

La mecatrónica como formación multidisciplinar, un impulso al desarrollo tecnológico nacional

Diana Ivette Montejo-Arroyo*
ORCID: 0000-0002-1576-6653

José Alejandro Vásquez-Santacruz*
ORCID: 0000-0003-3848-623X

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.127-2>

*Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
Contacto: dmontejo@uv.mx, alejanvasquez@uv.mx



El diseño de productos o sistemas en respuesta a una necesidad de mercado, históricamente ha sido marcado por una diversidad de conclusiones entre las que destacan aquellas innovaciones que, además de resolver una determinada situación eficientemente, son accesibles al usuario en un contexto global. Artículos tecnológicos comunes en la vida cotidiana son resultado de un avance metodológico cuyos requerimientos han considerado, junto a su naturaleza técnica, el canal necesario para poder acceder a los mismos en respuesta a una problemática manifestada.

En este sentido, teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, juguetes sofisticados, son algunos productos de ingeniería con alcance masivo en la sociedad, caracterizados por un diseño y manufactura compleja que generalmente provienen de otro país. Si bien estamos familiarizados con aparatos dotados de tecnologías modernas, históricamente la innovación de sistemas complejos en el mundo no necesariamente ha estado asociada con tecnologías de última generación, sino con características de confort al usuario o de alcance accesible en el mercado, por ejemplo, estructuras de uso doméstico: sillas plegables, productos sostenibles, electrodomésticos, entre otros. Por lo tanto, puede inferirse que la innovación está asociada con la satisfacción de tres principales líneas de cobertura: una solución infalible desde el punto de vista de ingeniería, condiciones adaptables al usuario que le motiven a su uso y accesibilidad bajo criterios de suministro y economía. Como sociedad no es difícil identificar artefactos que satisfagan estas tres características: automóviles, celulares, computadoras, *gadgets*, etcétera.

Ante este escenario se genera la interrogante: ¿existe en el mundo algún dispositivo de origen mexicano que haya tenido un impacto similar? Más allá de la TV a color en los años cuarenta (Camarena, 1942), la lluvia sólida a inicio de siglo (Caballero y Del Cerro, 2022), cuya repercusión global aún no es la esperada, al igual que, desde 2015, el generador de hidrógeno para reducir emisiones; son pocos los ingenios con futuro prometedor.



EL DISEÑO METODOLÓGICO COMO SOPORTE DEL DESARROLLO DE TECNOLOGÍA INNOVADORA

Diversos factores han determinado este escenario, pero sin duda la incorporación de metodologías que incluyan características estrictas tanto técnicas como de usabilidad y acceso al mercado, basadas en métodos y herramientas apropiadas en la generación y gestión de información, son determinantes y representan un área de oportunidad en el sistema educativo nacional que forma especialistas capaces de innovar. Las múltiples y diferentes áreas de conocimiento, así como los enfoques en los productos o sistemas, normalmente representan un reto en su integración e intercambio eficiente de información con objetivos comunes. Resulta preciso un escenario metodológico que se pueda adaptar a los diferentes perfiles profesionales de los ingenieros de diseño y de los recursos disponibles.

Una motivación adicional e imperante bajo esta expectativa, es que los procesos metodológicos deben ser, además, escalables para ser interpretados por diferentes niveles de formación, desde ambientes estudiantiles hasta profesionales en las grandes industrias y corporativos. Sin embargo, la realidad es que, en México, el rigor y el seguimiento estricto de normas dentro de metodologías que puedan garantizar resultados innovadores, no han tenido ese impacto como desarrollo tecnológico nacional; esto conlleva a procesos no estandarizados que se reflejan en un resultado a corto plazo, pero que no necesariamente brinda garantía de calidad.

En el progreso de la ingeniería de sistemas complejos, en este caso los mecatrónicos que, en los últimos años han evolucionado con la incorporación de tecnologías recientes (tecnologías de la información o los sistemas ciberfísicos), es de suma importancia saber cómo integrarlas de tal modo que los efectos sinérgicos determinen una solución de alto valor agregado y eficiente. Esta tendencia a la multidisciplinariedad representa el reto más relevante hoy en día, y la naturaleza de la mecatrónica exige la formación de expertos con amplia perspectiva y conocimiento técnico que les permitan establecer directrices que faciliten el despliegue de sistemas complejos.




DISEÑADORES DESDE LAS AULAS

El contexto educativo debe ser la base para la generación de estos expertos. Fue en los noventa cuando la mecatrónica emerge a nivel licenciatura en México (CIMA, 2012), seguido de un crecimiento exponencial de su oferta a partir de 2000, produciendo un numeroso recurso humano con mínimos desarrollos tecnológicos relevantes, aunque cabe destacar algunas pequeñas empresas y productos promisorios (Expansión, 2018), por parte de profesionales con una visión emprendedora, normalmente egresados de instituciones privadas.

En México, en especial a nivel superior, las respuestas a diversos problemas suelen ser de carácter exclusivamente académico, basadas en una funcionalidad temporal bajo criterios limitados en cuanto a repetibilidad y eficiencia; difícilmente el rigor de una metodología es de apego por lo que los sistemas realizados tienen un alcance en el mercado

limitado o nulo. Aunque a la fecha existen múltiples centros con una formación mecatrónica a nivel de ingeniería, e incluso posgrado, que buscan promoverla con un carácter multidisciplinario, la realidad es que, a más de 30 años de la primera institución en ofrecerla en el país, el impacto en los diferentes aspectos de un ingeniero diseñador no es del todo visibles. La situación se complementa con la capacitación docente que en muchos casos es parcial y hace al educador incapaz de sembrar la semilla con una visión multidisciplinaria y de impacto tecnológico en las capacidades del educando, en parte por la propia falta de visión debido a un aprendizaje similar (Muñoz-Rivas *et al.*, 2023).

Adicionalmente, las propias condiciones socioeconómicas de los alumnos suelen ser un factor relevante. La visión de avance tecnológico puede estar limitada por prioridades derivadas de necesidades laborales para favorecer condiciones personales inmediatas antes de una de innovación y de impacto a futuro, forjando así una tendencia ideológica en un sector amplio en la sociedad mexicana con fines de alcance inmediato y de satisfacción de carestías personales antes que tecnológicas (Inegi, 2023).

Generalmente, éstas son situaciones que hacen parte de un contexto social y que van más allá de la necesidad de realizar metodologías hacia una solución innovadora de un problema real. Si bien contribuyen a una situación actual, el contexto global implica la puesta en marcha de políticas ajenas a un paradigma de diseño eficiente, pero desde una trinchera representada por el interior de un aula, resulta fuera de alcance.

¿Qué dirección tomar entonces? A la fecha se dispone de un gran número de recurso humano en las aulas, considerando que, en la década anterior, la demanda de espacios para estudiar esta carrera mostraba su auge y que actualmente marca una tendencia a una sobreoferta hacia el mercado laboral (Fiidem, 2018). Desde la perspectiva académica, con el objeto de generar y transmitir conocimiento que nutra la educación multidisciplinaria hacia la respuesta a problemas que proyecten un desarrollo tecnológico, es imperativo concebir los objetivos académicos más allá de la acreditación de asignaturas y programas de manera cuantitativa.

Si los objetos de aprendizaje se orientan a la resolución de problemas considerando la naturaleza propia de una necesidad y el adecuado uso de he-

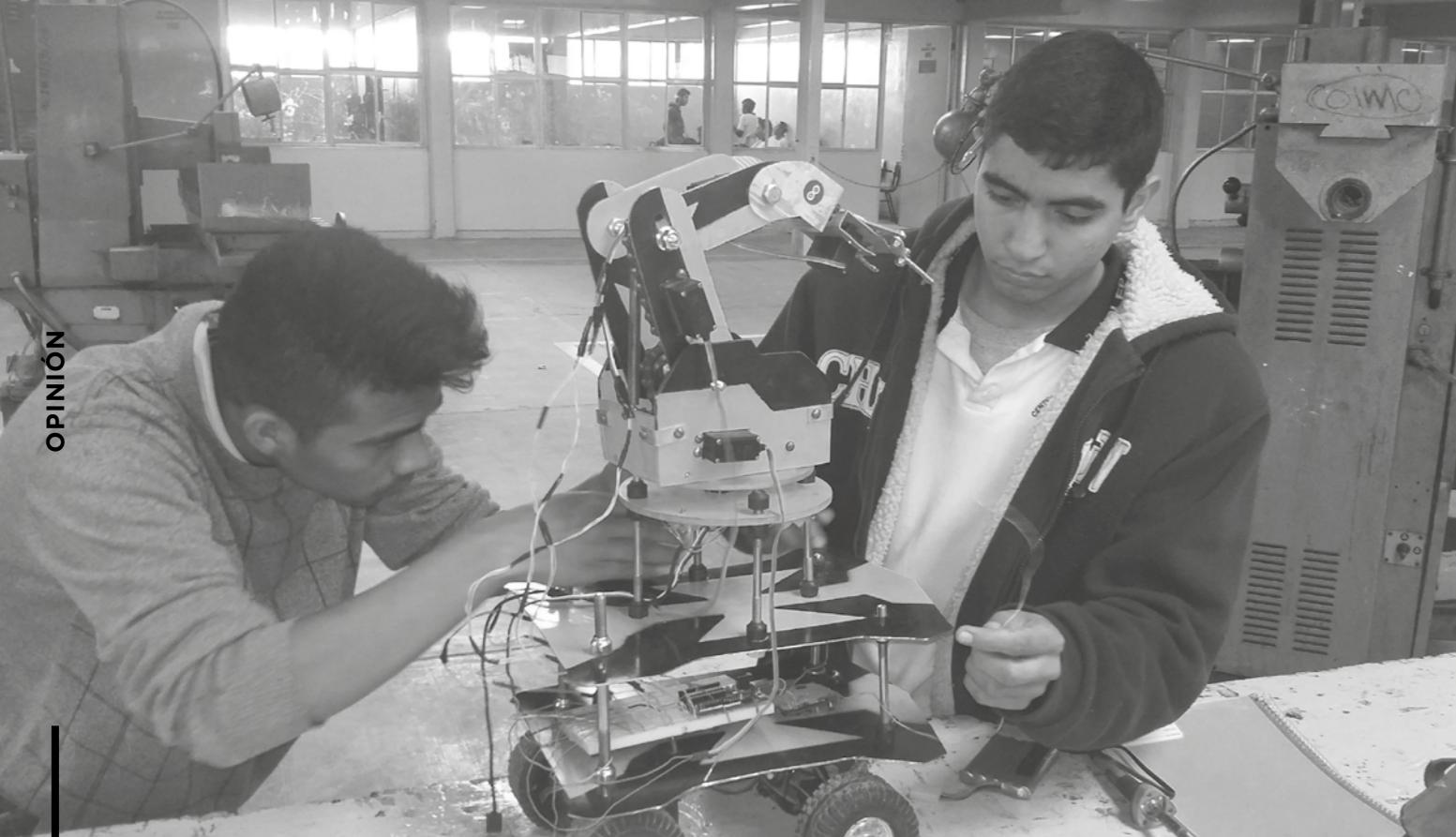


rramientas para proponer y validar soluciones, debería ser inminente la necesidad y seguimiento de estructuras metodológicas de diseño efectivas cuyo objetivo final sea la culminación del problema y en las que el estudiante se vuelve parte de un grupo de desarrollo multidisciplinario. En este sentido, los proyectos entonces deben estar basados en requerimientos sólidos: delimitación del problema, costos, efectividad, repetibilidad, seguridad, usabilidad, entre otros, factores indispensables en cualquier solución. El conocimiento preciso de estos requerimientos reflejará el entendimiento del problema y representa, de entrada, un gran avance.

Un aprendizaje con esta perspectiva nutre incluso la manera de pensar de un especialista, le dota de una visión más allá de lo inmediato de tal modo que previene diferentes escenarios: uso de sistemas fuera de lo estándar, ambientes adversos y agresivos, extensión de vida útil, escalamiento, etcétera. Una visión que no sólo comprende un enriquecimiento profesional y personal, sino que se refleja como un pilar en el desarrollo tecnológico en la contraparte del sector productivo al contar con gente capacitada y visión de independencia tecnológica. Los beneficios, personales y colectivos, serán consecuencia e innumerables: bajos costos de importación, mejor calidad en productos nacional, tecnologías propias, crecimiento económico, empleos, etcétera.

El paradigma de pensamiento con esta perspectiva exige, por su parte, el manejo de herramientas especializadas que eventualmente podría reflejar un obstáculo adicional, sin embargo, el conocimiento de éstas debería ser una pieza del propio modelo de enseñanza de un ingeniero mecatrónico. Herramientas de CAD/CAM, gestión de datos, programación, manufactura, simulación, así como el conocimiento de normas y estándares son sólo algunos de los escenarios en los que el estudiante ha de involucrarse.

A su vez, una tendencia en el diseño de sistemas multidisciplinares consiste en la incorporación de modelos centralizados en los que todo el proceso fluye con intercambio de información continuo y en un escenario concurrente; un paradigma que produce metodologías con una gestión de datos eficiente y que permite el uso de múltiples herramientas para diseño y validación (Henderson *et al.*, 2024). Sin embargo, se imponen retos adicionales como la propia estructuración del modelo, con características de interoperabilidad que faciliten la interacción de



grupos heterogéneos mediante un lenguaje estándar. Retos que siguen vigentes, pero no abandonados, desarrollos sobre la integración multidisciplinaria con capacidades de interoperabilidad han dado resultados y grandes corporaciones en el mundo las adoptan (Accenture, 2022).

Entonces, ¿cómo la multidisciplinariedad en las soluciones de ingeniería permea a nivel académico? Definitivamente un aula y un laboratorio no bastan. La integración de instituciones educativas con una realidad social en México es un factor relevante en la generación de tecnología innovadora y con impacto global. Los programas de vinculación al interior de las instituciones han de ser significativos en el progreso de una sociedad, por lo que los estudiantes requieren conocer las necesidades que motiven propuestas realistas, que respondan al entorno y que demanden una formación profesional suficiente para hacerles frente.

La misma sociedad es un repositorio de necesidades en espera de satisfacción, y una respuesta mecatrónica, aludiendo al hecho de que integra múltiples disciplinas adaptables a cada situación, responde de manera natural. Positivamente, muchos programas de ingeniería en México incorpo-

ran, dentro de sus planes de estudio, experiencias educativas que buscan fortalecer el vínculo con la sociedad (Didou-Aupetit, 2023) y con entidades del sector productivo (Sandoval-García, 2023), que nutran los planteamientos sociales a partir de la ingeniería y, aunque es un esfuerzo a considerar, quizás el objeto de la vinculación deba ser parte de un programa de aplicaciones reales donde foguear el conocimiento y fortalecer lo visto en el aula con experiencia en campo, de la mano con la instrucción académica y profesional proveniente, en complemento, de otras instituciones educativas y del sector productivo.

CONCLUSIONES

Considerando que la ingeniería multidisciplinaria es la base de respuestas integrales con alto nivel de eficiencia a problemas específicos, la discusión del presente trabajo plantea la necesidad del ingeniero como portador de una flexibilidad cognitiva que le permita abordar desarrollos tecnológicos desde una perspectiva natural con el objetivo de resolverlos. Sin embargo, la comple-

jidad esperada de una conclusión de dicha naturaleza exige a su vez un cúmulo de habilidades técnicas para el manejo de herramientas que, si bien tienen su base en el contexto formativo, sin duda la experiencia profesional nutre su perfil.

Por otro lado, asumiendo aspectos socioeconómicos y culturales favorables, el rol de la educación superior en México hacia la solución de problemas ha de sentar en sus programas de estudio el avance integral de conocimiento que considere un contexto más allá de un certificado, dotando a los estudiantes de un sentido de responsabilidad tal que el seguimiento de metodologías formales resulte inherente en cualquier situación.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Indicadores de ocupación y empleo*, Mexico: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Muñoz-Rivas, M.A., Rivera-Bravo, E., Hernández-Sierra, M.G., et al. (2023). Desmotivación escolar de los estudiantes de nivel superior: causas y consecuencias. *Ciencia Latina. Revisa Multidisciplinaria*, 7(6). Sandoval-García, E.R. (2023). Formación superior complementaria para coadyuvar al perfil laboral de la Industria 4.0 en México, *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 35(1), 471-496.

Recibido: 02/02/2024
Aceptado: 26/03/2024

[Descarga aquí nuestra versión digital.](#)



- Accenture. (2022). *Value Untangled. Accelerating radical growth through interoperability. Growth Markets (Asia-Pacific, Middle East, Africa and Latin America) perspective*, USA: Accenture. Caballero, M., y Del Cerro, J. (2022). *México, 10 emprendedores sustentables*, México: LID Editorial Mexicana, SA de CV. Camarena, G.G. (1942). *United States, Patent No. US2296019A*. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. (2012). *Diagnóstico y prospectiva de la mecatrónica en México*, México: FUNTEC-Secretaría de Economía. Didou-Aupetit, S. (2023). ¿Hacia dónde va la educación superior en México? *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 35(1), 132-151. Expansión. (2018). Los disruptores del año dan el golpe, *Expansión* (14 diciembre 2018). Alianza para la Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México. (2018). *Estudio regionalizado de oferta demanda de las carreras de ingeniería*, México: Alianza FiiDEM. Henderson, K., McDermott, T., y Salado, A. (2024). MBSE adoption experiences in organizations: Lessons learned, *Systems Engineering*, 27(1), 214-239.

