



NANOTECNOLOGÍA Y METAMATERIALES EN LA DEFENSA NAVAL

Sebastiano Milesi Sebastián*

En las áreas de la ciencia y de la tecnología la Armada de Chile se encuentra desarrollando una serie de iniciativas en forma independiente o en conjunto con instituciones de las áreas de desarrollo científico y tecnológico con el desafío de incorporar nanomateriales para uso en unidades navales, con el propósito de reducir huellas electromagnéticas y acústicas, además de aumentar la resistencia/persistencia en escenarios lejanos y la supervivencia en ambientes demandantes.

- Introducción.

El origen de la Nanociencia se atribuye al físico norteamericano Richard Phillips Feynman (1918–1988; Premio Nobel de Física en 1965), al haber planteado la posibilidad de realizar investigaciones científicas a nivel molecular y atómico el año 1959. Quince años después Norio Taniguchi, de la Science University de Tokyo, introdujo el término Nanotecnología, refiriéndose a aquella disciplina tecnológica necesaria para poder fabricar objetos o dispositivos con dimensiones nanométricas.

Se define la Nanotecnología como el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala, cuyo propósito es crear nuevas estructuras y productos que tendrían un gran impacto en la industria, en la defensa y en la medicina, entre otras disciplinas.

La nanotecnología se está convirtiendo en una nueva revolución industrial durante el presente siglo XXI, lo que supondrá numerosos avances para muchas industrias y nuevos materiales con propiedades extraordinarias, nuevas aplicaciones

informáticas con componentes increíblemente más rápidos y sensores moleculares. Se puede afirmar que los muchos progresos de la Nanociencia estarán entre los grandes avances tecnológicos que cambiarán la tradicional cultura industrial del mundo.

La evolución de la nanotecnología podría ser la causa de una nueva carrera de armamentos. La producción de armas y aparatos de espionaje podría tener un costo mucho más bajo que el actual siendo –además– los productos más pequeños, potentes y numerosos. Esta producción más económica y la duplicidad de diseños puede llevar a grandes cambios en la Economía. La nanotecnología molecular está permitiendo realizar la fabricación y prototipos de una gran variedad de productos muy potentes. El arribo repentino de la fabricación molecular no debe coger desprevenida a la actual sociedad, sin el tiempo adecuado para ajustarse a sus implicaciones. Se hace imprescindible estar preparados para la evolución de este cambio.

Para sus estudios, la Nanociencia ha creado nuevas medidas de longitud como es el caso del nanómetro <nm> que equivale a una milmillonésima parte de un metro. Comúnmente se utiliza para

* Ingeniero Comercial-Economista. Docente de Educación Superior. Consultor en Innovación Tecnológica, Competitividad y Emprendimiento. Miembro de la Liga Marítima de Chile y de la Corporación del Patrimonio Marítimo de Chile.

medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz. La nanoescala abarca el nivel atómico y molecular, por ello las propiedades a nivel macroscópico son muy diferentes. Si se toma como ejemplo el oro, para la visión humana es de color amarillo, brillante y metálico; sin embargo, a nivel molecular las partículas de oro presentan un color rojo.

Con la aplicación de la Nanotecnología se han desarrollado los Metamateriales que poseen propiedades físicas distintas a las de sus constituyentes y que se fabrican con técnicas de Nanoingeniería, que no se obtienen en forma natural. Se trata de materiales inteligentes que pueden replicarse y repararse a sí mismos y también a autodestruirse, si fuese necesario. Entre estos materiales inteligentes se encuentran músculos artificiales y materiales que perciben sus propias fracturas.

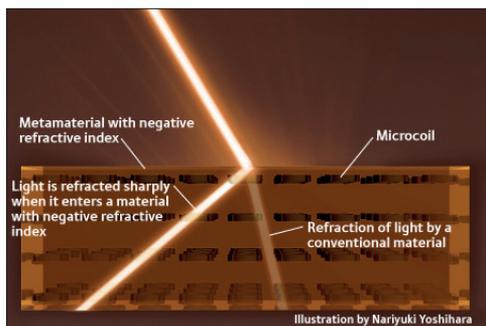


Figura 1: Metamaterial con índice de refracción negativo.

Los metamateriales son cuerpos artificiales cuya estructura les otorga propiedades electromagnéticas fuera de lo común, como lo es un índice de refracción negativo, lo que permite crear capas capaces que la luz rodee un objeto, volviéndolo invisible. En un metamaterial se produce un cambio en su estructura interna que hace cambiar sus propiedades y lo dota de otras –propiedades– que no se encuentran en la naturaleza.

La figura 2 muestra que el metamaterial hace que las ondas “den un rodeo”, con lo que en ningún momento entran en contacto con el objeto central (el círculo rojo), de manera que éste resulta invisible.

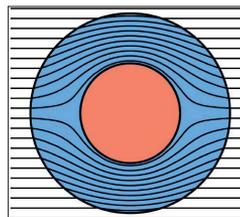


Figura 2: Cuando las ondas (líneas negras) entran en el metamaterial (anillo azul) desvían su trayectoria rodeando la zona central (el círculo rojo).

Para comprender el fenómeno, hay que imaginar una piedra plana en una corriente de agua que fluye y que pasa por ambos lados de la piedra para juntarse nuevamente una vez que se supera el obstáculo. Si un observador se coloca tan solo a unos metros después del paso del agua por ambos lados de la piedra, no percibirá que antes había una piedra. Lo mismo se logra con la luz: si ésta rodea un objeto y regresa a su camino original, un observador no percibe la perturbación ni sabría que había un obstáculo, aunque la luz no se comporta de igual manera que el agua.

En laboratorios de experimentación se ha construido un anillo formado por quince cilindros concéntricos con un diámetro de 13,5 milímetros en su parte más interna y 54,1 milímetros en su parte más externa. Cada cilindro contiene un conjunto de cavidades e inductores sónicos, de la misma forma como se hace en los metamateriales electromagnéticos, lo que le da las propiedades necesarias para la invisibilidad.

Para probar el dispositivo, se colocó un objeto en el centro y después se dispararon ondas de sonido, que eran captadas por un micrófono situado detrás del anillo. Se pudo comprobar que el objeto era invisible para las frecuencias de sonido entre los 52 y los 64.000 hercios. Lo más llamativo de este experimento es la amplitud de banda del dispositivo. Los metamateriales electromagnéticos sólo trabajan de forma óptima con unos rangos muy pequeños de frecuencias, esto se debe a las restricciones en la variabilidad de la velocidad de luz al

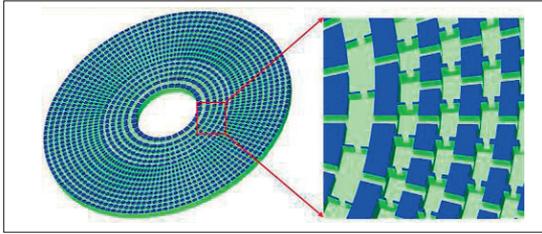


Figura 3: Capa de invisibilidad sónica.

ser refractada, restricciones que el sonido no tiene. Esta investigación demuestra que es posible fabricar metamateriales sónicos en forma simple y a bajo costo.

En este experimento se ha utilizado un anillo de 54 milímetros para ocultar un objeto de 13 milímetros. Si se extrapola esta cifra al tamaño de un submarino se obtiene una capa de invisibilidad demasiado grande como para resultar práctica.

Los metamateriales se utilizan para hacer que ciertos objetos sean invisibles a corta distancia, tanto para el ojo humano como para las cámaras de infrarrojos, una tecnología de gran interés en el ámbito militar, tal como el recubrimiento de misiles para hacerlos invisibles a los radares, tecnología que puede aplicarse en submarinos y en aviones de combate. La nanofabricación de estructuras de silicio como soporte para el desarrollo de la nanotecnología y nanociencia y de productos innovadores basados en tecnología fotónica, se hallan dirigidos hacia sectores de defensa y seguridad, aeronavegación y satélites de comunicaciones.

Los altavoces fabricados de láminas de nanotubos de carbono pueden generar sonidos y cancelar el ruido (propiedades ideales para la navegación por sonar de un submarino) para sondear profundidades oceánicas y hacerse invisible a naves enemigas. Las películas delgadas de los nanotubos pueden generar ondas de sonido a través de un efecto termoacústico; cada vez que un impulso eléctrico pasa a través de la capa microscópica de los nanotubos de carbono, el aire a su alrededor se calienta y crea una onda de sonido. Se ha

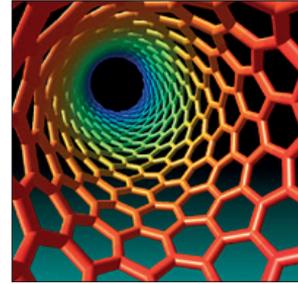


Figura 4: Los nanotubos de carbono consisten en un ordenamiento especial de los átomos de carbono que pueden soportar altas densidades de corriente eléctrica.

comprobado que las hojas de nanotubos producen un tipo de ondas de sonido de baja frecuencia que permiten a un sonar determinar la ubicación, la profundidad y la velocidad de cuerpos bajo el agua. Igualmente, se verificó que los altavoces se pueden ajustar a frecuencias específicas para ocultar ruidos (como el sonido de un submarino inmerso y en movimiento).

Existen evidencias del desarrollo de diodos láser de alta potencia que se utilizan para la detección de explosivos y en las comunicaciones aire/tierra con aeronaves y otras técnicas para detección y localización de misiles y blancos móviles.

- Metamateriales en la protección de las costas.

La protección contra los ascensos del nivel del mar cobra cada vez más importancia, dado que éstos se están acelerando por el cambio climático y, por otro lado, los sistemas de defensa contra los tsunamis deben resistir grandes fuerzas y existe el permanente peligro que, estos sistemas, sean desbordados por el agua y que ésta penetre en sus estructuras, causando inmensos daños.

Los científicos de tres universidades europeas han trabajado en un novedoso sistema que podría reducir el riesgo que las olas penetren en las costas en caso de tsunamis. Se trata de dispositivos realizados con metamateriales que permitirían que las protecciones costeras se tornen "invisibles", guiando el agua hacia zonas que no pueda hacer daño.

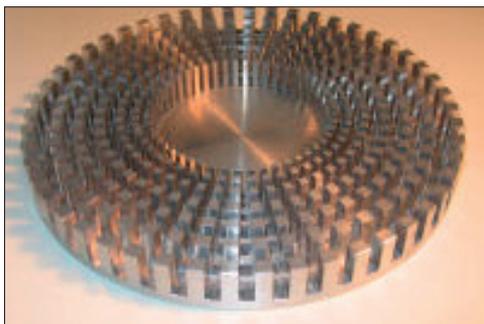


Figura 5: Estructura cilíndrica de metamaterial que guía las olas hacia adentro.

Los científicos consiguieron que una estructura cilíndrica fabricada con metamaterial flexione la superficie de las olas. El dispositivo está compuesto por una serie de pilares rígidos que, a una mayor escala, ayudarían a guiar el agua a través de corredores concéntricos (figura 5). Estos pilares interactúan con el agua, guiándola hacia un destino particular, "invisible" para el líquido de tal manera que las olas no los reconocerían como obstáculo, empujándolas en diferentes direcciones a través de corredores e incrementando su velocidad a medida que el fluido se acerca al centro de la estructura. En este proceso, las olas no llegan a romperse y salen de la estructura como si nunca hubiesen sido perturbadas.

- **Nanotecnología en el Combatiente del Futuro.**

Existen evidencias de desarrollo y explotación de la nanotecnología con el objetivo de crear una protección al combatiente que combine tecnología de alta capacidad con el fin de mejorar la supervivencia de los combatientes, a través de una vestimenta que reaccione inmediatamente a agentes biológicos y/o químicos y que monitoree la salud del individuo y, con ello, hacerlo menos vulnerable a las amenazas del enemigo y ambientales dentro de un escenario de combate. La idea es crear un "combatiente sistema", para conseguir un gran potencial concentrado en un solo hombre. Con el uso de prótesis neuronales y nanodrogas que

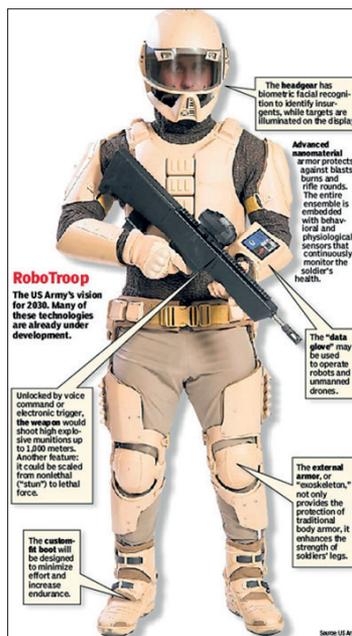


Figura 6: Combatiente con "armadura" nanotecnológica.

estimulen su capacidad cognitiva y, con ello, aumente su eficiencia y rendimiento.

- **Metamateriales en la Defensa.**

Investigaciones recientes han desarrollado un recubrimiento capaz de ocultar la materia, de tal manera que la luz u otra radiación pasen, aparentemente, a través de ella, como si no existiese nada interponiéndose y este recubrimiento (o manto) puede tener enormes aplicaciones en técnicas de defensa naval o militar. Este recubrimiento, fabricado de metamateriales, puede esconder cualquier objeto cuya presencia pasa absolutamente inadvertida para terceros observadores. El manto actúa como si se hubiera abierto un agujero en el espacio, de tal modo que toda luz y cualquier otra onda electromagnética, incidiendo en el área recubierta por el manto, son guiadas por el metamaterial para emerger por otro lado, de igual modo que si hubieran atravesado un volumen vacío en el espacio. Las ondas electromagnéticas rodean el objeto ocultándolo dentro del metamaterial y enseguida siguen su curso normal, de igual manera como lo hace una corriente de agua al topar con una piedra lisa.

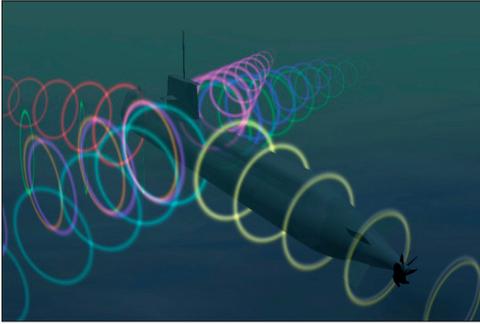


Figura 7: Submarino con escudo protector.

Para lograr la invisibilidad, el recubrimiento (o manto) curva el rayo de luz y evita que se refleje en el objeto. Es un fenómeno similar a cuando se conduce un automóvil por la carretera y el asfalto parece que ondea como el agua. Eso ocurre porque el rayo de luz se va curvando a medida que atraviesa la capa de aire por encima de la carretera. Justo encima del asfalto la densidad del aire es menor por el calor, lo que provoca un cambio en el índice de refracción y así sucesivamente hacia arriba. Una estructura, así, con un índice de refracción que varía por capas sucesivas es, en definitiva, un metamaterial natural. De esta manera, se pueden crear metamateriales artificiales controlando la variación del índice de refracción a lo largo de la estructura.

En un radar tradicional, un emisor emite radiación que es reflejada por los objetos que se quieren identificar como, por ejemplo, un avión. La reflexión se puede evitar

oscureciendo el avión a la radiación. Sin embargo, debido al fondo de radiación artificial que existe por la multitud de aparatos que se utilizan (teléfonos móviles, por ejemplo), el avión deja una sombra que se puede detectar. Con un manto de invisibilidad se sortearía este problema; con el empleo de metamateriales, una capa acústica puede servir como escudo de protección, evitando el ingreso de vibraciones, sonidos y ondas creando un escudo que permita hacer invisible los submarinos al sonar u otras ondas ultrasónicas.



Figura 8: AP 46 "Almirante Óscar Viel".

Con el apoyo del rompehielos de la Armada de Chile, "Almirante Óscar Viel", durante la cuadragésima octava expedición científica antártica, en enero del año 2012, un equipo científico de tres universidades chilenas investigó bacterias resistentes a los metales pesados, como el cadmio, que permitirían ser utilizadas para sintetizar nanopartículas metálicas fluorescentes aplicables en la industria energética solar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Caloz, C. C. Chang, y T. Itoh. "Full-wave verification of the fundamental properties of left-handed materials in waveguide configurations" publicado en el Journal of Applied Physics, vol. 90, N° 11, 2001.
2. European Defence Agency. "European Defence Research & Technology Strategy", 2008.
3. FECYT, "Nanociencia y nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro". Madrid, España, 2009.
4. Singh Naiwa. Hari. "Enciclopedia de nanociencia y nanotecnología". Ed. American scientific publisher, 2011.
5. Takeuchi, Noboru. "Nanociencia y Nanotecnología" Ed. Fondo de Cultura Económica F.C.E. Méjico, 2010.