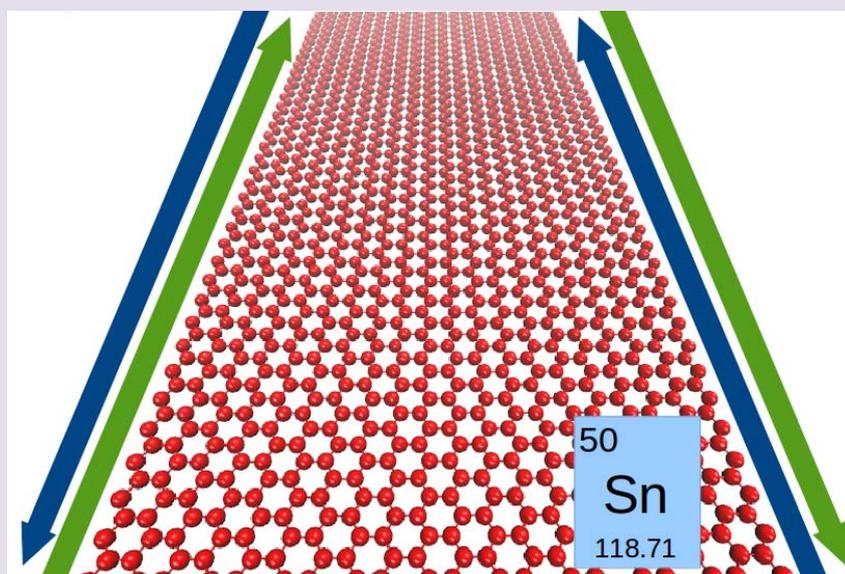


*Industria informática*

## Estaneno, ¿la revolución que se viene?

Desde el inicio de los tiempos, los materiales fueron de suma importancia para los seres humanos: con ellos, se fabrican las herramientas. Hace poco, un grupo de físicos teóricos, anunció un nuevo material que tendría las propiedades necesarias para revolucionar la industria de los microprocesadores: **el estaneno**. Una lámina de estaño de un átomo de espesor, con capacidad de mantener la conductividad a temperatura ambiente. Sus creadores sueñan con que pueda reemplazar completamente al silicio en los circuitos integrados y sea utilizado como cable. ¿Se viene un nuevo nombre para nuestra era?



Esquema de cinta de estaneno y su conducción electrónica. Estructura: Visual Molecular Dynamics (VMD). Créditos JOA.

Por **Jimena Olmos Asar**  
[jimenaolmos@gmail.com](mailto:jimenaolmos@gmail.com)

Desde el inicio de los tiempos, los materiales fueron de suma importancia para los seres humanos: con ellos fabrican sus herramientas. A tal punto llega su relevancia, que por los materiales se llegó a nombrar eras enteras: la de piedra, la de bronce, la de hierro. Incluso hoy, muchos sostienen que atravesamos la "era del silicio", porque es el componente principal de los circuitos informáticos. Quizá, una nueva era esté llegando.

Uno de los mayores inventos del siglo XX fue, sin duda, el transistor. Se trata, en términos simples, de un botón de encendido y apagado, capaz de permitir o interrumpir el paso de la electricidad. Su importancia es vital: sin él no existirían los celulares, las *tablets*, ni las computadoras.

¿Por qué los transistores son tan importantes? Los ordenadores hablan en lenguaje binario, compuesto de ceros y unos. Esto se debe a que cada transistor en su interior puede estar prendido y eso es considerado como un uno, o puede estar apagado y representar un cero. De esta forma, tener muchos transistores interconectados permite realizar un gran número de combinaciones y, en consecuencia, manejar una gran cantidad de información. Y cuantos más datos puede manejar un dispositivo, mayor es su potencia.

Hace medio siglo, Gordon Moore -un químico, cofundador de Intel- observó que la cantidad de transistores dentro de un chip se duplicaba cada dos años y predijo que la tecnología seguiría avanzando en el futuro con la misma tendencia. Esta proyección se conoce como "Ley de Moore" y aunque se ha venido manteniendo hasta hace poco, muchos proclaman que estaría llegando a su ocaso: el número de transistores por circuito integrado llegaría a un límite, con enormes consecuencias tecnológicas y económicas.

¿Por qué no es posible aumentar indefinidamente la cantidad de transistores en un chip? En la década del '60, las computadoras eran de gran tamaño, ocupando salas enteras, y tenían algunos transistores, tan grandes que podían ser vistos a simple vista. Hoy, gracias a la miniaturización, una notebook es capaz de albergar en su interior billones de estos interruptores, que apenas miden entre 15 y 20 nanómetros -en un milímetro cabe un millón de nanómetros-.

### ¿Cuánto más pequeños los podemos fabricar?

Otro limitante del número máximo de transistores es el calor que generan durante su funcionamiento debido a la resistencia eléctrica. Si pusiéramos demasiados podríamos, literalmente, fundir la computadora. Pero cuando parecen quedar pocas esperanzas para la Ley de Moore, nuevos materiales acuden al rescate.



*El funcionamiento de muchos de los dispositivos electrónicos que utilizamos diariamente depende de la existencia de los transistores. (Foto: Gentileza [www.nature.com](http://www.nature.com))*

Actualmente, se está proponiendo reemplazar el silicio por materiales más conductores y que disipen menos calor mientras funcionan. Una opción que promete es utilizar grafeno, que consiste en una lámina de carbono de sólo un átomo de espesor, con propiedades eléctricas muy interesantes. Siendo tan delgado, se dice que el grafeno es un material 2D -de dos dimensiones-.

Hace poco más de un año un grupo de físicos teóricos, anuncio un nuevo material que tendría las propiedades necesarias para revolucionar la industria de los microprocesadores: el estaneno. Se trata de una lámina de estaño de tan sólo un átomo de espesor y con configuración hexagonal, como las celdas de un panel de abejas, similar a la estructura del grafeno -del cual deriva el sufijo de su nombre-. Aunque el material no ha sido sintetizado aún en el laboratorio, los cálculos de primeros principios realizados por el grupo, analizando la estructura y comportamiento electrónico del mismo, prevén que podría ser muy prometedor.

El estaneno es un ejemplo de lo que se conoce como aislante topológico: su interior se comporta como aislante y no conduce la electricidad, pero su superficie y bordes sí lo hacen, gracias a complejas interacciones entre los electrones y los núcleos pesados de los átomos.

Cuando el aislante topológico tiene sólo un átomo de espesor, el movimiento de los electrones queda restringido sólo a los bordes, viajando en una zona unidimensional -1D-. Y al tener un único camino por donde moverse se elimina todo tipo de interferencias, choques y disipación. Gracias a eso, la conducción de la electricidad puede ocurrir con una eficiencia del cien por ciento.

La mayoría de los materiales superconductores y los aislantes topológicos conocidos trabajan a temperaturas muy bajas, cercanas al "cero absoluto" -unos 273 °C bajo cero-, lo que dificulta su utilización en la industria informática. Lo que hace tan especial al estaneno es su capacidad de mantener su conductividad incluso a temperatura ambiente. Es más, si se lo "decora" con algunos átomos de flúor, la conductividad perfecta podría extenderse hasta temperaturas cercanas a los 100 °C, lo que posibilitaría su utilización a la temperatura en la que operan normalmente las computadoras.

Una de las primeras aplicaciones del estaneno podría ser como cable para conectar las distintas partes de los microprocesadores. Los electrones viajarían a través de los bordes de cintas de estaneno sin resistencia y a alta velocidad.

Las ventajas serían múltiples: rápida conducción, menos calor generado y menos potencia necesaria para el funcionamiento de los dispositivos. Claro que todavía se producirían ciertas "demoras" en las zonas donde el estaneno se conecta a conductores comunes. En estas zonas, se produce la unión de materiales 2D (con conducción 1D) y 3D, los cuales presentan comportamientos electrónicos muy diferentes. Los electrones viajando a alta velocidad en una dimensión se encontrarían de repente con varios caminos posibles y un aumento de la resistencia, lo cual disminuiría indefectiblemente su velocidad y así, la eficiencia de la conducción.

Lo cierto es que por ahora el estaneno sólo existe en el mundo "virtual". Hace falta que experimentos -ya puestos en marcha en distintas partes del mundo-, confirmen sus propiedades. Pero quienes lo descubrieron teóricamente tienen mucha confianza en que así será. Y tienen fundamentos: hasta ahora, todos los aislantes topológicos predichos con

simulaciones computacionales fueron confirmados experimentalmente. Creen que el estaneno no será la excepción.

Manejar la materia a escala tan pequeña no es simple. El desafío consiste en crear una lámina de estaño de sólo un átomo de espesor que no tenga defectos en un área bastante grande -grande, claro, comparada con el tamaño de los átomos de estaño- y que sea estable, incluso a las altas temperaturas a las cuales se fabrican los chips.

Hasta hace poco tiempo, los materiales eran hallados de manera experimental, muchas veces de casualidad. Lo fantástico del descubrimiento de los últimos aislantes topológicos es que, primero, fueron imaginados, planeados y creados por los científicos en la computadora para que tuvieran las propiedades necesarias. Y sólo luego de eso, se pasó al laboratorio para sintetizarlos. Esto representa, además, grandes ventajas económicas para el sector industrial, que no debe invertir en costosos experimentos que tal vez no arrojen los resultados esperados.

Los creadores del estaneno ya están soñando con que, algún día, este material no sólo sea utilizado como cable, sino que pueda reemplazar completamente al silicio en los circuitos integrados. Si los nuevos materiales comienzan a formar parte importante en el mundo de la informática, entonces tal vez haya que ir buscando un nuevo nombre para nuestra era.

## El Protagonista



Foto: Brad Plummer/SLAC

**Lo que hace tan especial al estaneno** es su capacidad de mantener su conductividad, incluso a temperatura ambiente. Es más, si se lo "decora" con algunos átomos de flúor, la conductividad perfecta podría extenderse hasta temperaturas cercanas a los 100 °C, lo que posibilitaría su utilización a la temperatura en la que operan normalmente las computadoras.

## ¡Último momento!

**El estaneno ha sido sintetizado con éxito**, informaron científicos\* a Revista Nature, que trabajaron en conjunto en China y Estados Unidos. Aunque aún no se han confirmado experimentalmente todas sus interesantes propiedades, se trata de un paso importante en el estudio y desarrollo del aislante topológico. El artículo fue publicado en Nature, una de las revistas científicas con mayor índice de impacto en el área.

---

### Referencias:

"Large-gap quantum spin hall insulators in tin films" - Y. Xu, B. Yan, H-J.Zhang, J. Wang, G. Xu, P. Tang, W. Duan, S-C.Zhang; *Phys. Rev. Lett.* **111** (2013) 136804.

"Elemental analogues of graphene: silicene, germanene, stanene, and phosphorene" - S. Balendhran, S. Walia, H. Nili, S. Sriram, M. Bhaskaran; *Small* **11** (2015) 640.

\*F-F. Zhu, W-J. Chen, Y. Xu, C-L. Gao, D-D. Guan, C-H. Liu, D. Qian, S-C. Zhang, J-F. Jia; *Nature Materials* **14** (2015) 1020.