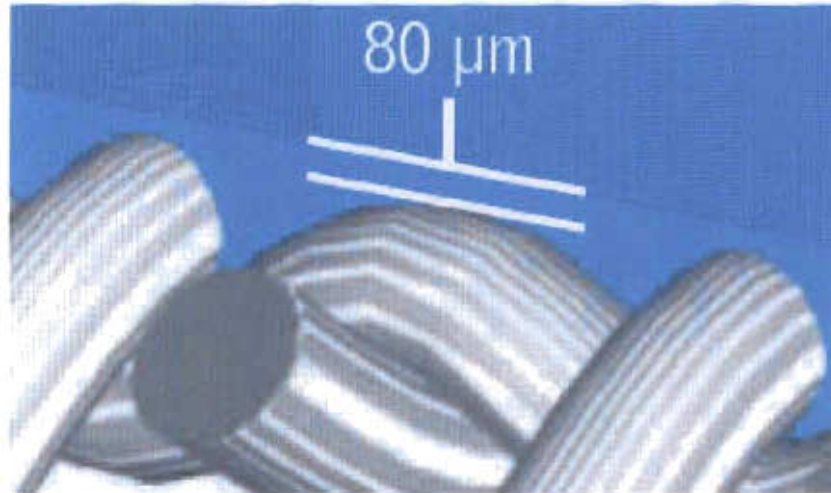
En las estructuras velarias generalmente la falla estructural se presenta en la lona, ya que se rasga o rompe, por lo que la reparación en ocasiones resulta imposible y la lona tiene que ser reemplazada y desechada, por lo que al incorporar los nanotubos de carbono con el injerto de polímero viviente esto ya no se desecha.

Las lonas generalmente están conformadas por pequeños hilos de polivinilo, los cuales están agrupados en forma de red lo que le da las resistencia en ambas direcciones (esfuerzo en "x" y esfuerzo en "y").





"y"), pero estas mismas fibras por las que esta constituidas las lonas no siempre resisten la tracción deseada, por lo que llegan a su punto de rotura y fallan.



Fuente: Ferrari architecture

Los nanotubos de carbono nos permitirán tener una tensión de más de 12 toneladas en un grosor de 0.91nm, estos deberán ser agrupados en el sentido "x" y "y" como se haría en una lona convencional, con la diferencia de que mil de estos hilos quedan en un hilo normal. Esto significa que tienen un grosor de más o menos mil nanómetros.

Lo anterior expuesto nos ayudara a que la lona no presente fallas por la tensión x,y, pero si podría fallar por el polímero que compone la tela, es aquí cuando entra la propuesta del presente documento, ya que al contener el nanotubo de carbono cadenas de polímero viviente nos permitirá reparar la lona y no retirarla para su reparación, desalojo de la zona en que se encuentre instalada, o desecharla, cabe señalar que este material incorporado en la lona

deberá ser el mismo que el polímero viviente o tener cualidades similares para que la crecer las moléculas poliméricas puedan incorporarse o crecer adherirse a las ya existentes en la lona.

Los nanotubos no se limitan a aplicarse en la lona de la velaría, sino que puede ser utilizado como los tensores que nos ayudan a mantener la tela en perfecto equilibrio, pueden ser usados en las relingas, postecables, tensores, etc.

Al fabricar el material en forma de chips podría traernos grandes ventajas, ya que el polímero que recubre el tejido que conforma la lona hará que esta trabaje eficientemente y sea compatible con las fibras.

Así mismo podríamos fabricar otros productos que actualmente son hechos con base polimérica.

Algunos ejemplos podrían ser policarbonato, puertas, computadoras, varillas, alfombras más resistentes, televisores, pavimentos y un sin fin de posibilidades mas.

A continuación se presenta un ejemplo de lo que podríamos lograr con un polímero nanoestructurado, la idea original del producto fue presentado por

JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ





la revista obras bajo el título de Edificaciones con ladrillos de plástico.

### LOS POLIMEROS COMO RESPUESTA ECONÓMICA EN LA CONSTRUCCIÓN.

El Sr. Mariano Núñez inspirado en los juguetes el inventor mexiquense ha desarrollado un material que reduce drásticamente los costos de construcción, creando el ladrillo de Polietileno de Alta Densidad (Pead)<sup>13</sup>, que serviría para la construcción de viviendas de interés social.



Tabique de plástico. Imagen:

Hoy el ladrillo de plástico es un elemento que ha demostrado grandes ventajas como: tener un **proceso de fabricación más rápido** que el tabique o el block y ocupar **menos mano de obra**, lo que reditúa en importantes ahorros, ofreciendo un **excelente comportamiento térmico**, pues en inmuebles edificados con este producto se han podido registrar **temperaturas internas de 18°C** en momentos en que los termómetros marcan -3°C en el exterior, o **temperaturas internas de 22°C** con un clima externo de 32°C. Un **departamento de 60 metros cuadrados puede costar alrededor de 100 mil pesos y estaría listo en 15 días**, mientras que uno

JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

convencional cuesta más de 150 mil pesos y toma aproximadamente tres meses el proceso de construcción.

Una construcción con este material puede resultar 50% más barata que una tradicional, además su peso se reduce 70% en comparación con las tradicionales.

Los ladrillos se elaboran a partir del polietileno de alta densidad, obtenido del plástico reciclado, y aunque su imagen más bien nos refiere a un juguete, representan un innovador material y técnica para la industria. Estos tabiques se fabrican con envases de plástico tales como: agua embotellada, shampoo, refrescos, alimentos, entre otros. De estructura hueca (pesa 65 gramos) su sustento se acompaña de elementos periféricos externos e inter-nos que les dan un marco estructural y manejabilidad por su ligereza.



Módulo de tabique de plástico.

13.- PEAD (en inglés conocido como HDPE o PE-HD): Polietileno de Alta Densidad; densidad igual o menor a 0.941 g/cm<sup>3</sup>. Tiene un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad es alta, las fuerzas intermoleculares son altas también. La producción de un buen PEAD depende de la selección del catalizador, algunos de los catalizadores modernos



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Lo importante del tabique de polietileno es que por su destrucción natural que tarda 500 años aproximadamente en destruirse, se encuentra como un material que trae beneficios a corto y a largo plazo, ya que el mantenimiento a este es mínimo, además de que la estructura sólida que tienen los tabiques no es necesario utilizar cemento. "El material no requiere cemento, pues las piezas tienen las ranuras para ensamblarse. Éstas son atravesadas por vigas o barras de acero que dan firmeza y estabilidad." Además si se desea mejorar tanto en tiempo de construcción como en costo, se pueden desarrollar módulos. El cemento tan sólo se usa en aplanados.

La idea de los módulos es que se puedan emplear en pre-construcción para aulas, oficinas para universidades, casas y otros espacios, y de esta manera armar las edificaciones en sólo 15 días. Una vez ensamblada la edificación, se recubre con malla de gallinero para crear adhesión en los acabados posteriores (cemento, yeso y pintura), y con ello se evita la combustión, además de incrementar en un cincuenta por ciento la resistencia del material.



Un tabique de plástico resulta hasta 15 centavos más económico que uno tradicional.

Actualmente el material se está introduciendo en entidades y organismos de Guanajuato, Aguascalientes, Chiapas, Nuevo León, quienes están concursando en licitaciones de Infonavit y otras instancias en la construcción de viviendas de interés.

Por sus cualidades el plástico puede fabricarse en serie, lo que significa que este material nos abatiría costos y rendimiento en la construcción.

Al polietileno por sus cualidades podemos incorporarle las preparaciones para el paso de instalaciones, lo que nos llevaría un beneficio económico.

### METODO DE MATRICES:

Para saber si el material es viable para la industria de la construcción, y en específico para casas de interés social, se realizaron matrices comparativas entre el ladrillo común, el convitec y el ladrillo de plástico, obteniendo que este último supera a los otros dos. (Ver tablas de matrices página cinco), Además se anexa un diagrama que muestra la posición de los polímetros con respecto a otros materiales.

Para fines de estudio se presenta a continuación los datos más sobresalientes entre el ladrillo común y el de plástico:

#### Ladrillo plástico.

Peso: 70 gramos.  
Costo unidad: 1.50 pesos.  
Duración: 500 años.

#### Ladrillo rojo.

Peso: 1 kilogramo.  
Costo unidad: 1.80 pesos.  
Duración: 200 años.

### ECONOMIZANDO AUN MÁS:

Si se desea economizar el ladrillo de plástico, se puede obtener con material reciclable, esto abatiría unos quince centavos el costo del producto, lo que representaría \$1.35 la pieza.

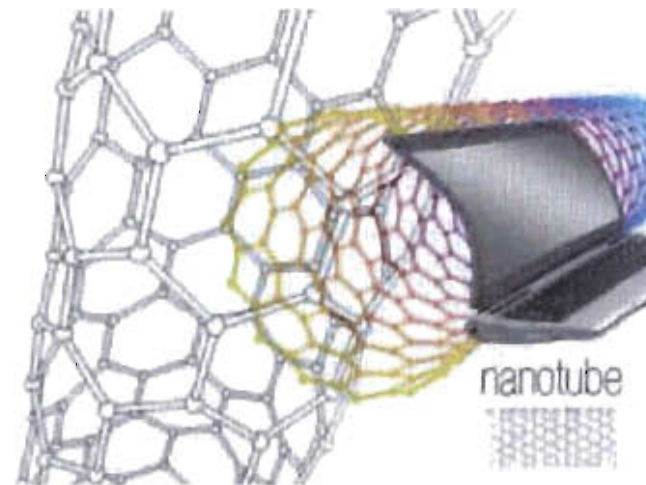




JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

## SUPERCONDUCTIVIDAD A TEMPERATURA AMBIENTE CON NANOTUBOS.

(Publicado el 30 de Noviembre de 2001) Según algunos experimentos realizados recientemente, los nanotubos de carbón podrían conducir la electricidad sin resistencia a temperaturas superiores a la ebullición del agua. En caso de confirmarse estos serían los primeros superconductores que funcionarían a una temperatura "normal", sin necesidad de maquinaria térmica especial.



Semiconductores hechos de nanotubos [www.mercado.com.ar](http://www.mercado.com.ar)

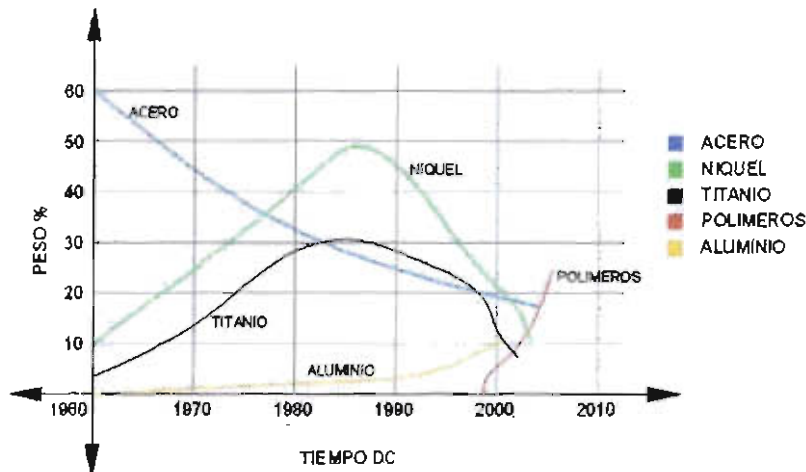
Para esto se proponen los siguientes cuatro pasos:

- 1 La gente reúne sus envases y los deposita en centros de acopio.
- 2 Las botellas son introducidas a una molienda, para procesarlas.
- 3 Posteriormente, la máquina le da al plástico derretido forma de tabique.
- 4 El ladrillo queda listo para comenzar la edificación de la vivienda.

Al utilizar el nanotubo polimerizado, se podrían mejorar las propiedades del ladrillo de plástico, tanto en su resistencia como en su durabilidad y poder autorepararse en caso de ser necesario.

El tabique de plástico muestra superioridad comparado con el de barro y contra el covintec, por lo que altamente recomendado para las construcciones futuras y principalmente para casas de interés social, al introducir este tipo de material, mas personas tendrán a su alcance y más rápido una vivienda mas económica que las actuales.

La siguiente grafica muestra el avance de los polímeros y su importancia hacia el futuro de los materiales en ingeniería y construcción.



Importancia de los materiales en el futuro.

Investigadores de la Universidad de Houston encontraron pistas de superconductividad en estos nanotubos. No es una resistencia cero, pero es lo más cerca que nadie se haya acercado nunca.

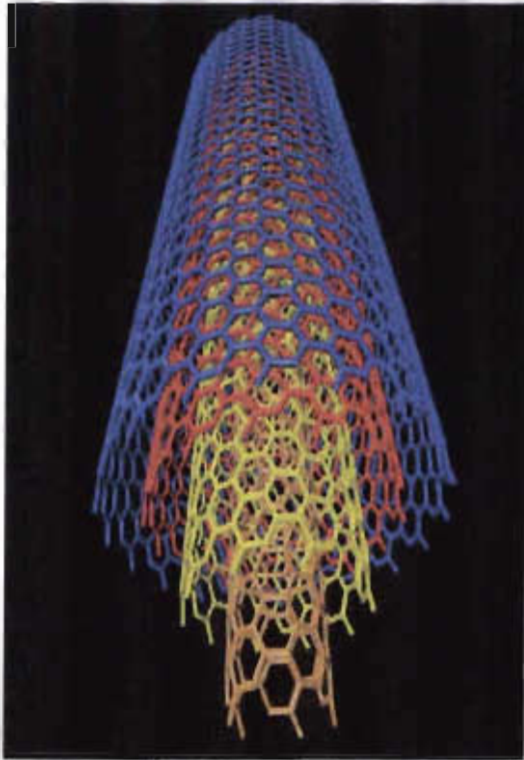
Actualmente no hay pruebas de ningún superconductor que funcione a una temperatura superior a menos 143 grados, pero si descubriesen un material capaz de conducir la electricidad sin resistencia a temperatura ambiente no se perdería calor y energía, lo que significarían circuitos electrónicos mucho más rápidos.





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Técnicamente se están estudiando los efectos de los campos magnéticos en fibras huecas de carbón llamadas "**nanotubos de carbón multipared**". Se cree que la resistencia a la conductividad no llega a ser cero porque las conexiones entre tubos no son superconductoras.



Nanotubos de carbón multipared. fuente:<http://nanooze.org/spanish/blogsp.html>

Otra forma de aplicación que ellos encontraron es en el tratamiento de roturas de huesos. Los médicos a menudo usan un andamio para ayudar al proceso curativo natural del cuerpo cuando un hueso está roto, porque este andamio ofrece un soporte fuerte, asegurando que el nuevo tejido óseo crezca correctamente. Mantener estos andamios en su lugar representa un problema, el paciente necesita usar soportes complicados y molestos mientras su hueso se está

curando. Ahora los científicos tienen la esperanza de que los nanotubos de carbono puedan ser usados en lugar de estos andamios mecánicos.

Han demostrado que los nanotubos funcionan muy bien como colágeno, que es uno de los materiales más importantes en nuestros huesos. ¡En lugar de implantar un andamio sintético, los científicos podrán, algún día, inyectar una cantidad pequeña de nanotubos dentro del hueso roto y simplemente esperar hasta que este curado! Esto hará el proceso de cura de un hueso roto mucho más fácil tanto para los pacientes como para los doctores, ¡pero no hará que romperse un hueso duela menos!



## NANOCABLE Y TRANSMISIÓN DE LUZ.

Boston College (BC) ha logrado transmitir gracias a un grupo de científicos, luz visible a través de un nanocable, donde los investigadores aseguran que es un gran paso e importantes avances para la tecnología solar e informática óptica entre otras.

"El descubrimiento, cuyos detalles se pueden consultar en el ejemplar del 8 de enero de la revista Applied Physics Letters, desafía un principio fundamental según el cual la luz no puede pasar a través de un agujero mucho más pequeño que su longitud de onda. De hecho, el equipo del BC hizo pasar la luz visible, cuya longitud de onda está entre 380-750 nanómetros, por un cable con un diámetro menor al límite inferior de dicho rango."



Dicho por boca de ellos mismos, no dudan al expresar que este logro abre una puerta de par en par hacia una variada y generosa gama de nuevas y modernas tecnologías, entre una de ellas la **nanotecnología**, donde también me asombra decir que se podrá hacer uso de esta tecnología, para ayudar a recuperar la vista a personas con problemas, e incluso ciegas.

## LA NANOTECNOLOGÍA Y EL MUNDO DE LA CONSTRUCCIÓN.

Cuando uno lee un informe, o se habla sobre **nanotecnología** en lo primero que pensamos por lo general es en diminutos chips, nanopartículas, nanocélulas, métodos de lucha contra el cáncer, etc. Pero cabe destacar, que el área de la **arquitectura está llamando fuertemente a la nanotecnología para su inclusión en ella**. Esta, se está metiendo de apoco en el mundo de la **construcción**, para caminos, puentes y edificios entre otros.

“En un artículo publicado por Better Roads, Small Science Will Bring Big Changes To Roads (La ciencia “pequeña” causará grandes cambios en las carreteras), y citado por Nanodot, se explica cómo las actuales **investigaciones en polímeros** podría llevar a una situación en la que las barreras protectoras en las carreteras arreglen sus propios imperfectos causados por choques de vehículos.”



Mazda KAA-N: Modelo Futurista. Imagen: [www.tecnoresumen.com](http://www.tecnoresumen.com)

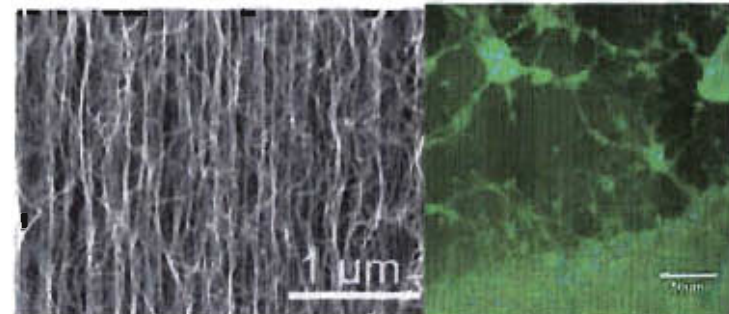
JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Estas aplicaciones de la nanotecnología en la construcción ya sea de carretas, puentes u otros medios y edificios, harán posible la reparación automática de caminos que no se hallen en condiciones, brechas y agujeros en el asfalto o el concreto. Ya que esta ciencia es utilizada incluso para desarrollar acero y concreto más fuertes que los que conocemos.

Así, una vez más podemos ver como la nanotecnología va ganando terreno, y dejando de lado a la mala prensa que muchos medios generan sobre ella.

Con esto no quiero decir que no posea efectos dañinos, pero como todas las cosas tienen su “pro” y su “contra”, la nanotecnología también lo tiene. Aunque se merece decir que se está trabajando para disminuir cualquier tipo de efecto nocivo o colateral que pueda llegar a dejarnos.

Hace unos once años Sumio Iijima, sentado ante su microscopio electrónico en el laboratorio de Investigación Fundamental de NEC en Tsukuba, observaba unas extrañas fibras nanoscópicas depositadas sobre una mota de hollín. Constituidas por carbono, y de forma tan regular y simétrica como los cristales, estas macromoléculas de primorosa finura e impresionante longitud no tardaron en llamarse nanotubos. Desde entonces han sido objeto de intensa investigación básica. Se ha dado paso un paso más.

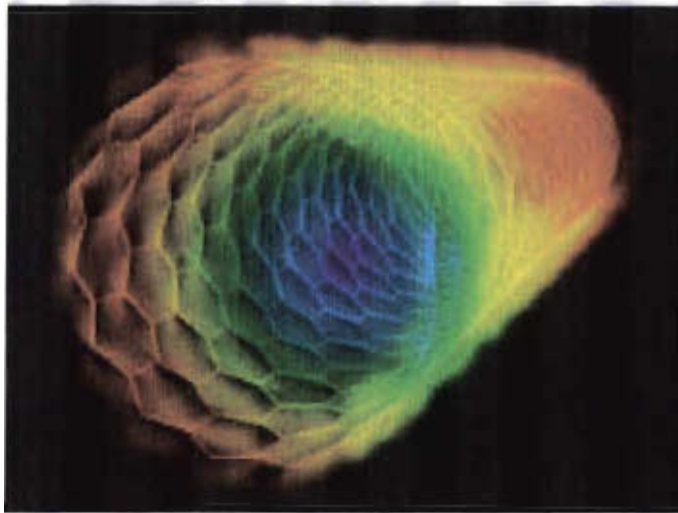


Nanofibras. Imagen: [www.nibib.nih.gov/.../advances\\_scaffold.gif](http://www.nibib.nih.gov/.../advances_scaffold.gif)



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

Ahora interesa también la ingeniería. Muchas de las propiedades extraordinarias de los nanotubos, superlativa elasticidad, resistencia a la tracción y estabilidad térmica, han desatado la imaginación, que sueña con robots microscópicos, carrocerías de automóviles resistentes a las abolladuras y edificios a prueba de terremotos. Sin embargo, los primeros productos que incorporan nanotubos no lo hacen en razón de tales atributos, sino en virtud de sus propiedades eléctricas. Algunos automóviles de General Motors incluyen piezas de plástico a las que se añaden nanotubos; el material plástico se carga eléctricamente durante la fase de pintura para que ésta se adhiera mejor. Muy pronto saldrán al mercado dos productos de iluminación y presentación visual basados en nanotubos.



Nanotubo de carbono.

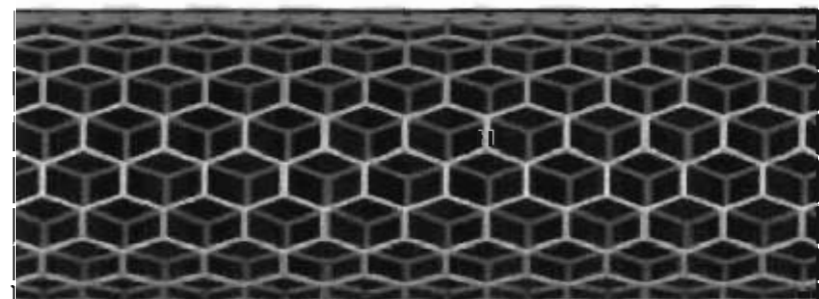
Imagen: [newsimg.bbc.co.uk/.../44681047\\_nanotubo203.jpg](http://newsimg.bbc.co.uk/.../44681047_nanotubo203.jpg)

A largo plazo, las aplicaciones más valiosas sacarán mayor partido de las singulares propiedades electrónicas de los nanotubos. En principio, los nanotubos de carbono pueden desempeñar el mismo papel que cumple el silicio en los circuitos electrónicos, pero a escala molecular, donde el silicio y otros semiconductores dejan de funcionar.

Aunque la industria electrónica está llevando a las dimensiones críticas de los transistores en los chips comerciales por debajo de 200 nanómetros, unos 400 átomos de anchura, los ingenieros se enfrentan con grandes obstáculos para avanzar en la miniaturización. De aquí a 10 años, los materiales y los procesos sobre los que se ha basado la revolución informática comenzarán a alcanzar su límite físico infranqueable.

Todavía hay enormes incentivos económicos para reducir aún más los dispositivos, porque la velocidad, la densidad y el rendimiento de los ingenios microeléctricos aumentarán con la reducción del tamaño mínimo de los componentes. Los experimentos de los últimos años han dado esperanzas a los investigadores de que podrían fabricarse con nanotubos las conexiones y los dispositivos activos de un tamaño de diez nanómetros o inferior. Incorporados los nanotubos en circuitos electrónicos, éstos operarían más deprisa y sin consumir tanta energía como los actuales.

Los primeros nanotubos de carbono que observó Iijima en 1991 se denominaron **TUBOS DE PAREDES MÚLTIPLES**; Cada uno contenía cierto número de cilindros huecos de átomos de carbono anidados a la manera de una esponja. Dos años después, Iijima y Donald Bethune, éste de IBM, crearon cada uno por lado **NANOTUBOS DE PARED ÚNICA**, formados exclusivamente de una capa de átomos de carbono. Ambos tipos de tubos, fabricados de modo parecido, gozan de muchas propiedades similares; las obvias, su longitud y estrechez, enormes. El modelo de pared única, de un nanómetro aproximado de diámetro, puede abarcar miles de nanómetros de longitud.



Tubos de paredes múltiples



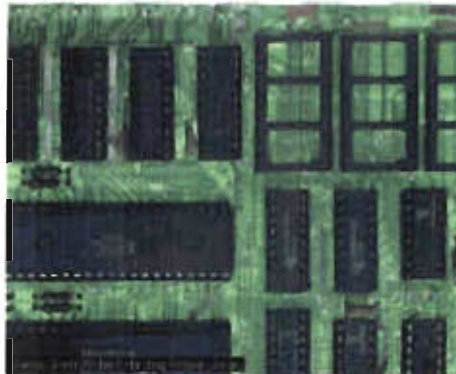


Los que confiere a estos tubos su estabilidad notable es la intensidad con que se unen los átomos de carbono entre sí, propiedad que explica la dureza del diamante. En este mineral, los átomos de carbono se unen en un tetraedro de cuatro lados. Sin embargo, en los nanotubos los átomos se disponen en anillos hexagonales, la misma estructura que caracteriza al gráfico; de hecho un nanotubo parece una lámina (o varias láminas apiladas) de gráfico enrollada en un cilindro sin costuras.

No se sabe a ciencia cierta por qué los átomos se condensan en tubos, pero parece que pueden crecer añadiendo átomos a sus extremos, igual que una tejedora va agregando puntos a la manga de un jersey.

A pesar de las extraordinarias propiedades mecánicas y térmicas de los nanotubos de carbono, de las que tanto se habla en la literatura, sus primeras aplicaciones prácticas han sido electrónicas, planteándose como una posible revolución en determinadas áreas como la informática. Las peculiares propiedades eléctricas de los nanotubos de carbono son las que han permitido utilizarlos en aplicaciones electrónicas. Puede verse a continuación una tabla resumen en la que se exponen las principales aplicaciones que surgen de cada propiedad.

Tal vez la propiedad eléctrica más importante de los nanotubos de carbono que determina su utilización en electrónica es que pueden ser metálicos o semiconductores.



Para que un nanotubo sea metálico debe de cumplirse que la diferencia  $n-m$  ( $n$  y  $m$  son los índices de Hamada, parámetros que indican la forma en que se enrollaría la lámina de grafito que daría lugar al nanotubo) debe ser múltiplo de 3, en caso contrario será semiconductor. No todos los nanotubos semiconductores tienen el

mismo gap. Debido a que en el mundo cuántico los electrones se comportan como partículas y como ondas, estas pueden cancelarse o reforzarse.

El hecho de que los nanotubos de carbono sean similares a láminas de grafito enrolladas, hace que algunas de las ondas que corresponderían al grafito sin enrollar se cancelen cuando éste se enrolla, quedando sólo unos estados cuánticos (o longitudes de onda) permitidos para los electrones.

Cuanto más pequeño es el diámetro del nanotubo habrá menos estados permitidos que estarán muy separados energéticamente, aumentando el número de estados y disminuyendo su separación a medida que crece el diámetro. De esta manera las dimensiones de los nanotubos determinan el tamaño de su gap.

Es muy importante, por tanto, controlar dichas dimensiones, para lo cual es fundamental el método de crecimiento empleado. Incluso si se pudiera controlar el crecimiento de los nanotubos de pared múltiple podrían darse características específicas a cada capa de forma que podrían construirse cables coaxiales, etc.

La tendencia actual en electrónica es la miniaturización de los dispositivos para mejorar las prestaciones: aumento de velocidad, densidad y eficiencia. En este proceso ampliamente demandado, las tradicionales tecnologías de silicio están alcanzando el mínimo tamaño que se puede conseguir garantizando su correcto funcionamiento.

Los nanotubos de carbono pueden desempeñar el mismo papel que el silicio en los circuitos electrónicos, pero a escala molecular donde el silicio y otros semiconductores dejan de funcionar.

De hecho se espera que los nanotubos de carbono sean una pieza básica en lo que se denomina "electrónica molecular", que sea aquella que utiliza moléculas como bloques de construcción para la fabricación de los dispositivos.

Un único nanotubo de carbono, que es en realidad una única molécula, permite, como se verá en los apartados expuestos a





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

algunas tecnologías de energías renovables, especialmente las células solares, e incluso podría influir en otras tecnologías punta en desarrollo, como la informática cuántica y la nanoelectrónica.

continuación, el desarrollo de un dispositivo electrónico. La electrónica a nivel molecular permitirá no sólo hacer más pequeños los dispositivos convencionales, sino también crear otros nuevos que aprovechen los efectos cuánticos propios de la reducida escala nanométrica en la que trabajan.

Nanotecnología para paliar residuos de envoltorios: Sustainpack es el proyecto de investigación sobre empaquetado más importante y de mayor envergadura llevado a cabo hasta la fecha.

Se trata de un programa de investigación de cuatro años de duración y con un presupuesto de 36 millones de euros, de los cuales 19 millones han sido financiados por el Sixth Framework Research Programme de la UE.

El equipo del proyecto SustainPack está formado por un consorcio de 35 colaboradores de 13 países, entre los que hay representantes de asociaciones, universidades y empresas destinadas a la investigación de sistemas de empaquetado.

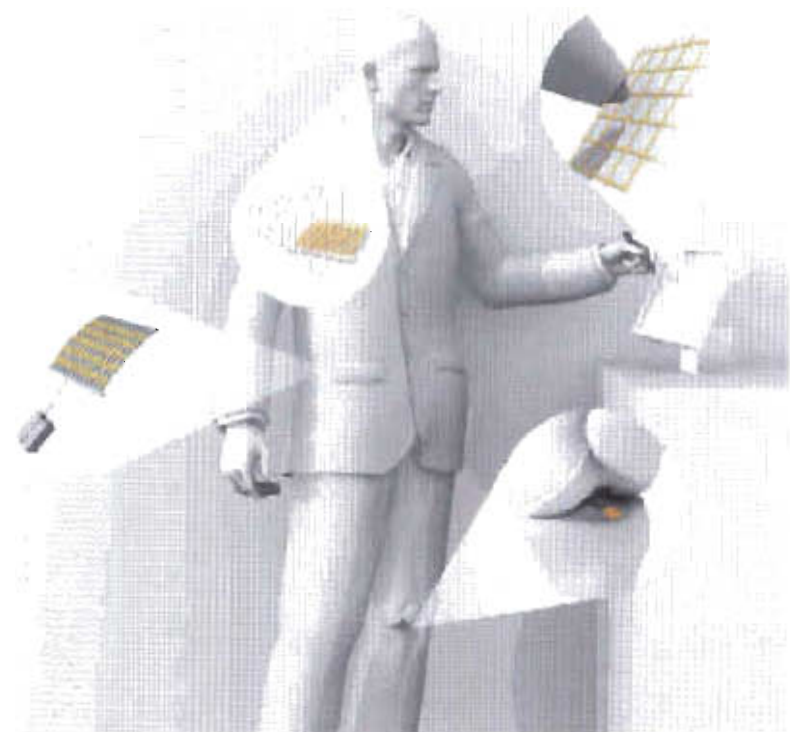
El objetivo de SustainPack es establecer el empaquetado basado en fibras como medio dominante en este campo en los próximos diez años. Para lograrlo, aplicará soluciones basadas en nanotecnología para ofrecer opciones de empaquetado basadas en fibras con valores añadidos a los usuarios y consumidores.

Los descubrimientos en nanotecnología constituyen algunos de los avances científicos más importantes de los últimos años, beneficiándose de ellos muchos sectores, incluido el del empaquetado. Pero, paralelamente, existe también la necesidad de un debate racional e informado que garantice que las aplicaciones de la nanotecnología en productos se hacen con seguridad.

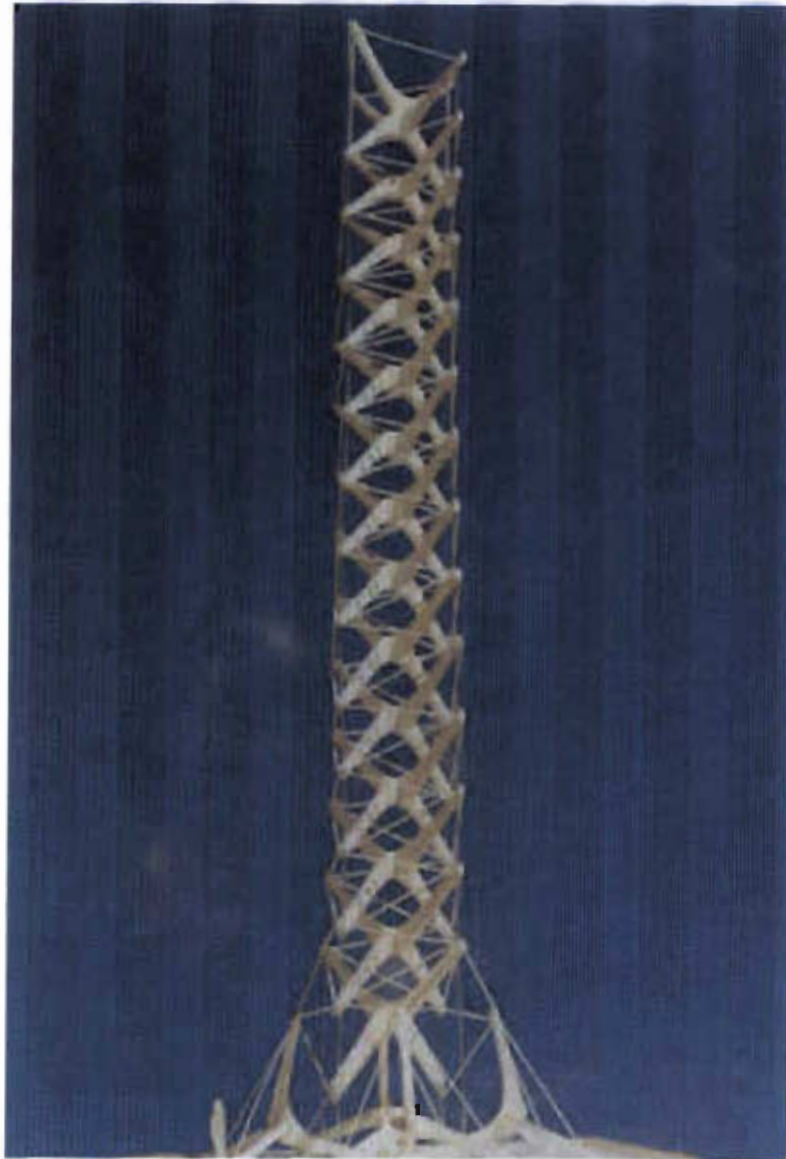
El proyecto SustainPack pretende identificar y avanzar en la aplicación de la nanotecnología para destapar estos beneficios.

## NUEVO TIPO DE NANOCABLES.

Un grupo de científicos ha diseñado un nuevo tipo de nanocables un diminuto cable coaxial que podría mejorar considerablemente



Nanocables aplicados a la electrónica. Imagen:  
[www.technologyreview.com/files/24253/0309-Nan...](http://www.technologyreview.com/files/24253/0309-Nan...)



The Tensegrity Tower. Imagen: [www.markmerer.com/pics/tensegrity1.jpg](http://www.markmerer.com/pics/tensegrity1.jpg)

## TENSEGRITY

"La palabra "tensegrity" es una invención: una contracción de "integridad tensional". Tensegrity describe una relación estructural principio estructural en la forma que está garantizado por la finitely cerrado, amplia y continua de tensión comportamientos del sistema y no por la discontinuidad y exclusivamente local compresión miembro comportamientos. Tensegrity proporciona la capacidad de rendimiento cada vez más en última instancia, sin romper o precedentes roto.

En este ejemplo podemos utilizar los elementos del nanotubo de carbono para sustituir los cables del tensegrity, logrando que el sistema trabaje de una manera que antes no sería posible, soportando tensiones mayores que antes no se hubieran podido tener.

Los tensegrity trabajan en dos formas, compresión y tensión, todas las barras que lo componen trabajan a compresión y los cables a tensión.



Tensegrity. Imagen: [www.redcoverstudios.com/.../tensegrity.jpg](http://www.redcoverstudios.com/.../tensegrity.jpg)



## NANOCONCRETO.

Nanocem es una institución constituida por 30 socios industriales y académicos, como por ejemplo, Aalborg Portland, Heidelbergement, Holcim, Italcementi, Lafarge, Sika y varias renombradas universidades.

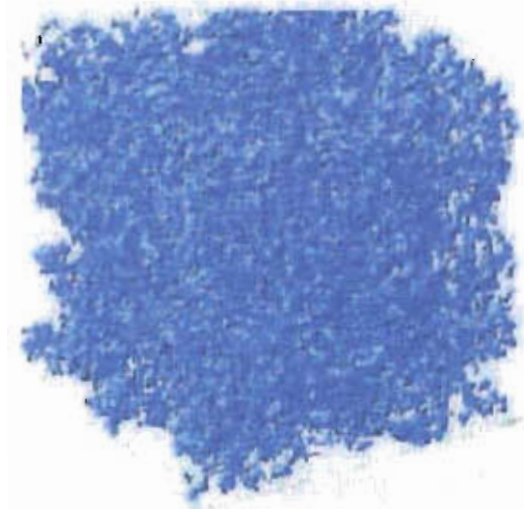
Nanocem dirige sus investigaciones hacia el campo de nano y micro escala así como el desempeño que tienen los materiales cementantes a nivel macroscópico. Los objetivos de Nanocem son:

- Constituir un referente mundial para investigación en sistemas en base al cemento.
- Identificar y estudiar los mecanismos fundamentales que presentan los materiales de construcción.
- Desarrollar el conocimiento básico para el desarrollo de nuevos materiales, mejorar los materiales existentes y resolver sus los problemas.
- Conocimiento del cemento y el concreto como materiales sostenibles de alta tecnología.
- Posibilitar el avance tecnológico en el campo del cemento y sus aplicaciones.

Según el profesor Scrivener del Politécnico de la Laussane la proyección social de la investigación a nanoescala del cemento y del concreto tendrá una importante proyección social en lo siguiente:

- Reducir la polución y el ruido en las ciudades.
- Contribuir activamente en la comodidad de los hogares.
- Indicar la presencia de tensiones y desarrollar microgrietas.

- Curarse a si mismo rápidamente.
- Mantener la integridad física ante la presencia de calor.
- Impedir la propagación del fuego.
- Mantener el concreto en estado líquido, tanto como sea necesario y que, ante una señal externa, empiece a endurecerse en un instante.
- Permanecer disponible a precio moderado.



La imagen muestra la estructura porosa tridimensional de una pasta de cemento de tres días obtenida mediante una tomografía de rayos X del sincrotrón realizada por el grupo de investigación en EPFL.

Fuente: <http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/Nanocem.pdf>.





JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

## CONCLUSIONES.

Los nuevos procesos en la obtención de materiales se están transformando radicalmente desde su diseño, teniendo un impacto que obliga en muchas industrias a una actualización tanto en su personal como en el proceso de fabricación y los nuevos materiales.

Los materiales nanoestructurados así como los celulares, especialmente los polímeros, metales y cerámica, ofrecen enteramente un nuevo sistema de funcionamiento en los valores materiales, teniendo el potencial al reuniformar o reestructurarse revitalizando las estrategias en la creación de nuevos materiales aplicados a la ingeniería arquitectónica y construcción. En los proyectos arquitectónicos de gran escala, el énfasis en el proceso de diseño se convierte no solamente en la estrategia significativa sino también los únicos medios económicos de reducir los costos para la fabricación. Las nuevas estrategias integran la forma, el material y la estructura en un solo proceso y están adoptando la nanoescala en el diseño de grandes edificios y en la construcción.

En México se tiene el conocimiento pero no la tecnología para crear este nuevo tipo de materiales, por lo que se tiene que invertir en tecnología para poder llegar a ser un día un país industrializado y no dependiente de tecnologías extranjeras como actualmente lo está siendo.

La nanotecnología apenas está despertando y en un futuro será una tecnología que deberemos utilizar comúnmente. En la siguiente gráfica se puede observar la inversión que los Estados Unidos pretenden invertir para el año 2011 en la nanotecnología. En esta se

puede observar que se invertirá desde la manufactura hasta la construcción, siendo esta última la menos favorecida con esta tecnología, con tan solo una inversión de \$200.00 millones de dólares, teniendo una diferencia de \$339,800.00 Millones de dólares comparada con la manufactura.

En el presente documento se trató de despertar la curiosidad sobre el diseño de nuevos materiales nanoestructurados y como poder fabricarlos, se tocaron varios métodos para obtener un producto nanoestructurado y aplicado a la arquitectura, aunque estaba enfocado principalmente a los polímeros, esto no significa que solo se pueda utilizar los métodos presentados para polímeros, sino al contrario, podría aplicarse a materiales arcillosos, acero, pétreos, etc.

Se trató al principio como hipótesis si era posible crear o mejorar una lona nacional que compitiera con las importadas, siendo esta una afirmación, es posible mejorar la calidad e incluso superarla. Como objetivo se buscó una forma de producirla, y por los datos obtenidos se mostró un proceso para la fabricación del polímetro nanoestructurado.

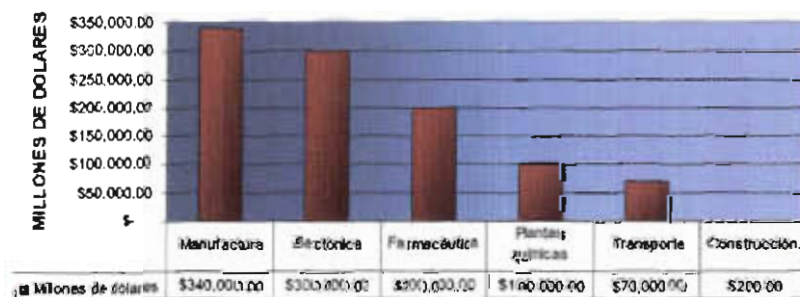
Si los arquitectos usamos como herramienta los conocimientos de la ciencia moderna y tecnología de materiales, en combinación con procedimientos adecuados para su selección, podrá obtener materiales de construcción convenientes para la industria de la construcción. La industrialización de un material nanoestructurado no es posible aún debido a su alto costo de fabricación, ya que el proceso de producción es muy costoso y laborioso, sin embargo a medida de que se mejoren las técnicas, será posible producir grandes volúmenes a un menor costo y sobre todo al alcance de todos nosotros.

Para concluir quisiera citar una frase que apareció en la revista National Geographic noviembre de 2006.



PIENSA EN PEQUEÑO Y TE ASOMBRARAS EN GRANDE

INVERSIÓN EN LA NANOTECNOLOGÍA PARA EL AÑO 2011







## ANEXOS



**Kim Eric Drexler**  
(25 de abril de 1955 en Oakland, California)

Es un ingeniero estadounidense conocido por popularizar los potenciales de la nanotecnología molecular durante las décadas de 1970 y 1980.

Su tesis doctoral realizada en el MIT fue posteriormente revisada y publicada "Nanosystems Molecular Machinery Manufacturing and Computation" (1992), recibiendo el premio de la Asociación de Editores Americanos como el mejor libro de ciencia de 1992.

También ha hablado en ocasiones sobre la posibilidad de peligros del tipo Grey goo.

### Biografía.

K. Eric Drexler, Ph.D., es un investigador y autor cuyo trabajo se centra en las más avanzadas de las nanotecnologías y las direcciones actuales de investigación. Su documento de 1981 en las Actas de la Academia Nacional de Ciencias estableció los principios

fundamentales de diseño molecular, ingeniería de proteínas, y nanosistemas productivos.

La Investigación en este campo ha sido la base de numerosos artículos de revistas y libros, entre ellos los motores de creación: la próxima era de la nanotecnología (escrito para el público en general) y nanosistemas: la maquinaria molecular, la fabricación, y Computación (uno cuantitativo, basado en la física análisis).

Recientemente se desempeñó como Director Técnico Asesor de la Hoja de Ruta Tecnológica para nanosistemas productivos, un proyecto de la Battelle Memorial Institute y sus participantes EE.UU. laboratorios nacionales.

Actualmente está trabajando en una colaboración con el Fondo Mundial para la Naturaleza para explorar las soluciones basadas en nanotecnología a los problemas mundiales como la energía y el cambio climático.

Drexler fue galardonado con un doctorado del Massachusetts Institute of Technology en la nanotecnología molecular (el primer grado de su tipo).

Dr. Drexler actúa como Asesor Técnico Principal Nanorex, una compañía de desarrollo de fuente abierta para software de diseño estructural de ADN nanotecnologías.

Consulta y habla sobre cómo la investigación actual puede ser dirigida de manera más efectiva hacia los objetivos de alta rentabilidad, y aborda las implicaciones de las nuevas tecnologías para nuestro futuro, incluida su utilización para resolver, en lugar de retraso, a gran escala de los problemas como el calentamiento global.

Eric se encuentra en Los Altos, California, con su esposa, Rosa Wang.



### **Richard Phillips Feynman**

(Nueva York, Estados Unidos, 11 de mayo de 1918 - Los Ángeles, California, Estados Unidos, 15 de febrero de 1988).

Físico estadounidense, considerado como uno de los más importantes de su país en el siglo XX. Su trabajo en electrodinámica cuántica le valió el Premio Nobel de Física en 1965, compartido con Julian Schwinger y Sin-ichiro Tomonaga. En este trabajo desarrolló un método para estudiar las interacciones y propiedades de las partículas subatómicas utilizando los denominados diagramas de Feynman.

En su juventud participó en el desarrollo de la bomba atómica en el proyecto Manhattan. Entre sus múltiples contribuciones a la física destacan también sus trabajos exploratorios sobre computación cuántica y los primeros desarrollos de nanotecnología.

Feynman nació el 11 de mayo de 1918 en Nueva York; sus padres eran judíos, aunque no practicantes. El joven Feynman fue fuertemente influenciado por su padre (John Jesus Feynman), que le animaba a hacer preguntas que retaban al razonamiento tradicional;

su madre le transmitió un profundo sentido del humor, que mantuvo durante toda su vida.

De niño disfrutaba reparando radios pues tenía talento para la ingeniería. Experimentaba y redescubría temas matemáticos tales como la "media derivada" (un operador matemático que, al ser aplicado dos veces, resulta en la derivada de una función) utilizando su propia notación, antes de entrar en la universidad.

Su modo de pensar desconcertaba a veces a pensadores más convencionales; una de sus preguntas cuando estaba aprendiendo la anatomía de los felinos, durante un curso de biología universitario fue: "¿Tiene un mapa del gato?". Su manera de hablar era clara, aunque siempre con un marcado discurso informal.

### **Educación.**

Richard Feynman recibió la licenciatura en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en 1939 y un doctorado por la Universidad de Princeton en 1942; su director de tesis fue John Archibald Wheeler. Después de que Feynman completase su tesis en mecánica cuántica, Wheeler se lo presentó a Albert Einstein, pero a éste no le convenció.

Mientras trabajaba en su tesis doctoral, Feynman se casó con Arline Greenbaum, a la que los médicos le habían diagnosticado tuberculosis, una enfermedad terminal en aquella época; dado que ambos fueron cuidadosos, Feynman nunca contrajo la enfermedad y vivió muchos años después de la muerte de su esposa.

### **El proyecto Maniatan.**

En Princeton, el físico Robert R. Wilson insistió a Feynman a participar en el Proyecto Manhattan, el proyecto del ejército de los Estados Unidos en Los Alamos para desarrollar la bomba atómica.

Visitaba a su esposa en un sanatorio en Santa Fe los fines de semana, hasta su muerte en Julio de 1945. Se volcó en su trabajo en el proyecto y estuvo presente en la prueba de la bomba en Trinity. Feynman pretendía ser la única persona que vio la explosión sin las



gafas oscuras proporcionadas, mirando a través del parabrisas de un camión para protegerse de las dañinas frecuencias ultravioletas.

Como joven físico, su papel en el proyecto estaba relativamente alejado de la línea principal, consistiendo en la dirección del grupo de computación "humana" de la división teórica, y después, con Nicholas Metropolis, instalando el sistema para usar máquinas de tarjetas perforadas de IBM para la computación. Feynman y su grupo realmente tuvieron éxito al solucionar una de las ecuaciones del proyecto que estaban escritas en las pizarras. Sin embargo, no "hicieron la física bien" y la solución no fue usada en el proyecto.

Los Alamos estaba aislada; en sus propias palabras, "no había nada que hacer allí". Aburrido, Feynman encontró pasatiempos como abrir cajas de caudales, dejando notas graciosas para probar que la seguridad en el laboratorio no era tan buena como a la gente le hacían creer; encontró una parte aislada de la "mesa" (Los Alamos está en una elevación) donde tocaba el tambor al estilo indio; "y tal vez bailaré y cantaré un poco". Esto no pasó desapercibido, pero nadie notó que "Injun Joe" era realmente Feynman. Se hizo amigo del cabeza del proyecto J. Robert Oppenheimer, que intentó sin éxito llevarle a trabajar a la Universidad de California, Berkeley, después de la guerra.

### Principios de su carrera: Universidad Cornell.

Después del proyecto, Feynman empezó a trabajar como profesor en la Universidad Cornell, donde trabajaba Hans Bethe, quien había probado que la fuente de energía del Sol era la fusión nuclear. Sin embargo, se sentía sin inspiración; pensando que estaba "quemado", se entretuvo con problemas poco útiles pero divertidos, como analizar la física del twirling.

Sin embargo este trabajo le sirvió en futuras investigaciones. Quedó muy sorprendido cuando le ofrecieron plazas de profesor de universidades punteras, eligiendo finalmente trabajar en el Instituto de Tecnología de California en Pasadena, California, a pesar de serle ofrecida también una plaza en el Instituto de Estudios Avanzados cerca de la Universidad de Princeton, (en la que, en ese tiempo, estaba Albert Einstein).

Feynman rechazó el Instituto por la razón de que no había obligaciones como profesor. Feynman pensaba que sus estudiantes eran una fuente de inspiración y también, durante los periodos no creativos, de confort. Sentía que, si no podía ser creativo, al menos podía enseñar.

Feynman fue llamado algunas veces "El Gran Explicador"; tenía gran cuidado cuando explicaba algo a sus estudiantes, haciendo una cuestión de moral no hacer un tema arcano, sino accesible a otros. "Pensamiento claro" y "presentación clara" fueron requisitos fundamentales. Un año sabático, volvió a estudiar los *Principia* de Newton. Lo que aprendió de Newton lo transmitió a sus estudiantes, tal como el intento de Newton de explicar la difracción.

### Los años en el Caltech.

Feynman hizo mucho de su mejor trabajo mientras estuvo en el Instituto Tecnológico de California, Caltech, incluyendo investigaciones en:

- Electrodinámica cuántica. El problema por el que Feynman ganó su Premio Nobel estaba relacionado con la probabilidad de cambio de los estados cuánticos. Ayudó a desarrollar la formulación de "Integral de Camino" de la Mecánica Cuántica, en la que todos los posibles caminos de un estado al siguiente son considerados, siendo el camino real una "suma" de todas las posibilidades.
- Física de la superfluidez del helio líquido, en el cual el helio parece tener una falta total de viscosidad cuando fluye. Aplicando la Ecuación de Schrödinger al problema, observó que la superfluidez era un comportamiento cuántico observable a escala macroscópica. Esto ayudó enormemente con el problema de la superconductividad.
- Un modelo de la desintegración débil (Un ejemplo de la interacción débil es la desintegración de un neutrón en un electrón, un protón, y un anti-neutrino.) Aunque E.C. George Sudharsan y Robert Marshak desarrollaron la teoría casi



simultáneamente, la colaboración de Feynman con Murray Gell-Mann se considera como la principal. La teoría fue de una importancia crucial, y la interacción débil fue descrita con gran precisión.

- También desarrolló los "Diagramas de Feynman", un dispositivo de cuaderno que ayuda a entender y calcular las interacciones entre partículas en el espacio-tiempo. Este método le permitió a él, y ahora permite a otros, trabajar con conceptos que habrían sido más difíciles sin él, como la reversibilidad del tiempo y otros procesos fundamentales. Estos diagramas son ahora fundamentales para la "Teoría de Cuerdas" y la "Teoría-M".

A partir de sus diagramas de un pequeño número de partículas interactuando en el espacio-tiempo, Feynman intentó modelizar toda la física en términos de esas partículas, de sus espines y del acoplamiento de las fuerzas fundamentales. El modelo de los quark era el rival de la formulación del "partón" de Feynman, y fue el ganador.

Sin embargo, Feynman no luchó contra el modelo de los quarks; por ejemplo, cuando se descubrió el quinto quark, Feynman inmediatamente hizo notar a sus estudiantes que el descubrimiento implicaba un sexto quark, que fue realmente descubierto en la década posterior a su muerte.

Después del éxito de la Electrodinámica Cuántica, Feynman estudió la Gravedad Cuántica. Por analogía con el fotón, que tiene espín 1, investigó las consecuencias de una partícula sin masa de espín 2, y pudo derivar las ecuaciones de campo de Einstein de la Relatividad General, pero poco más. Desafortunadamente, en este momento llegó a estar exhausto al trabajar en muchos proyectos importantes al mismo tiempo, incluyendo sus "Conferencias de Física".

Durante su estancia en Caltech, se le pidió ayudar en la enseñanza de los estudiantes de licenciatura. Después de dedicar 3 años al proyecto, produjo una serie de lecturas, que se convirtieron en las famosas "Conferencias de Física de Feynman", la mayor razón por la que Feynman es aún considerado por una gran mayoría de físicos

como uno de los grandes maestros de enseñanza de la física de todos los tiempos.

Posteriormente le fue concedida la medalla Oersted, de la cual estaba especialmente orgulloso. Sus estudiantes competían por su atención; una vez se despertó cuando un estudiante dejó una solución a un problema en su buzón; no pudo volver a dormir y leyó la solución propuesta. Esa mañana su desayuno fue interrumpido por otro triunfante estudiante, pero Feynman le informó que ya era demasiado tarde.

Feynman fue un influyente popularizador de la física en sus libros y lecciones, notablemente una charla en nanotecnología en 1959 llamada Hay mucho sitio al fondo. Feynman ofreció 1000 dólares en premios por dos de sus retos en nanotecnología.

También fue uno de los primeros científicos en darse cuenta de las posibilidades de los computadores cuánticos. Muchas de sus lecciones fueron convertidas en libros como El Carácter de la Ley Física y Electrodinámica Cuántica: La Extraña Teoría de la Luz y la Materia.

#### Legado.

Feynman era y sigue siendo una figura popular no sólo por su habilidad como conferenciante y profesor, sino también por su excentricidad y espíritu libre mostrados en libros como: ¿Está usted de broma, Sr. Feynman? y otros de gran éxito. Además de su carrera académica, Feynman fue un profesor admirado y un talentoso músico amateur.

En su carrera también colaboró en el Proyecto Manhattan, en el que se desarrolló la bomba atómica. Durante aquel tiempo Feynman estuvo a cargo de la división de cálculo del proyecto, consiguiendo construir un sistema de cálculo masivo a partir de máquinas IBM.

Durante este período también supervisó la seguridad de las plantas de enriquecimiento de uranio.





Entre 1950 y 1988, Feynman trabajó en el Instituto Tecnológico de California, Caltech, con el puesto de Richard Chase Toleman Professor of Theoretical Physics, encargado de la enseñanza de física teórica.

Durante su vida, Feynman recibió numerosos premios, incluyendo el Premio Albert Einstein (Princeton, 1954), el Premio Lawrence (1962), y el premio Nobel de Física de 1965. Fue también miembro de la Sociedad Americana de Física, de la Asociación Americana para el Adelanto de la Ciencia, la National Academy of Sciences, y fue elegido como miembro extranjero de la Royal Society en 1965. Estaba particularmente orgulloso de la Medalla Oersted a la Enseñanza que ganó en 1972.

Pero tal vez el homenaje más relevante no proviene de los premios académicos: poco después de su muerte, un grupo de estudiantes de Caltech escaló el frente de la Biblioteca Millikan de la universidad y colgó un gran cartel de tela con la leyenda "We love you Dick!" ("¡Te amamos, Dick!").

Entre sus trabajos más importantes, destaca la elaboración de los Diagramas de Feynman, una forma intuitiva de visualizar las interacciones de partículas atómicas en electrodinámica cuántica mediante aproximaciones gráficas en el tiempo. Feynman es considerado también como una de las figuras pioneras de la nanotecnología, y una de las primeras personas en proponer la realización futura de ordenadores cuánticos.

El Servicio Postal de los Estados Unidos emitió un sello de correos honrando a Feynman el 5 de mayo de 2005.

## Libros

### Física.

- The Feynman's lectures on physics, Vol I,II, III. Con Robert Leighton y Matthew Sands. Español e inglés.
- Lectures on Computation.

- Quantum mechanics and path Integrals.

### Divulgación física

- The Character of Physical Law.
- Six Easy Pieces: Essentials of Physics Explained by Its Most Brilliant Teacher.
- Six Not-So-Easy Pieces: Einstein's Relativity, Symmetry and Space-Time.
- Electrodinámica Cuántica: La extraña teoría de la luz y la materia.

### Divulgación y pensamiento de Feynman

- The Pleasure of Finding Things Out. The Best Short Works of Richard P. Feynman.
- Surely you are joking Mr. Feynman! Adventures of a Curious character. ¿Está Vd. de broma, Sr. Feynman?: Aventuras de un curioso personaje tal como le fueron referidas a Ralph Leighton.
- What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character. ¿Qué te importa lo que otras personas piensen? Aventuras adicionales de un personaje curioso.
- Don't You have Time to Think?



JOSE ANTONIO CHONG ALVAREZ

## HISTORIA SOBRE NANOTECNOLOGÍA

“El ganador del premio Nobel de Física (1965), Richard Feynman fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en el célebre discurso que dio en el Caltech (Instituto Tecnológico de California) el 29 de diciembre de 1959 titulado En el fondo hay espacio de sobra (Térreas Plenty of Room at the Bottom).

Otro hombre de esta área fue Eric Drexler quien predijo que la nanotecnología podría usarse para solucionar muchos de los problemas de la humanidad, pero también podría generar armas poderosísimas. Creador del Foresight Institute y autor de libros como Máquinas de la Creación Engines of Creation muchas de sus predicciones iniciales no se cumplieron, y sus ideas parecen exageradas en la opinión de otros expertos, como Richard Smalley.

Pero estos conocimientos fueron más allá ya que con esto se pudo modificar la estructura de las moléculas como es el caso de los polímeros o plásticos que hoy en día los encontramos en todos nuestros hogares y que sin ellos no podríamos vivir. Pero hay que decir que este tipo de moléculas se les puede considerar “grandes”...

Con todos estos avances el hombre tuvo una gran fascinación por seguir investigando más acerca de estas moléculas, ya no en el ámbito de materiales inertes, sino en la búsqueda de moléculas orgánicas que se encontrarán en nuestro organismo.

No fue sino hasta principios de la década de los cincuenta cuando Rosalind Franklin, James Dewey Watson y Francis Crick propusieron que el ADN era la molécula principal que jugaba un papel clave en la regulación de todos los procesos del organismo y de aquí se tomó la importancia de las moléculas como determinantes en los procesos de la vida.

Hoy en día la medicina se le da más interés a la investigación en el mundo microscópico ya que en este se encuentran posiblemente las

alteraciones estructurales que provocan la enfermedad, y no hay que decir de las ramas de la medicina que han salido mas beneficiadas como es la microbiología, inmunología, fisiología, en fin casi todas las ramas de la medicina.

Con todos estos avances han surgido también nuevas ciencias como es la ingeniería genética que hoy en día todos han oído escuchar acerca de las repercusiones que puede traer la humanidad como es la clonación o la mejora de especies.

Entre estas ciencias también se encuentra otras no muy conocidas como es la nanotecnología, a la cual se le puede definir como aquella que se dedica a la fabricación de la tecnología en miniatura.

La nanotecnología, a diferencia de la ingeniería genética, todavía no esta en pasos de desarrollo; Se le puede considerar como “una ciencia teórica” ya que todavía no se le ha llevado a la practica ya que aún no es viable, pero las repercusiones que acarreará para el futuro son inmensas.”

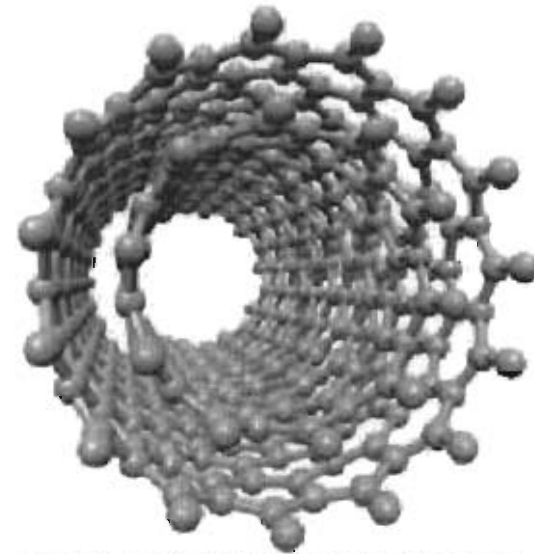


Imagen: Nanotubo de carbono. Fuente: Imágenes google.com



## BIBLIOGRAFÍA

BABOR, José A. QUÍMICA GENERAL MODERNA Editorial Época, S.A. México. D.F. 1977.

ROSENBERG, Jerome L. QUÍMICA GENERAL Editorial McGraw-Hill México D.F.: Séptima edición. 1994.

ARANA, Federico. MÉTODO EXPERIMENTAL editorial Joaquín Arana, México D.F.: Tercera edición. 1975.

MÉNDEZ RAMÍREZ, Ignacio y otros. EL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN. Editorial Trillas, México D.F. 2006.

**THE NANOMATERIALS MARKET IS STARTING TO CLIMB THE GROWTH CURVE 2006.**

EDREXLER, Eric. ENGINES OF CREATION, Clásico del padre de la nanotecnología. 2006.

DREXLER, Eric. NANOSISTEMAS: MAQUINARIA, FABRICACIÓN Y COMPUTACIÓN MOLECULAR. 2006.

CRANDALL, B. NANOTECHNOLOGY MOLECULAR SPECULATIONS ON GLOBAL ABUNDANCE. 2006

CRICHTON, Michael Presa. LOS PELIGROS DE LA NANOTECNOLOGÍA 2006.

## ENCICLOPEDIA DE NANOTECNOLOGÍA.

STEVENS, Malcom P. POLYMER CHEMISTRY AN INTRODUCTION New York Oxford, third ed. Ed. Library of Congress. 1999.

FALADORI, Guillermo. NANOTECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS Editorial Purrúa, México, 2006.

LÓPEZ, Eder Zavala. Oxana Vasilievna Kharissova, SÍNTESIS DE NANOTUBOS Y FULLERENOS; Ingenierías, Enero-Marzo 2002, Vol. V, No 14.

OCAMPO RUIZ Ernesto TESIS EVOLUCIÓN Y EVALUACIÓN DE NUEVOS MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS. NANOTECNOLOGÍA Y BIOMIMETISMO EN LA ARQUITECTURA. 1999.

Revista Proyecto, año 1 número 2, Págs. 62 a la 64.

Nanotubos de carbono, Nuevos sensores químicos; Investigación y Ciencia, No 295, abril de 2001.

[www.el-planeta.com](http://www.el-planeta.com)

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

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

[www.dickson-constant.net](http://www.dickson-constant.net)

[www.afipol.org.br](http://www.afipol.org.br)

[www.plastico.com.br](http://www.plastico.com.br)

<http://images.google.com.mx>

<http://translate.google.com>

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

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

[www.idg.es/dealer](http://www.idg.es/dealer),

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

[www.idg.es/dealer](http://www.idg.es/dealer), [www.Noticias.com](http://www.Noticias.com)

[www.secyt.gov.ar](http://www.secyt.gov.ar) Ingeniería de materiales poliméricos.

<http://nanooze.org/spanish/blogsp.html>

