

NANOTECNOLOGÍA: SOBRE LAS DIMINUTAS ESTRUCTURAS EN LAS QUE SE EDIFICA LA COMPRENSIÓN DEL UNIVERSO

Jorge A. Calderón , Vargas-Yara, G. , Yerman Jahir Avila Garzón
SENA Centro Metalmecánico - Regional Distrito Capital -I Grupo GICEMET
jacalderon@sena.edu.co

Resumen—En esta oportunidad la editorial de la revista ha sido tomada como un espacio para discutir los principales fundamentos sobre la nanotecnología y cómo el avance en este campo ha permitido que procesos como la cuarta revolución industrial se estén dando actualmente. Además, ofrece la posibilidad de destacar algunos de los desarrollos, a vista de los autores, más interesantes. Paralelamente, comenta la prospectiva para las áreas tecnológicas del centro metalmecánico y vislumbra los retos que la institución debe comenzar a asumir, teniendo en cuenta que, los esfuerzos en pro de comprender la naturaleza deben involucrar una consciencia sobre la humanidad como parte esencial del cosmos y dirigirse a la solución de las problemáticas profundas que aquejan a la sociedad colombiana.

I. CUANDO LA SUMA DE LAS PARTES ES MAYOR QUE EL TODO

Una de las principales características que destacan a la humanidad como especie es su capacidad de recolectar información de su entorno, analizarla y transmitirla a las nuevas generaciones. La adquisición de dicha información comenzó a través de los sentidos: el tacto, el gusto, el olfato, el oído y la vista. El registro de la información para la subsistencia humana por medio del ADN y los procesos evolutivos, han permitido que el ser humano cuente con una resolución para nada despreciable sobre el desarrollo de sus capacidades sensoriales, teniendo en cuenta que la mayor cantidad del progreso evolutivo fue invertido en el crecimiento y desarrollo del cerebro, y por ende en el logro de procesos cognitivos más complejos como los sentidos, la memoria y el lenguaje [1]. Estos primeros instrumentos de medida, si bien comparados con la especialización de otros animales pueden ser considerados algo rudimentario, son el comienzo de la noción de medida y definieron las primeras formas de entender el mundo.

Así mismo, la aparición de las herramientas conformó un potente mecanismo para la adquisición y acumulación del conocimiento y el saber en las diferentes dimensiones del ser humano. Su tecnificación y perfeccionamiento establecen un medio para la exploración de lo que lo rodea conformando un progreso cíclico, en el que cada herramienta mejorada permite la creación de otra más sofisticada y con ella una adquisición de nuevos conocimientos.

En este sentido, desde la primera vez que se apuntó un catalejo al cielo y pasó de ser un simple artefacto de navegación a convertirse en un potente instrumento para el estudio de planetas y demás astros, el ser humano ha sido persistente en el mejoramiento de todos los instrumentos de medición que representan una extensión de sus propios sentidos. Esto ha permitido transformar el mundo, reconocerse como parte del cosmos y despojarse de la sintética visión de ser observadores de la naturaleza, contemplándose como una parte esencial de los sistemas en estudio.

Esta transformación en la capacidad de entendimiento de los fenómenos naturales, y la percepción del observador como parte esencial del fenómeno en estudio, fue consecuencia del fracaso de la teoría electromagnética de Maxwell y las leyes de la mecánica de Newton al intentar explicar fenómenos como la emisión de radiación de los cuerpos al elevar su temperatura, tal como ocurre en el filamento de una bombilla (radiación de cuerpo negro [2]), o la producción de corriente eléctrica en un metal a partir de la incidencia de la luz (efecto fotoeléctrico [3]) como ocurre en los metales al iluminarlos con luz ultravioleta, entre otros.

Bajo la concepción de la ciencia, la descripción del universo ha contado con herramientas y teorías que persiguen la esencia de todas las cosas. De esta forma, imaginar la existencia de los átomos ha impulsado a la humanidad hacia nuevas fronteras convirtiendo la idea de los griegos, por medio de impresionantes pilares matemáticos y experimentales como el Modelo Estándar [3] y el Gran Colisionador de Hadrones (LHC por sus siglas en inglés) [4], en recursos y medios para la explicación de lo observado en el mundo material. Esto se logra, diseccionando los cuerpos materiales hasta obtener los diminutos “ladrillos” esenciales. Por lo que, el fracaso en la explicación de los fenómenos físicos como el efecto fotoeléctrico y la radiación de cuerpo negro, por parte de la perspectiva newtoniana, sentaron las bases de las peculiaridades del mundo en sus mínimas escalas, demarcando así, la aparición de la mecánica cuántica [2].

En la actualidad, la concepción del universo se aborda desde el estudio y comportamiento de las partículas fundamentales



y las diminutas estructuras formadas tanto artificial como naturalmente, las cuales representan una de las líneas de investigación más prolíferas de la ciencia de hoy y será de las más aplicadas en la ciencia del mañana, una visión dada por el premio Nobel Richard Feynman conocida como *nanotecnología* [5].

II. CUANDO SE TRATA DE MATERIALES, EL TAMAÑO SÍ IMPORTA

En consecuencia, es necesario entender que los dispositivos electrónicos de hoy funcionan con base en el conocimiento de las propiedades de los materiales, y del comportamiento de los portadores de carga en ellos, a dimensiones reducidas, por lo que la *nanotecnología* suele definirse como la manipulación precisa de la materia a nivel molecular y atómico para el diseño y fabricación de productos [6]. Convencionalmente, se consideran materiales o dispositivos *nanométricos* aquellos donde al menos una de sus dimensiones posee una longitud menor a 100 nm , aunque éste no es un requerimiento obligatorio, si ha sido ampliamente divulgado [6], [7].

De esta manera, el aprovechamiento de este grado de manipulación atómica de la materia, ha sido trascendental en las transformaciones de las actividades industriales y sociales en general. Así como la aparición del transistor se convirtió en la piedra angular del desarrollo de la electrónica convencional y por ende dio paso a la revolución industrial de la informática y las telecomunicaciones conocida como la tercera revolución industrial, el desarrollo de técnicas de fabricación sofisticadas para la generación de recubrimientos y unidades de orden nanométrico convirtieron a la nanotecnología en el ápice de la investigación y el desarrollo tecnológico contemporáneo [7], [8].

Resultado de lo anteriormente mencionado, puede verse en la construcción robótica dirigida a control remoto más pequeña del mundo publicada este año por investigadores de la universidad de Northwestern en Estados Unidos (ver Fig. 1) [9].

Este robot, que puede controlarse remotamente, es consecuencia de los importantes avances sobre la fabricación de materiales con propiedades mecánicas que sólo pueden darse como efecto del mundo atómico. En este caso, el control sobre las transiciones cristalinas, es decir, sobre el posicionamiento relativo de los átomos en un material, dota al mismo de la capacidad de tener un “registro” de la forma inicial en la que es fabricado, y por medio de un estímulo, por ejemplo, un incremento en la temperatura, se genera una contracción que lo deforma. La secuencia entre presencia y ausencia del estímulo le permite al material flexionarse al cambiar de forma. Los materiales que tienen esta característica son conocidos como Aleaciones con Memoria de Forma (SMA por sus siglas en inglés) [9].

En el desarrollo obtenido por los investigadores de la universidad de Northwestern, la SMA utilizada es conocida como nitinol y es una aleación entre Níquel y Titanio, cuyas propiedades mecánicas al transitar de la fase austenítica a la fase martensítica le permite pasar de una figura 3D a una en 2D [9], lo que crea un mecanismo por medio del cual la carcasa del robot puede realizar desplazamientos.

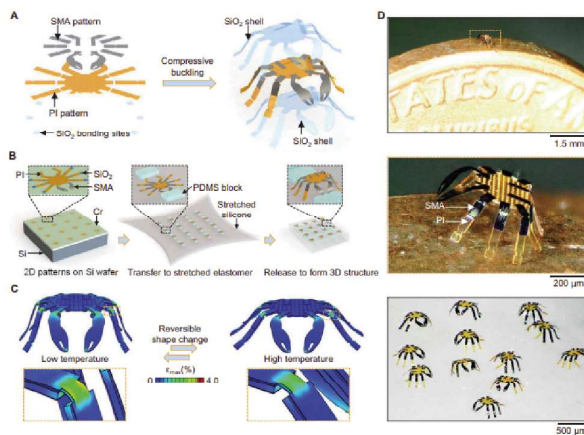


Fig. 1. Imagen en la que se ilustran los procesos de fabricación, simulación de actuación del robot y la vista comparativa del robot submilimétrico construido. Tomado de [9].

Es importante resaltar que los autores de este interesante avance tecnológico recurrieron a procesos de fabricación compatibles con varias técnicas de depósito y grabado de películas delgadas, enfoque de modelado láser y métodos de fotolitografía [9], ciertamente, cercanos a los procesos industriales actuales para la manufactura de dispositivos electrónicos, lo que favorece su escalamiento a la producción masiva. Además, esta compatibilidad puede ser aprovechada en la diversidad de geometrías que pueden lograrse en esta clase de dispositivos, dirigiendo el diseño a la necesidad específica a resolver.

Así pues, en la Fig. 1 (A) se muestra una ilustración esquemática del robot 3D inspirado en los cangrejos “peekytoe”. Mientras que en la Fig. 1 (B) se ilustra una representación esquemática del proceso de fabricación. Con el fin de determinar la actuación reversible que equilibra las fuerzas asociadas con las transiciones de fase en una SMA que produce la resiliencia elástica de la carcasa en la Fig. 1 (C) se presentan los resultados de la simulación realizada por medio del análisis por Elementos Finitos (FEA por sus siglas en inglés). Y por último, la Fig. 1 (D) que muestra el tamaño del robot comparado con el borde de una moneda de 1 centavo de dolar a diferentes escalas como son, 1.5 mm y $200\text{ }\mu\text{m}$, respectivamente. Las proyecciones de este tipo de desarrollos van orientados fuertemente a la generación de nuevas herramientas para la realización de cirugías cada vez menos invasivas y de una mayor precisión, lo que permite

tener un control más detallado de las zonas afectadas por una enfermedad y su debido tratamiento [9].

Finalmente, la *nanotecnología* ha llegado a tener incidencia en todo ámbito productivo y social de la humanidad. Desde el desarrollo de pesticidas, fertilizantes y tecnologías para el crecimiento eficiente de cultivos [10], [11] hasta el diagnóstico y los tratamientos médicos de enfermedades como el Alzheimer [12]. Sin embargo, su mayor impacto ha sido en campos como la electrónica de crecimiento exponencial, donde en varios aspectos como las capacidades de cómputo, la cantidad de datos producidos y procesados, aumento de cantidad de transistores y miniaturización de estos se crea una constante necesidad de materiales y técnicas novedosas para obtenerlos.

En 1965 G.E. Moore proyecta una duplicación de cantidad de transistores por circuito integrado cada 2 años [8]. Esta predicción se conoce como “ley de Moore” y sigue vigente incluso en la última década donde se ha reducido esta velocidad debido a inconvenientes económicos y/o técnicos. Es preciso entender que si bien esta razón de progreso en la capacidad de transistores por circuito integrado es conocida como “Ley”, en sí misma, sólo representa una estimación del comportamiento de la industria electrónica y es tomada más como meta que como una obligatoriedad de la producción [8].

Un ejemplo de la constante reducción de tamaños y mejores tecnologías es la miniaturización de elementos de control industrial como los Controladores Lógicos Programables (PLC por sus siglas en inglés) llegando incluso a hablar de micro y nano PLC en los cuales las áreas ocupadas por todo el dispositivo reducen el espacio requerido para toda la solución.

Tomando como referente este concepto, se percibe que los nuevos materiales y la nanotecnología permiten que cada vez se tengan mejores tecnologías y por consiguiente mejores aplicaciones en áreas como la automatización industrial, la robótica, energías limpias e incluso en campos como la tecnificación del agro [10], [11] presentes en el campo de acción de los egresados de programas ofertados por instituciones de todo el mundo, en particular el Centro Metalmecánico - SENA.

Estas nuevas tecnologías permiten no solo la reducción de tamaños y consumos energéticos sino la inclusión de características propias del futuro del control y la automatización. Dispositivos de bajo costo tienen acceso a redes de comunicaciones de última generación como las redes WiFi industrial, redes 5G y redes industriales de alta capacidad de transmisión de información tanto en velocidades como volúmenes de datos.

Por tanto, es imprescindible que las entidades formadoras de capital humano enfocado a las labores que ahora están

teniendo una etapa de tránsito y aquellas que aparecerán en un futuro próximo, se encuentren a la vanguardia en mecanismos de formación profesional integral relacionados con la exploración, aprendizaje y desarrollo de aplicaciones que correspondan a la tendencia mundial impartida por las corrientes productivas de la industria 4.0. Toda vez que es necesario abandonar la imagen del trabajador que realiza actividades repetitivas, fatigantes y riesgosas, por aquellos trabajadores conocedores de las nuevas tecnologías, invirtiendo en las habilidades de análisis, trabajo en equipo y eficiencia, centralizando la producción en la cooperatividad entre los robots y los operarios. Así es posible evitar emplear a las personas en tareas con un alto riesgo de automatización y generar empleos entorno a la interacción humano - máquina [13].

III. INFLUENCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EL CENTRO METALMECÁNICO: EL FUTURO ES AHORA

En concordancia con lo expuesto a lo largo de esta editorial, es importante resaltar las temáticas que pueden tener una incidencia en el desarrollo de la visión y misión de las instituciones formadoras de capital humano calificado como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Por tanto, se realizó un ejercicio de prospectiva y vigilancia tecnológica, elaborado para las áreas temáticas de formación y servicios del Centro Metalmecánico del Servicio Nacional de Aprendizaje, se buscó la identificación de elementos para la construcción de un plan tecnológico con visión de 10 años [14]. En este proceso, con base en el análisis de información de generación de conocimiento y registro de propiedad intelectual se determinaron las principales tendencias que condicionan y orientan el desarrollo de procesos, productos y servicios en las áreas priorizadas [14].

En este contexto para el área de plásticos se tienen las líneas tecnológicas asociadas con polímeros compuestos, biodegradables y economía circular. Las tecnologías en automatización fueron las de transformación digital, energías renovables y sistemas expertos. En cuanto al área de mantenimiento se identificaron las tecnologías asociadas con climatización en grandes superficies, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo y termografía infrarroja. Para el caso de mecanizado se observan las tecnologías de transformación digital, métodos, máquinas, herramientas y automatización.

En las líneas tecnológicas identificadas para las áreas se observan algunas sublíneas comunes relacionadas con el diseño y producción asistida por procesos sistematizados, industria 4.0, internet de las cosas, robótica e inteligencia artificial, así como aplicaciones especiales para materiales, máquinas y herramientas. De igual manera, vale la pena resaltar que en las tecnologías mencionadas la nanotecnología contribuiría a incrementar en el potencial de aplicaciones y productos

asociados con técnicas de electrónica y nuevos materiales, entre otros.

REFERENCIAS

- [1] M. Rosales-Reynoso, C. Juárez-Vázquez, and P. Barros-Núñez, "Evolución y genómica del cerebro humano," *Neurología*, vol. 33, no. 4, pp. 254–265, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213485315001474>
- [2] C. Gearhart, *Black-Body Radiation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 39–42. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-540-70626-7_14
- [3] "Introduction," in *Handbook of Mineral Spectroscopy*, J. T. Klopogge and B. J. Wood, Eds. Elsevier, 2021, pp. xiii–xxv. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128045220020010>
- [4] T. W. Kibble, "The standard model of particle physics," *European Review*, vol. 23, no. 1, p. 36–44, 2015.
- [5] A. Dussán, H. P. Quiroz, and J. A. Calderón Cómbita, *Nanomateriales que revolucionan la tecnología: Perspectivas y aplicaciones en espintrónica*. Bogotá D. C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2020, pp. 9–10. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79954>
- [6] M. D'Addario, *Mecatrónica*. Lulu.com. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=2BFtDwAAQBAJ>
- [7] C. Poole and F. Owens, *Introduction to Nanotechnology*, ser. A John Wiley & Sons, Inc., publication. Wiley, 2003. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=XfzgEoY9SNkC>
- [8] J. A. Calderón Cómbita, "Estudio de las propiedades físicas de sistemas multicapas basados en gamnsb para aplicaciones en espintrónica," pp. 1–215, 2021.
- [9] M. Han, X. Guo, X. Chen, C. Liang, H. Zhao, Q. Zhang, W. Bai, F. Zhang, H. Wei, C. Wu, Q. Cui, S. Yao, B. Sun, Y. Yang, Q. Yang, Y. Ma, Z. Xue, J. W. Kwak, T. Jin, Q. Tu, E. Song, Z. Tian, Y. Mei, D. Fang, H. Zhang, Y. Huang, Y. Zhang, and J. A. Rogers, "Submillimeter-scale multimaterial terrestrial robots," *Science Robotics*, vol. 7, no. 66, p. eabn0602, 2022. [Online]. Available: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/scirobotics.abn0602>
- [10] M. Bala, S. Kumar Bansal, and F. Fatima, "Nanotechnology: A boon for agriculture," *Materials Today: Proceedings*, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322063283>
- [11] M. Haris, T. Hussain, H. I. Mohamed, A. Khan, M. S. Ansari, A. Tauseef, A. A. Khan, and N. Akhtar, "Nanotechnology – a new frontier of nano-farming in agricultural and food production and its development," *Science of The Total Environment*, vol. 857, p. 159639, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722067390>
- [12] L. Li, R. He, H. Yan, Z. Leng, S. Zhu, and Z. Gu, "Nanotechnology for the diagnosis and treatment of alzheimer's disease: A bibliometric analysis," *Nano Today*, vol. 47, p. 101654, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1748013222002821>
- [13] J. A. Calderón Cómbita, "Estudio de las propiedades físicas de sistemas multicapas basados en gamnsb para aplicaciones en espintrónica," p. 36–44, 2021.
- [14] C. V. Carmona Cadavid, K. E. Morales Ochoa, G. Vargas Yara, and D. D. Rodríguez Pinto, "Prospectiva tecnológica en la formación profesional: Caso centro metalmeccánico del sena regional distrito capital," p. 1–136, 2018.

