



Archfarm

Fascículos aperiódicos de arquitectura

NÚMERO 9 † NOVIEMBRE 2006

www.archfarm.org

PEQUEÑO ES GRANDE:

EL AMANECER DE UNA NUEVA ERA

PETER YEADON

Uno de los avances tecnológicos más importantes de este siglo se está desarrollando a una escala diminuta, invisible para el ojo humano; sin embargo, la nanotecnología podría cambiar radicalmente la manera en que diseñamos, imaginamos y construimos arquitectura.

Ralph Merkle, teórico e investigador, proclamaba a mediados de los noventa: “Así como nombramos la Edad del Bronce, la Edad del Hierro y la Edad del Sicilio por el material más tecnoló-

gicamente avanzado que se podía elaborar, esta nueva era tecnológica en la que estamos entrando podría ser llamada la Edad del Diamante”.

En septiembre de 2005 la universidad de Dartmouth en New Hampshire, Estados Unidos, anunció que sus investigadores habían construido el robot más pequeño del mundo. El diminuto dispositivo era tan ancho como un cabello humano y mucho más corto que el punto al final de esta frase. En ese momento, Bruce Donald, profesor al frente de la investigación en Dartmouth, señalaba que la máquina era considerablemente más

pequeña que anteriores robots inalámbricos que fueran controlables. “Cuando decimos controlable nos referimos a que funciona como un coche, puedes moverlo a cualquier lugar en una superficie plana y conducirlo a donde quieras ir” en palabras de Donald. “No se mueve sobre ruedas sino que se arrastra como una oruga de silicio, dando decenas de miles pasos de diez nanómetros cada segundo. Gira sacando un pie de silicio y pivotando como un motorista que derrapa en una curva cerrada”.¹

Con unas medidas de sólo 60 por 250 micras —una micra es una millonésima parte de un metro—, la construcción del microrobot fue una proeza verdaderamente asombrosa. Sin embargo, cinco semanas más tarde, científicos de la universidad Rice en Texas anunciaron que también habían desarrollado un robot diminuto que podía conducirse sobre una superficie.² Su dispositivo robótico, al que denominaron *nanocoche*, está hecho de una única molécula y es

mil millones de veces más pequeño que el microrobot construido en Dartmouth. Con un tamaño de tres por cinco nanómetros —un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro—, el nanocoche de Rice es aproximadamente tan ancho como una molécula de ADN. Y tiene aspecto de coche. Tiene un chasis con dos ejes y cuatro ruedas hechas con *buckyballs*, diminutas esferas formadas por 60 átomos de carbono cada una.

Tanto el microrobot de Dartmouth como el nanocoche de Rice se impulsan mediante fuerzas externas, así que las analogías con vehículos terrestres no son útiles para hacernos una idea de cómo funcionan. El microrobot de Dartmouth era impulsado por una malla de pequeños electrodos integrados en la superficie sobre la que se desplaza. El nanocoche de Rice no tenía motor, así que debía ser empujado a través de la superficie con el extremo infinitesimal de la sonda de un microscopio de exploración. Pero a mediados de Abril

de este año investigadores de Rice anunciaron que podían añadir un motor molecular rotativo a su nanocoche de manera que, cuando se le expone a la luz, el motor gira 360 grados en una dirección y mueve el coche hacia adelante.³ El motor molecular no era un diseño enteramente suyo: los investigadores de Rice modificaron un motor molecular desarrollado originalmente por el equipo de Ben Feringa en la universidad de Groningen en los Países Bajos.⁴

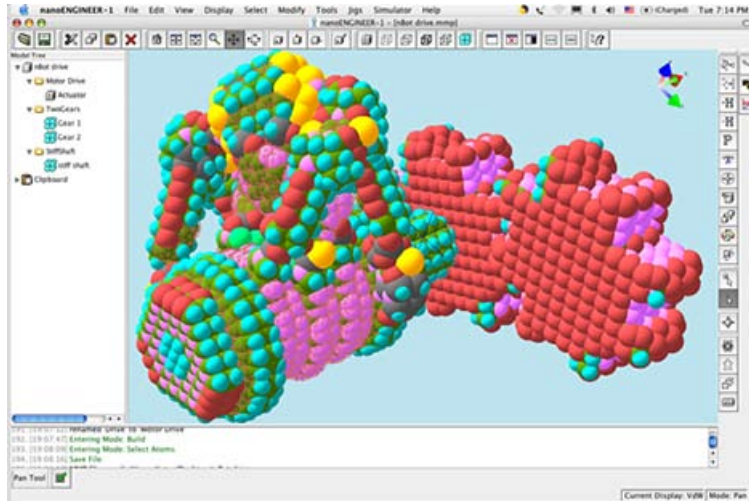
Vivo en un viejo edificio de seis plantas en Manhattan. La escalera de incendios que cuelga del edificio se está oxidando y la pared de ladrillo tiembla cuando pasan camiones por nuestra calle. Los edificios nuevos que se están construyendo alrededor necesitan maquinaria pesada y multitud de trabajadores. A diferencia del microbot y el nanocoche éstas son cosas que puedo ver y oír. ¿Qué podrían tener que ver estos minúsculos inventos con la creación de la arquitectura

1 www.dartmouth.edu/~news/releases/2005/09/14.html

2 www.media.rice.edu/media/NewsBot.asp?MODE=VIEW&ID=8448&SnID=327288878

3 www.physorg.com/news/64081416.html

4 www.nanotechweb.org/articles/news/4/10/3/1



Yeadon utiliza los programas HyperChem y Nano Engineer-1 para desarrollar el proyecto de los nBots. Imagen cortesía de Peter Yeadon

y las ciudades? Un nanómetro es aproximadamente un millón de veces más pequeño que el diámetro de una cabeza de alfiler y mil veces menor que la longitud de una bacteria común. Los investigadores de la universidad de Rice están trabajando en la construcción de un nanocamión que pueda transportar pequeñas moléculas de un lugar a otro. ¿Como podrían estos pequeños logros tener alguna relación con el trabajo de un arquitecto?

La llegada de la nanotecnología desencadena una época totalmente nueva, nuestra época, en la que se ha conseguido la domesticación de los átomos. El nuestro es un tiempo de manipulación molecular, donde la diferenciación habitual entre natural y artificial no es ya firme. Diseñamos nuevas formas de vida de modo rutinario, y estamos alterando los fundamentos de las propiedades de la materia y nuestra relación con ella. La nanotecnología se ocupa del estudio y diseño de fenóme-

nos moleculares y atómicos. Como declaraba Christine Peterson, Presidenta del Foresight Institute, en una reunión del comité científico de la cámara de representantes de los Estados Unidos en abril del 2003 “la meta definitiva de la nanotecnología es el control completo de la estructura física de la materia hasta alcanzar el nivel atómico.”¹ Investigadores como los de la universidad de Rice han mostrado cómo la nanotecnología nos capacita para diseñar y construir materia desde cero, átomo a átomo, molécula a molécula. Y al igual que en anteriores eras tecnológicas, esta nueva tecnología será pronto imposible de ignorar para los arquitectos. Esto modificará significativamente el fundamento de la arquitectura y revolucionará la forma en que hacemos arquitectura.

Es erróneo pensar que la nanotecnología es una especie de ciencia futurista que podría llegar a nuestras casas en veinte o treinta años, ya está aquí. Durante los úl-

timos quince años se han otorgado más de una docena de premios Nobel a la investigación en nanotecnología. La mayoría de universidades en el mundo están involucradas en la investigación y la ingeniería nanotecnológica, y hay nuevos productos nanotecnológicos que ya se están incorporando a la arquitectura. Uno de los desafíos a la hora de entender la nanotecnología como industria yace en el hecho de que no es realmente una tecnología, son diferentes tecnologías. Es una parte importante de muchas industrias. Como la electricidad, es ubicua. Además la nanotecnología opera a escala molecular, por lo que es parte integral de muchas disciplinas —desde física, química, biología o informática hasta física de materiales— y no es fácilmente definible como una disciplina en sí misma, más bien es un área de investigación compartida por muchos campos científicos. Si se preguntara a un grupo heterogéneo de científicos qué es la nanotecnología el abanico de

definiciones sería igualmente variado. La misma palabra deriva de tres vocablos griegos: *nano* (enano o diminuto), *techne* (técnica o habilidad) y *logos* (pensamiento razonado). De ahí que la palabra pueda traducirse como la aplicación de la ciencia a técnicas de creación de objetos a pequeña escala.

Aunque se suele atribuir al físico Richard P. Feynman la predicción de la era de la nanotecnología durante su famosa conferencia de 1959 titulada *Hay espacio de sobra al fondo*, no fue hasta varias décadas más tarde que la nanotecnología fue vista como un objetivo científico. El mismo término, nanotecnología, era inexistente hasta que surgió dentro de la comunidad científica durante los años ochenta. La palabra se popularizó cuando el físico K. Eric Drexler la utilizó en repetidas ocasiones en su libro *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* de 1987. Drexler estaba buscando un término que pudiera englobar futuros sistemas tecnológicos que operaran a escala

1
www.house.
gov/science/
hearings/
full03/apr09/
peterson.htm

molecular, es decir, muchas veces menor que la escala de la microtecnología de los microprocesadores. En ese momento la microtecnología era un término común aplicado a sistemas que manipulaban materia a la escala del micrómetro. Drexler acuñó, de forma muy adecuada, el término nanotecnología para describir sistemas moleculares que serían diseñados y construidos a la escala del nanómetro.

Tanto los textos de Drexler como los de Feynman proporcionan una introducción espléndida a la historia y el estudio de la nanotecnología. La conferencia de Feynman retó a los físicos a pensar en pequeño, y los *Motores de Creación* de Drexler estimularon la imaginación en cuanto al potencial de la ciencia y tecnología nanoescalares. El libro de Drexler esbozaba un futuro donde podríamos diseñar y construir máquinas atómicamente exactas, sistemas robóticos diminutos que podrían mantener el cuerpo humano e incluso ayu-

dar en la creación de ciudades. Sus consecuencias eran enormes y alcanzaban a la ciencia de los materiales, la ingeniería, la economía, los ordenadores, los viajes y la aparición de nuevas oportunidades para los diseñadores.

Hoy, el término nanotecnología es aplicado con frecuencia a los numerosos productos que han sido creados por investigadores alterando la estructura molecular de la materia. Sólomente los nuevos productos nanotecnológicos que son aplicables a la arquitectura y a disciplinas relacionadas con el diseño son ya demasiado numerosos para detallarlos en este pequeño artículo. Páginas web como *nanoarchitecture.net* publican al menos una docena de innovaciones frescas cada semana, desde materiales como super-aislantes, cubrimientos resistentes a la contaminación o polímeros y aleaciones que cambian de forma, hasta membranas filtrantes de alta efectividad. Algunos productos están diseñados para desempeñar una

tarea determinada y otros materiales, como los nanotubos de carbono, pueden manipularse para desempeñar múltiples tareas. Los nanotubos son más resistentes que el acero y el *kevlar*, pueden conducir o aislar la corriente eléctrica, pueden recoger energía de la luz, pueden emitir luz, pueden filtrar contaminantes, pueden descomponer una molécula y transportarla a otra posición, y pueden combinarse con otras estructuras moleculares para formar sofisticados compuestos con propiedades novedosas. Los nanotubos pueden incluso auto ensamblarse, es decir, pueden construirse a sí mismos.¹

Ser capaz de hacer que un conjunto de moléculas en una solución se autoensamblen, construyendo molécula a molécula un material previsible, es un logro notable. Por otro lado, no es un fenómeno tan sorprendente si tenemos en cuenta que nuestros propios cuerpos están constantemente creando y ensamblando moléculas. Pero ha conducido a ideas espectaculares

1
www.nano
architecture.
net

sobre la posibilidad de crear arquitecturas que se autoensamblen. El arquitecto John Johansen, autor del libro *Nanoarchitecture*, vislumbra un futuro donde la arquitectura se construye partiendo de una semilla alimentada por un cubeta química. Hay aquí una obvía analogía con los procesos naturales de autoconstrucción y una particular búsqueda de la arquitectura como un organismo cultivado. Más allá de lo fantástico de la propuesta de Johansen hay en marcha un plan más creíble que va a permitir a la nanotecnología revolucionar la forma en que diseñamos y hacemos arquitectura. Esto nos lleva de vuelta a las primeras ideas de Drexler sobre máquinas atómicamente exactas, y de vuelta al nanocoche de Rice que mencioné al principio de este artículo.

Existen ya cierto número de dispositivos moleculares que nos ofrecen el control y la manipulación de la materia a nivel atómico y molecular. La ciencia ha desarrollado motores e interruptores

moleculares y se está trabajando en bombas, engranajes y ejes. El Instituto Californiano de Nanosistemas ha desarrollado una máquina molecular que funciona como un ascensor nanoescalar,¹ y los holandeses crearon recientemente una máquina molecular que clasifica moléculas.² Mientras escribo esto, investigadores de la Universidad de Nueva York están anunciando que han conseguido crear robots basados en ADN que se autoensamblan en una serie de máquinas operativas análoga a una cadena de montaje.³ Los diminutos dispositivos cogen varias cadenas de moléculas y las unen entre sí, construyendo materiales molécula a molécula.

Los involucrados en este tipo de investigaciones dicen que la mayoría de los que formamos parte de la población activa llegaremos a vivir los primeros efectos de la fabricación molecular.⁴ Veremos el amanecer de las nanofactorías, robustos talleres de máquinas moleculares que cosecharán átomos

de una reserva de moléculas para crear sofisticados materiales, dispositivos y sistemas átomo a átomo —ver ilustración en página siguiente—. Como una evolución de los actuales sistemas de impresión de sobremesa y de impresión rápida de prototipos en 3D, las nanofactorías nos ofrecerán fabricación personalizada de sobremesa. Seremos capaces de construir lo que deseemos, incluyendo cosas que todavía no existen, desde cero. Y si podemos hacer cualquier cosa, átomo a átomo, molécula a molécula, entonces podemos hacer copias exactas de cosas que existen, incluyendo máquinas que copian a otras máquinas, y nanofactorías que construyen otras nanofactorías más sofisticadas. Es esta posibilidad de producción exponencial lo que hace atractiva la fabricación molecular. Sería preciso y barato. Las primeras nanofactorías serán caras, pero la caída de los precios surgirá rápidamente a medida que las máquinas se autorepliquen. Una máquina hace una copia de sí

1 nanotechweb.org/articles/news/3/3/14

2 www.mb.tn.tudelft.nl/vandenheuvel-2006-science.pdf

3 msnbc.msn.com/id/13463422/

4 cr.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=ARTCL&ARTICLE_ID=246107&VERSION_NUM=2&p=15



Productive nanosystems, from molecules to superproducts
2006, 4'55"
Lizard Fire Studios
(www.workoutcompanion.com/nanofactory-final_1.1_640.mov)

misma, esas dos construyen otras dos, esas cuatro cuatro más, etc.

Como mencioné, la nanotecnología puede interpretarse como la aplicación de la ciencia a técnicas de construcción a pequeña escala. Naturalmente, la técnica de construcción es fundamental en la práctica y el estudio de la arquitectura. Es una actividad que se ha acelerado durante la revolución industrial, la llegada de la electricidad, la era mecánica, la era espacial, y la sociedad de la información. La nanotecnología dejará su propia huella en la arquitectura de nuestro tiempo alterando nuestras tecnologías y técnicas en su esencia. A medida que la ciencia y la ingeniería nanoescalar avancen hasta lograr el claro objetivo del control total sobre la materia, los recursos de la arquitectura se transformarán completamente. Es imposible predecir cuán radical será esta transformación una vez que se sea viable la construcción molecular, sin embargo creo que será rápida, amplia e irrevocable.

Una vez conocí a un académico que hacía hincapié en que los arquitectos debían volver al origen de su inspiración: ¡la Arquitectura Griega! La masa es una manifestación de la energía. Ésa es la fuente.



Sobre el autor

Peter Yeadon es un arquitecto reconocido como experto en tecnologías emergentes y avanzadas. Yeadon vive en la ciudad de Nueva York y enseña en la escuela de diseño de Rhode Island. Una selección de sus trabajos puede verse en www.yeadon.net

Sobre el ilustrador de la portada

Tim Redfern —electronics.org— crea videoarte, instalaciones y visuales usando imagen digital, electrónica y programación. La imagen de la portada usa un algoritmo que dibuja líneas para recrear los tonos de una fotografía. Las líneas individuales tienen muy poca conciencia de la imagen completa y suelen vagar de forma aleatoria por distintas zonas de la imagen, pero la imagen original surge, estadísticamente, cuando se dibujan una gran cantidad de líneas.