NANOTECNOLOGÍA Y LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Posted on 4 febrero, 2020 by Amelia Olivas Sarabia y Enrique C. Sámano Tirado

Category: Ciencia

Fotografía: Proyecto de vehículo de nano celulosa “Coche futurista hecho de madera” en la exposición TOKYO MOTOR SHOW 2019. Nanofibras de celulosa se utilizan para este vehículo. TOKIO, JAPÓN - 1 DE NOVIEMBRE DE 2019.

Resumen

Aun siendo reciente su utilización, las aplicaciones de la nanotecnología en la industria automotriz son diversas. Van desde la construcción de automóviles más ligeros, ahorro de combustible en motores de combustión interna, o diseño de baterías eficientes en caso de ser eléctricos; en sistemas para reducción de contaminantes, sensores electrónicos, armazón anticorrosivo, pintura contra la abrasión, etc. Este artículo tiene la finalidad de introducir al lector en el campo de la nanotecnología, en particular de los nanomateriales, explicando el comportamiento de la materia a escala nanométrica y su uso en el autotransporte.

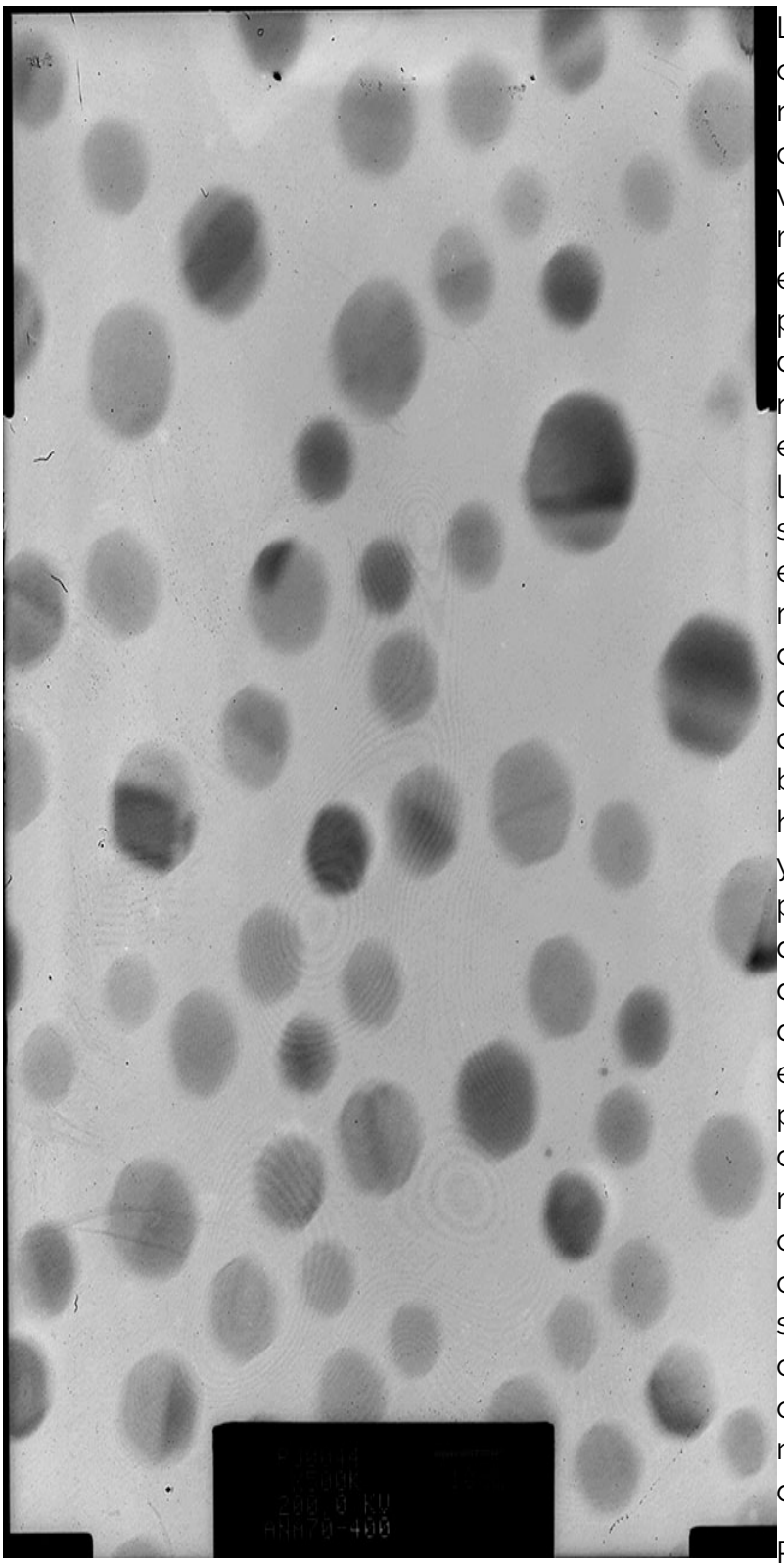
La humanidad siempre se ha maravillado con los diversos fenómenos naturales que ocurren a su alrededor. Así mismo, se ha preguntado por qué, cómo y cuándo suceden. Esto, a su vez, conduce a una comprensión de su entorno, o lo que ahora llamamos Ciencia. Gracias al pragmatismo y creatividad innatos de la mente humana, esta noción adquirida de la Naturaleza lo llevó a su adaptación práctica en la solución de problemas de la vida diaria, o lo que ahora llamamos Tecnología. Hasta hace algunos años, la Ciencia y la Tecnología se limitaban a lo que la humanidad captaba y conocía a través de sus sentidos, o incluso por medio de una lupa o microscopio. Este "mundo" se encuentra entre las escalas macroscópica y microscópica, o escala humana. Nanociencia y nanotecnología se refieren generalmente al "mundo fenomenológico" a escala nanométrica; aquel que el hombre no percibe de manera directa, ni aún con el uso de instrumentos ópticos. A éste pertenecen las nanopartículas y nanomateriales que son tan mencionados en los medios de información actuales .

> *La humanidad siempre se ha maravillado con los diversos fenómenos naturales que ocurren a su alrededor.*

Para tener una idea de la escala nanométrica, tomemos como referencia una casa convencional con tamaño aproximado de 10 metros. Si la casa se reduce 100 000 veces su tamaño original, tendría un tamaño aproximadamente igual al grosor de un cabello humano, 100 micras. Ahora bien, si el grosor de un cabello también se reduce 100 000 veces, tendría un grosor de 1 nanómetro que es la escala de uno de los nanomateriales más importantes y conocidos actualmente, el nanotubo de carbono . En resumen, la nanociencia es el estudio e investigación de nuevas propiedades y comportamiento de la materia que ocurren en escala nanométrica, y la nanotecnología es el desarrollo de métodos para usar y maniobrar materiales y partículas que conduzcan a la fabricación de nanoaparatos o nanodispositivos con un fin específico. Para continuar aclararemos qué son los nanomateriales y las nanopartículas comenzando por estas últimas.

Tomando en cuenta que partícula es un fragmento diminuto o porción muy pequeña de materia, sin especificar la escala, entonces las nanopartículas son cuerpos cuyo tamaño se encuentra en el rango de 1 a 100 nanómetros . Las nanopartículas se caracterizan porque el área de la superficie que encierra su cuerpo es más grande que materiales más grandes con volumen semejante, lo que no ocurre en otra escala . Esto significa que una mayor superficie de las nanopartículas es disponible para interaccionar con los materiales que las rodean. De manera semejante a la definición de nanopartículas, los nanomateriales son objetos a escala nanométrica, donde el tamaño de los bloques de construcción individuales que lo conforman están en entre 1 y 100 nanómetros, al menos en una de sus dimensiones. Los materiales en la nanoescala pueden tener propiedades

diferentes a aquellos en la macroescala. Por ejemplo, algunos de ellos se convierten en mejores conductores eléctricos o de calor; algunos son más duros y resistentes al desgaste, otros pueden reflejar mejor la luz o, incluso, “cambian” de color al variar su tamaño .



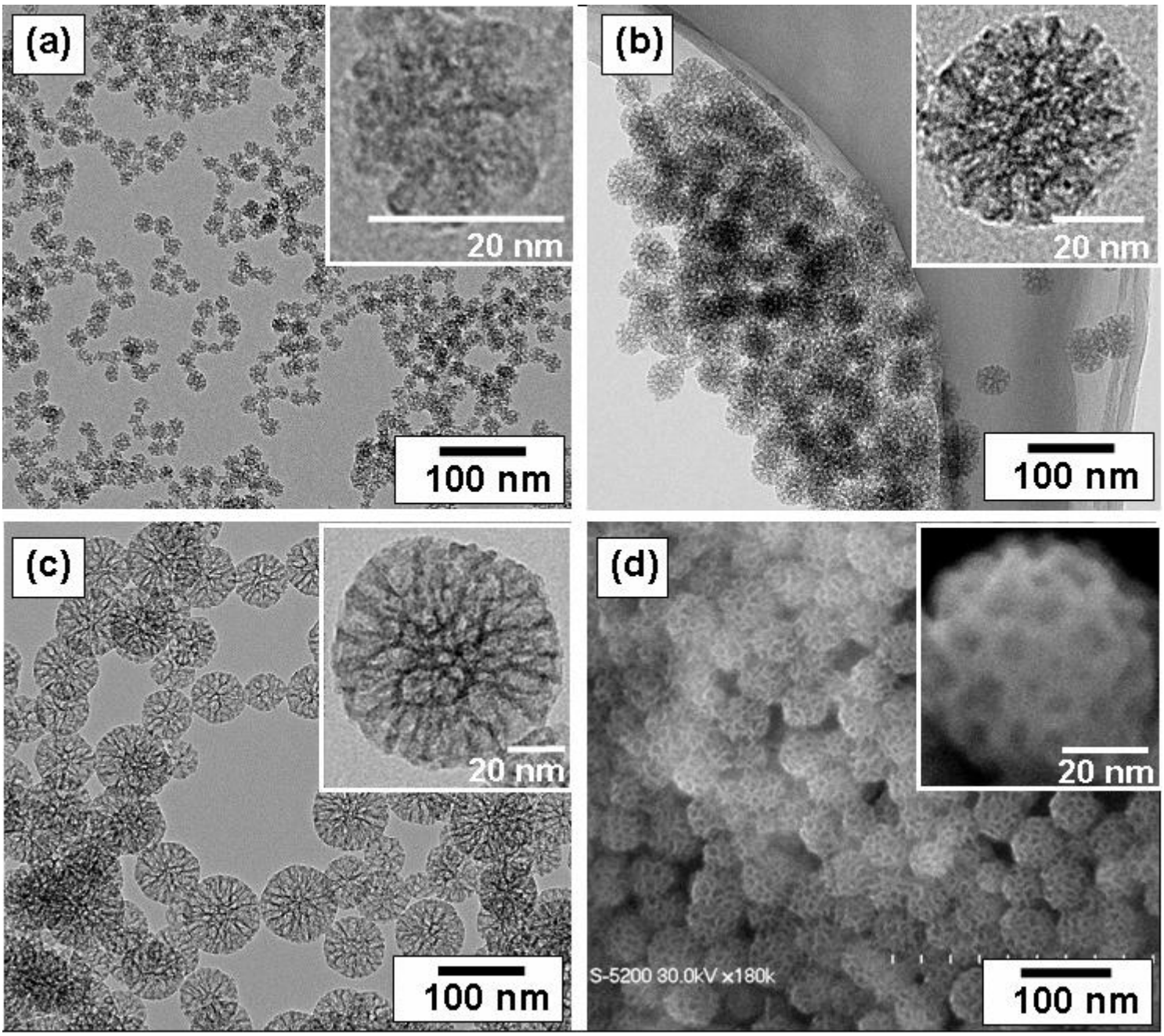
Nanopartículas de plata vistas con microscopio electrónico de transmisión.

La química y la física son disciplinas que han contribuido significativamente en el avance de nanomateriales y nanopartículas, tanto en ciencia básica como en aplicaciones, que a su vez llevan a la creación de productos nuevos o mejora de los ya existentes. Estas dos áreas están estrechamente relacionadas, ya que la primera permite la exploración y optimización de rutas de síntesis para la creación de nanomateriales y nanopartículas con nuevas estructuras, mientras que la segunda trata de la interacción de éstos con energía y materia a su alrededor para lograr propiedades extraordinarias . Un ejemplo son las nanopartículas de oro y plata, ya que al menos desde el siglo X se han utilizado tanto en cerámica como en vitrales para la obtención de una gran diversidad de colores y tonos brillantes sin que el artesano lo supiera . Al hombre le tomó más de 10 siglos comprender y controlar la nucleación de átomos de oro y plata en suspensión coloidal para la obtención de nanopartículas con diámetros que van desde 1 hasta 250 nanómetros . La invención y desarrollo de nuevos microscopios electrónicos y equipo científico de alta precisión hicieron posible monitorear y controlar el tamaño y forma de las nanopartículas sintetizadas, lo que a su vez condujo al estudio de la absorción de luz y conversión en calor para eliminar de manera selectiva células cancerosas sin efectos colaterales para el caso de nanopartículas de oro, y efecto microbicida para las nanopartículas de plata, por mencionar un par de ejemplos.

Proyectándonos hacia el futuro, la nanotecnología se podría expandir de manera

favorable al preferir la técnica de amplificación, sobre la de miniaturización, con la finalidad de manufacturar nanoproductos. Esto se debe a que algunas moléculas pueden agruparse, enlazarse químicamente y auto-ensamblarse en estructuras ordenadas bajo las condiciones adecuadas de síntesis y medio que las rodea. Esto es ecológicamente conveniente para el desarrollo sustentable del ser humano, ya que se reducirían los desperdicios producidos en los actuales procesos de fabricación que usan las técnicas de miniaturización. En particular, la eliminación de excedentes tóxicos generados durante el proceso de manufactura en la industria electrónica, que se basa en la técnica de la miniaturización, que causa actualmente un grave impacto en el medio ambiente. Hoy en día, científicos, tecnólogos y empresarios están en la búsqueda permanente de nuevas formas de usar la nanotecnología para disminuir el daño a nuestro planeta aprovechando de forma eficiente los recursos naturales disponibles y económicamente benéficos al considerar la relación costo-beneficio en la producción.

La experiencia adquirida en la investigación y aplicación de nanomateriales en los últimos 20 años ha hecho que tanto científicos como ingenieros en nanotecnología se hayan vuelto habilidosos e ingeniosos en sus usos. Gracias a este entendimiento adquirido en las complejidades de los objetos en la nanoescala, los investigadores tienen ahora una idea más clara de cómo crear nanomateriales con propiedades nunca antes imaginadas. La trascendencia que tiene la elaboración de nuevos productos hechos con nanomateriales se observa en su disponibilidad actual en el mercado. Por ejemplo, vendajes antibacteriales para disminuir o eliminar infecciones en heridas, cremas bloqueadoras que contienen nanopartículas para prevenir quemaduras solares, aparatos electrónicos (teléfonos celulares, laptops, etc.) con circuitos integrados conteniendo transistores a escala nanométrica, recubrimientos que eviten las ralladuras en pinturas y eliminen el resplandor en vidrios y espejos en autos, etc. .

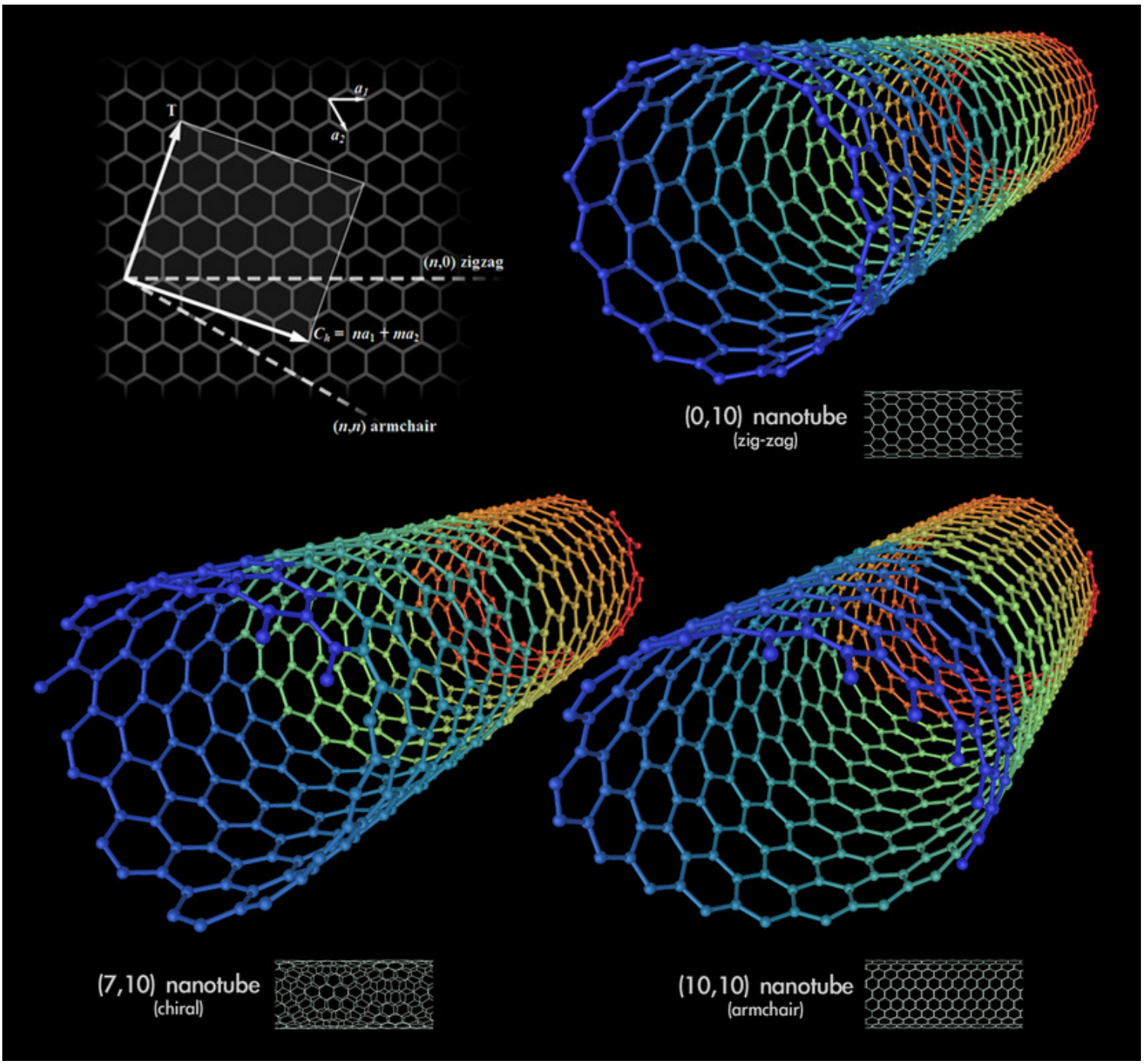


Imágenes TEM (a, byc) de nanopartículas de sílice mesoporosas preparadas con diámetro exterior medio: (a) 20 nm, (b) 45 nm; y (c) 80 nm. Imagen SEM (d) correspondiente a (b). Las inserciones son una gran ampliación de partículas de sílice mesoporosa.

La movilidad individual y colectiva es una de las necesidades y preocupaciones básicas del ser humano, sobre todo en los grandes asentamientos urbanos. El desplazamiento de considerables distancias en el menor tiempo posible en un transporte seguro, eficiente, cómodo y sostenible es una preocupación latente en nuestra sociedad. De ahí que cuestiones concernientes a la protección

de los pasajeros, sistemas de guía de tráfico “inteligentes”, reducción de contaminantes, consumo racional de combustible, estado óptimo en general del vehículo y reciclaje eficiente al final de la cadena de uso buscando el ahorro de materiales escasos, se han vuelto urgentes . En particular, la importancia de la aplicación de la nanotecnología en el sector automotriz radica en crear nanomateriales novedosos que usen materias primas abundantes en el planeta y/o reciclables que, a su vez, garanticen bajos costos en la producción de automóviles de alta calidad y eficiencia .

Separando a los automóviles en autónomos y no-autónomos o tradicionales, las aplicaciones que se tratan aquí se enfocan en la industria automotriz tradicional. Esto no significa que las aplicaciones de la nanotecnología en vehículos autónomos no sean relevantes o interesantes; por el contrario, estos medios de transporte son el futuro de esta industria. Así mismo, los automóviles tradicionales son aquellos con motores de combustión interna, por lo que tampoco se trata aquí a los vehículos eléctricos e híbridos. Aunque las aplicaciones de la nanotecnología en vehículos tradicionales usualmente también son adaptables a los autónomos, pero no necesariamente a la inversa. Los científicos e ingenieros en nuestros días constantemente buscan nanomateriales que posean propiedades únicas y/o optimizadas, tales como baja densidad pero gran resistencia al desgaste mecánico y durabilidad, alta hidrofobicidad, aumento en el control del espectro de luz solar, mayor o menor reactividad química específica como en convertidores catalíticos o recubrimientos anticorrosivos, etc. . Por supuesto que es imposible que exista un tipo de material que reúna todas estas cualidades, de aquí que trataremos a cada uno por separado.

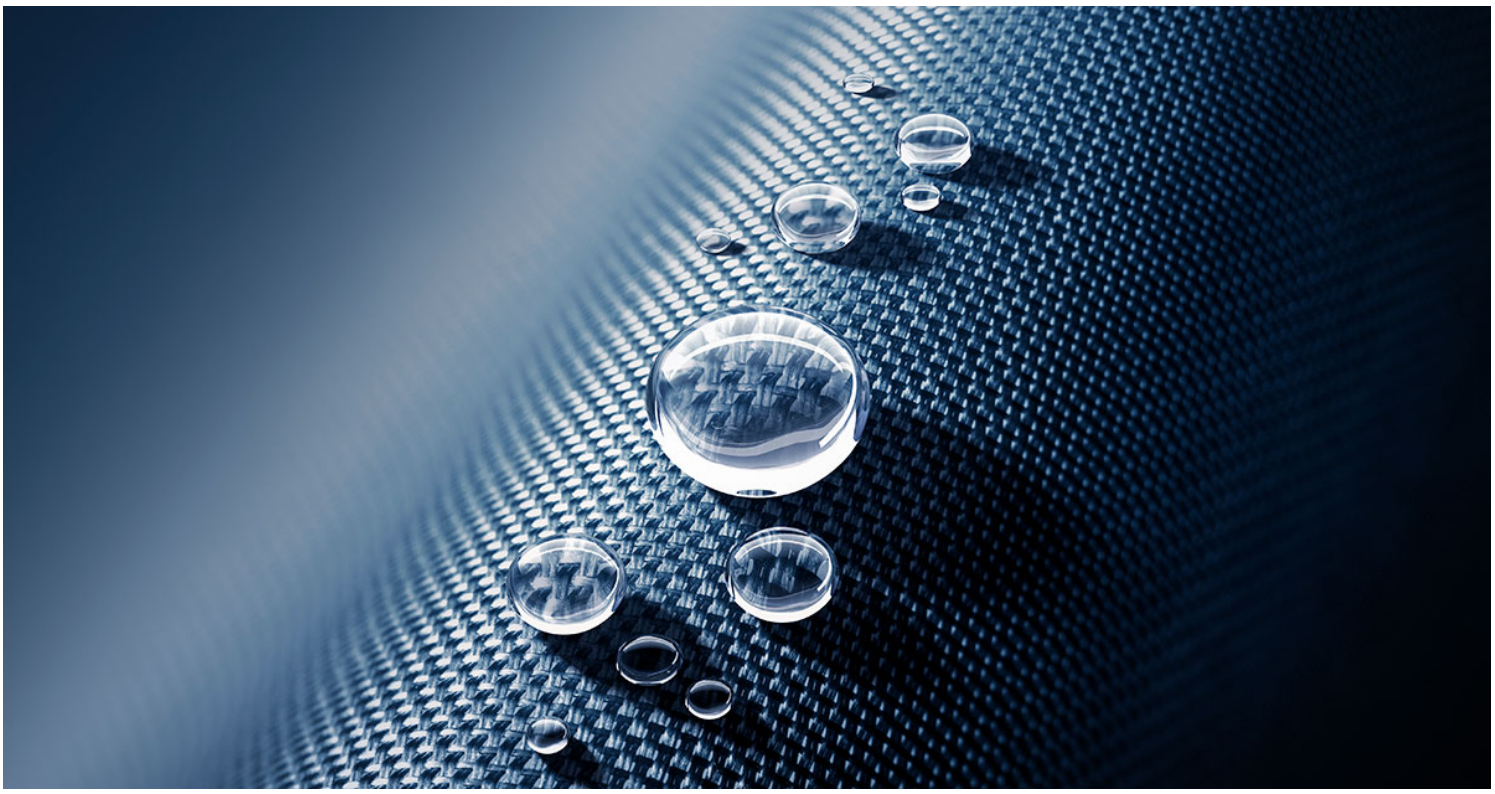


Nanotubos de carbono (zig-zag, quiral y sillón).

La reducción del peso de un vehículo es un tópico muy discutido ya que mejoraría el rendimiento en el consumo de combustible y disminuiría el costo de producción . Este decremento en el peso de un automóvil no debe afectar la estabilidad y resistencia mecánica contra impactos. Por ejemplo, las partes más pesadas en un automóvil son el motor y el sistema de transmisión, más que la

carrocería. Con el advenimiento de nuevas aleaciones conformadas en parte por nanomateriales ligeros, tales como nanotubos de carbono, se tendría un consumo más eficiente de gasolina. Los nanotubos de carbono son aproximadamente 1 000 veces más ligeros y 150 veces más fuertes que el acero, materia prima principal en las partes ya mencionadas de un automotor . La adición de nanocompositos poliméricos ligeros de arcilla con polipropileno, poliamida y policarbonatos se utilizan en la manufactura de partes cercanas al motor pues tienen gran resistencia térmica. Otra manera de reducir el peso de un vehículo es modificando el material del que está hecha la estructura externa. La mayoría de los automóviles tienen chasis o carrocerías de acero y/o aleaciones de aluminio. Este último, es más ligero e inoxidable pero tiene un mayor costo por lo que usualmente se utiliza en vehículos de lujo. Además, las aleaciones de aluminio deben ser muy precisas, cerca del orden de niveles atómicos durante el proceso de fundición y templado para que tengan una alta resistencia a la deformación mecánica. Nanopartículas de Cu, Y_2O_3 o Al_2O_3 embebidas en aleaciones con magnesio muestran propiedades mecánicas perfeccionadas, mayor resistencia y menor ductilidad, sin gran pérdida de otras propiedades. Los nanocompositos hechos principalmente con magnesio proveen mayor dureza y compresibilidad, así como menor desgaste y fatiga a esfuerzos.

Los termoplásticos y las fibras de carbono también se utilizan en la fabricación del chasis de autos haciéndolos ligeros con un gran ahorro de combustible pero la carrocería tiende a ser frágil en el primero y el costo de producción es muy alto en el segundo. Los nanotubos de carbono son un excelente candidato para sustituir a los compositos y termoplásticos. Una alternativa sería el uso de materiales compuestos con nanotubos de carbono integrados a una matriz polimérica, como algunos plásticos, para crear compuestos livianos, resistentes al desgaste y corrosión que hagan que los autos sean económicos y con una vida útil larga. Otra manera de hacerlo es aplicar un recubrimiento uniforme de alrededor de 100 nanómetros de grosor de carburo de tungsteno, que es duro, anticorrosivo y tiene gran adherencia a varias aleaciones. Desafortunadamente, los métodos industriales existentes para llevar a cabo este tipo de recubrimientos se hacen en herramientas pequeñas, como brocas y buriles . Por fortuna, se desarrollan investigaciones que se enfocan en la sustitución controlada de boro por átomos de carbono en la síntesis de nanotubos de carbono. De acuerdo con los resultados previos, una concentración tan pequeña como 1 % de boro en nanotubos de carbono hace que las propiedades físicas de los nanotubos cambien drásticamente. Así, además de ser un material ligero y resistente, el boro haría que el compuesto fuera hidrofóbico y con una mayor estabilidad térmica al ser ignífugo, esto es, con alta resistencia a la combustión. El método de laboratorio, depósito por vapor químico vía pirolisis, en la sustitución de boro por carbón en la síntesis de nanotubos de carbono, se podría escalar de manera similar a como se hace con las técnicas de depósito de películas delgadas. Una de ellas sería el prototipo de proceso industrial de implantación de iones de Ar y O en pistones para disminuir el desgaste en los pistones de motores . Por lo tanto, es un reto interesante desarrollar un método industrial que aumente la dureza y evite la oxidación en la carrocería de un auto.



Por otro lado, el “efecto loto” se refiere al hecho de que las hojas de la flor de loto exhiben gran repelencia al agua . Esto ha inducido el desarrollo de tratamientos y recubrimientos conteniendo nanopartículas y nanomateriales que impiden que la pintura de un vehículo se ensucie o se moje, por lo que el vehículo se mantendría en condiciones óptimas si se encuentra en estado impecable. Las pinturas tienen una doble función: decorativas y, principalmente, protectoras. Los nanomateriales en las pinturas evitarían problemas de desgaste y corrosión relacionados con el uso de detergentes y agua en el lavado del auto que con el tiempo hacen que la pintura se vuelva opaca y/o cambie de tono de color. Esto hace que los vehículos tengan mejor apariencia y, sobre todo, sean más durables. La industria automotriz tradicionalmente ha empleado una capa pasivante de Cr^{3+}sobre otra capa de zinc y luego aplicadas sobre la carrocería de acero o aleación de aluminio para protección contra la corrosión . Desafortunadamente, el cromo es altamente tóxico. Para superar esta desventaja, se han incorporado nanopartículas de SiO_2 en las pinturas. Esto se conoce como proceso de nanopasivación, como recubrimiento anticorrosivo no-tóxico. Además, nanopartículas de ZrO_2, AlO(OH), o SiO_2 embebidas en lacas curables aplicadas sobre el chasis hacen que este sea resistente a la abrasión. Los recubrimientos basados en el “efecto loto” están compuestos en parte por nanopartículas hidrofóbicas de silsesquioxano que contienen grupos químicos promotores de adherencia y baja energía superficial. El silsesquioxano es un compuesto sólido organosílico incoloro que, además, al ser funcionalizado con ciertos grupos amonio, tiene efecto bactericida en las nanopartículas, lo que inhibe la formación de biopelículas en la carrocería. Las pinturas basadas en recubrimientos con estas nanopartículas tienen una propiedad de auto-

remediación. Es decir, el efecto de estas nanopartículas mezcladas en la pintura de los vehículos es que el polvo no se adhiera y que el agua condense solo en pequeñas gotas que se resbalen sin mojar la superficie de la carrocería . También estas nanopartículas de silsesquioxano con acción antimicrobiana se podrían usar para la protección en los vidrios y las vestiduras.

> *Las nanopartículas de silsesquioxano con acción antimicrobiana se podrían usar para la protección en los vidrios y vestiduras.*

Las nanopartículas tienen propiedades ópticas asombrosas si tienen un tamaño menor que la longitud de onda en la región visible del espectro electromagnético. En primer lugar, no existe reflexión sobre ellas. En segundo lugar, dispersan y absorben luz visible de manera distinta dependiendo de su composición, tamaño y forma, lo que causa que se observen diferentes colores dependiendo de la longitud de onda. De aquí que controlando el tamaño de una nanopartícula de un cierto material es posible reflejar y dispersar determinadas regiones del visible, incluyendo UV e infrarrojo, para aplicaciones deseadas en parabrisas, vidrios y espejos . Respecto a la autoprotección de vidrios y espejos en los vehículos, hay un tipo de nanopartículas que filtran cierta región del espectro de luz solar, así como humo y algunos contaminantes. Si se aplica un recubrimiento, de grosor menor a 100 nm, conteniendo nanopartículas de Al_2O_3, sobre parabrisas y espejos en un auto, se evita el deslumbrante resplandor de luces de otros vehículos . Ahora bien, la misma tecnología usada tanto en la transmisión de señales de teléfonos “inteligentes” como ondas de radio sin interferencia al interior de un automóvil, también se puede utilizar para otros fines. Los investigadores e ingenieros trabajan en la producción de recubrimientos conteniendo nanopartículas de silicio sobre el parabrisas para utilizar la energía solar.

Existen muchas otras aplicaciones de la nanotecnología en la industria automotriz. En especial, destaca la industria de semiconductores debido al notable avance en dispositivos electrónicos que se han vuelto ubicuos en nuestra sociedad, como los teléfonos “inteligentes”. Hay que recordar la enorme importancia del empleo de microprocesadores en los vehículos automotores (llamados comúnmente computadoras) como controladores en la inyección de combustible y sensores en un motor. Los microprocesadores son circuitos integrados conformados principalmente por transistores de tamaño nanométrico. Otras aplicaciones se encuentran en la búsqueda de nanomateriales para reemplazar el platino, material de costo muy alto, en convertidores catalíticos y la optimización de los diversos sensores electrónicos localizados en o cerca del motor de un vehículo.

Sin lugar a dudas, como ha ocurrido con los grandes avances, el riesgo en el desarrollo de cualquier nuevo material, incluyendo sus técnicas de fabricación, es inherente en el progreso de la humanidad. Todas las tecnologías han tenido, o tienen, impacto en nuestras vidas; además de ofrecer un beneficio, pueden causar daño. La investigación de potenciales impactos ambientales en seguridad y salud son áreas importantes, ya que se desconocen los peligros a la exposición o

consumo en el uso de nuevos materiales. Por ejemplo, el asbesto fue utilizado principalmente en la industria de la construcción como aislante y resistente al fuego desde el siglo XIX. Sin embargo, se prohibió oficialmente el uso de este compuesto a finales del siglo XX debido a que organizaciones de salud pública lo clasificaron como cancerígeno. Los efectos tóxicos para el hombre por el uso de estos nuevos nanomateriales aún son inciertos ya que su empleo masivo tiene solamente algunos años.

Por fortuna, los recubrimientos conformados con nanomateriales tienen efectos benéficos sobre las superficies interior y exterior de un vehículo. En la escala nanométrica, la relación entre volumen y área superficial aumenta, ya que hay más átomos expuestos al medio ambiente haciendo, por lo tanto, que las propiedades superficiales dominen sobre las propiedades en bulto de un material. Debido a esto, resultan atributos únicos en esta escala algunos fenómenos como la reactividad química que realzan ciertas propiedades como resistencia contra la oxidación, abrasión mecánica y combustión. Más allá de los avances estéticos y de desempeño que la nanotecnología aporta a la industria automotriz, hay cinco factores básicos que se deben considerar cuando se escoge un nanomaterial en un medio de transporte: seguridad, economía, mantenimiento mínimo, confort y amigable al medio ambiente. C^2

Referencias

1. - L. Williams, W. Adams, “Nanotechnology Demystified” (McGraw-Hill, New York, 1era. Edición, 2007).
2. - F.J. Feiligtag, M.N. Noederberger, “The fascinating world of nanoparticle research”, Materials Today 16 (7-8), July-August, 262-271 (2013)
3. Proyecto NANO-SME “Aplicaciones Industriales de la Nanotecnología”, Fundación ITMA-Universidad de Oviedo (https://www.idepa.es/documents/20147/163848/AplicacionesIndustriales.pdf/6c110c65-76ef-fdfb-15dd-38c072d6e2ee)
4. H. Presting, U. König, “Future nanotechnology developments for automotive applications”, Materials Science and Engineering C 23, 737–741 (2003).
5. J. Mathew, J. Joy, S. C. George, “Potential applications of nanotechnology in transportation: A review”, Journal of King Saud University – Science, In Press (2018) (https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.015).