

Diseño mecatrónico como acercamiento a la transdisciplinariedad en ingeniería mecatrónica

Mechatronic Design as an Approach to Transdisciplinarity in Mechatronic Engineering

Fredy Alexander Guasmayan Guasmayan^a

^a Ingeniería Mecatrónica, Universidad Mariana, Colombia
fguasmayan@umariana.edu.co | <https://orcid.org/0000-0003-1357-8867>

Citation: Guasmayan Guasmayan, F. A. (2023). Diseño mecatrónico como acercamiento a la transdisciplinariedad en ingeniería mecatrónica. *Mutis*, 13(2).1-15 <https://doi.org/10.21789/22561498.1988>

Recibido: 30 de noviembre de 2022
Aceptado: 1 de marzo de 2023

Copyright: © 2023 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

RESUMEN

La ingeniería mecatrónica, desde sus orígenes, tiene una naturaleza transdisciplinaria enmarcada en la sinergia de las disciplinas que la conforman y cómo estas independientemente no solucionan problemas de manera óptima, como si lo hacen cuando se integran y a su vez conducen a nuevos conceptos reflejados en el diseño de productos y procesos mecatrónicos caracterizados por su autonomía, versatilidad, adaptabilidad, inteligencia y concurrencia de sus funciones sistémicas. Históricamente, el concepto de mecatrónica en el mundo se ha visto marcado por la dificultad para definir con precisión como se desarrolla la sinergia entre las disciplinas que la conforman, siendo allí donde se originan distintas tensiones que manifiestan mayor o menor grado de aportación de las disciplinas por separado posibilitando dos eventos, uno la interrupción o la restricción a la transdisciplinariedad, lo que conduce al desarrollo de productos modulares con separaciones marcadas en las partes que los constituyen; es decir, que se pierda el verdadero grado de innovación tecnológica; por otra parte, las tensiones entre las disciplinas provocan el dialogo y el trabajo desde las fronteras del conocimiento persuadiendo a traslapar conceptos y metodologías propios de las disciplinas que posibilitan la generación de nuevos conceptos y nuevas áreas de conocimiento para desarrollo de ciencias de la ingeniería, diseños y productos mecatrónicos.

Palabras clave: diseño mecatrónico; transdisciplinariedad; tensiones curriculares; productos mecatrónicos; ingeniería.

ABSTRACT

Mechatronic engineering, since its origins, has had a transdisciplinary nature framed in the synergy of the disciplines that make it up, since they do not independently solve problems optimally. When integrated, they do and lead to new concepts that are reflected in the design of products and mechatronic processes characterized by their autonomy, versatility, adaptability, intelligence, and articulation of their systemic functions. Historically, the concept of mechatronics in the world has been marked by the difficulty to define precisely how the synergy between the disciplines that comprise it develops. It is in this difficulty where different tensions originate, to which the separate disciplines contribute to a greater or lesser extent, making two events possible. In the first, transdisciplinarity is interrupted or restricted, leading to the development of modular products with marked separa-

tions in the parts that constitute them. In other words, the true degree of technological innovation is lost. In the second, the tensions between the disciplines provoke dialogues and work from the frontiers of knowledge, making the concepts and methodologies of the disciplines overlap, which makes it possible to generate new concepts and new areas of knowledge in design, in the engineering sciences and mechatronic products.

Keywords: mechatronic design; transdisciplinarity; curricular tensions; mechatronic products; engineering.

INTRODUCCIÓN

Desde el campo de la educación, resulta de gran interés observar y explicar cómo se han dado los procesos formativos en el programa de Ingeniería Mecatrónica en donde, por tradición, los currículos se han desarrollado de manera mono y multidisciplinariamente generando tensiones curriculares entre las disciplinas que apuntan a metodologías para la enseñanza y el aprendizaje de manera aisladas, desagregadas y agenciadas, las cuales producen carencias en la transdisciplinariedad. Es así como existe un problema de fundamento epistemológico que se traduce en tensiones durante la formación de los ingenieros mecatrónicos que, sin embargo, y además, permiten diálogos constructivos en las fronteras de las disciplinas con la finalidad de desarrollar productos mecatrónicos que adquieran una naturaleza transdisciplinaria como fundamento de esta ingeniería, para lo cual el diseño mecatrónico se hace imprescindible en los procesos formativos.

Por otra parte, determinar la manera como los currículos de los programas de Ingeniería Mecatrónica resuelven metodológicamente la transdisciplinariedad, contribuirá al debate curricular, así como a la respuesta a preguntas acerca de qué tan mecatrónica es esta ingeniería, de qué tanta integralidad goza sus currículos, qué tan ingenieros mecatrónicos se pueden considerar los profesionales en formación y cómo las tensiones conforman aspectos epistemológicos en estos programas.

Para el efecto se realizó un estudio cualitativo basado en la teoría fundamentada (Gordon, 1999) y el método comparativo constante con aplicación de una serie de procedimientos inductivos tendientes a la generación de explicaciones teóricas acerca del fenómeno estudiado. En este sentido los conceptos y las relaciones entre los datos fueron producidos y examinados continuamente hasta la finalización del estudio, según el análisis de datos obtenidos de la revisión documental de Proyectos Educativos de los Programas (PEP) con el fin de comprender cómo se lleva a cabo la formación de los ingenieros y auscultar respecto a la integralidad de su formación y a las tensiones surgidas durante ella.

De acuerdo con la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), la Ingeniería se basa en resolver problemas y la formación debe atribuir a sus egresados en competencias de concebir, diseñar, implementar y operar. Esto desde un currículo que reafirme la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad, la comunicación y la ética; para ello, los elementos claves para adaptación curricular son la creatividad, el cuidado del medio ambiente y lo cotidiano; es decir, resolver problemas acordes a la modernidad que permitan beneficio mutuo, características propias del diseño mecatrónico (Velazquez- Perez et al., 2015).

En un estudio sobre percepción de los estudiantes de ingeniería mecánica, Espino- Román et al. (2015) señalan un término importante en la educación que es la disposición en un ambiente propicio de estudio junto a las actitudes y valores respecto a temas como la ecología, medio ambiente y su relación con la ciencia y la tecnología, advirtiendo que, para lograr un buen proceso, en un currículo en ingeniería mecánica se deben buscar estrategias de enseñanza y aprendizaje que favorezcan el trabajo en colaboración entre las disciplinas, siendo esto evidencia que planes curriculares con modelos asignaturistas en programas transdisciplinarios obligan al desarrollo del curso de diseño mecánico como eje integrador de las diferentes áreas en la mecánica. En el mismo sentido, otros cursos como robótica para medicina, diseño biomecánico, automatización, robótica para sistemas productivos, cursos que se basan en diseño de productos de manera “transdisciplinar porque va más allá de cada una de las disciplinas integradas”(Carvajal-Rojas, 2013, p 8.). Bajo este criterio se menciona, además, que los docentes que hacen parte de la investigación deben relacionarse con el sector empresarial, lo que permite establecer los perfiles. Lloret et al. (2010) recomiendan para ingeniería mecánica adaptar a las necesidades de una ocupación específica, enfocar hacia la dirección empresarial, además de formar capacidades éticas, sociales, creativas, visión de futuro, de innovación, inteligencia, capacidad de liderazgo, etc. para lograr la interdisciplinariedad en los procesos curriculares.

Cuervo- Pinto et al. (2014) señalan que en ingeniería mecánica existe curricularmente una transición cronológica desde la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad inicial, la interdisciplinariedad como tal y finalmente la etapa de la transdisciplinariedad, siempre ligada con las necesidades empresariales para la integración de distintas áreas del conocimiento en el desarrollo de diferentes productos, afirmando a la ingeniería no como una ciencia aplicada, sino como una disciplina independiente que ha evolucionado con los requerimientos de la humanidad y de la industria en equipos con diseño concurrente. Dicha evolución tanto horizontal o temporal como vertical dependiente de la tecnología, curricularmente se ha visto como una disciplina única o aislada desde el aporte de varias áreas de conocimiento y con cooperación mutua y acumulativa pero no interactiva; luego, “la interdisciplinariedad cobra sentido en la medida en que flexibiliza y amplía los marcos de referencia de la realidad, a partir de la permeabilidad entre las verdades de cada uno de los saberes” (Cuervo- Pinto et al., 2014, p 7.). Una etapa superior es la transdisciplinariedad en donde ya no se consideran fronteras entre las disciplinas, sino que hay un constructo teórico que soporta a la mecánica como una disciplina sólida con objetivos comunes y aplicación directa al mundo real.

Para llegar a la transdisciplinariedad los autores plantean que en los currículos debe existir una cantidad de materias que integren las disciplinas y que el número de estas hace que el programa sea de mayor transdisciplinariedad. En la actualidad, Aquino-Robles et al. (2015) mencionan que “la transición de la educación tradicional a la transdisciplinar en Ingeniería Mecánica se enfoca en conformar núcleos integradores para adquirir destrezas de pensamiento lógico y para prever el comportamiento de los sistemas físicos, pero que no reemplazan el cultivo de la inventiva a través del diseño” (p 3).

Para facilitar la transdisciplinariedad en el programa de Ingeniería Mecatrónica, “desde los núcleos integradores se sugiere de manera holística la interdependencia entre la teoría, la práctica, la investigación y la evolución constante de estos elementos con reflexión individual y colectiva para formar una conciencia socio-histórica sobre el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico” (p 8). Como ejemplo de aplicación de los núcleos integradores, Guzmán- Valdivia et al. (2013) muestran una tendencia en el desarrollo de diferentes dispositivos mecatrónicos como prótesis para la rehabilitación a personal con discapacidades físicas, lo que conlleva a la integración de nuevas áreas del conocimiento como son la fisioterapia, medicina, biomecánica, entre otras, las cuales permiten nuevas relaciones entre las disciplinas, advirtiendo sobre ciertas tensiones disciplinares, como lo indica Cuervo- Pinto (2018), quien comienza con una pregunta reflexiva en el título de su artículo: “¿Realmente estamos haciendo mecatrónica?”, argumentado que muchas universidades enfocan la mecatrónica en la enseñanza de variedad de temáticas, pero no en su integralidad y que en las empresas en general los empleadores tienen la disposición de incluir a los ingenieros mecatrónicos en cargos de profesiones semejantes como de ingeniería mecánica, electrónica, automotriz, entre otras. Por esto afirma que, según muchas definiciones de mecatrónica, se observa el término “Sinergia”, el cual no se realiza como tal en la formación de ingenieros ni en el ámbito laboral, concluyendo que:

Los problemas reales son interdisciplinarios y complejos (Chávez - Tortolero). La identidad temática de la Mecatrónica se logrará exaltando a la sinergia, conceptual y operativamente, abordando necesidades sociales como proyectos que inherentemente, son temáticas, interdisciplinarias y complejas, no pueden solucionarse con una sola disciplina y su satisfacción óptima cruza por los efectos sinérgicos que otorga la Mecatrónica (Cuervo- Pinto, 2018, p 12.).

En este sentido, Carvajal -Rojas (2017) menciona que la ingeniería actual se centra en los avances tecnológicos en comunicaciones, el manejo de información y las tecnologías integradas como la robótica, la automatización industrial como formuladoras de proyectos multidisciplinarios según nuevos métodos de producción en una cuarta versión de la revolución industrial, lo que ayuda a responder al interés de la industria y de la sociedad y permite la integración sinérgica para el desarrollo de productos con la intervención tanto de la academia como de la empresa y el Estado en función del beneficio social.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la indagación sobre los elementos curriculares que caracterizan a los programas de ingeniería mecatrónica se realiza un proceso de búsqueda de distintos currículos, objetos de estudio y perfiles profesionales ofrecidos por algunas instituciones, tanto regionales como nacionales e internacionales. Esto permite establecer criterios y elementos con semejanzas en los diferentes programas con miras a una potencial unificación del objeto curricular.

Una vez detallados dichos elementos se realiza una revisión de los principales proyectos curriculares desarrollados por la ingeniería mecatrónica y cómo se lleva a cabo la formación de los ingenieros, para lo cual se tomarán como referencia artículos de investigaciones realizadas en programas de ingeniería mecatrónica y

semejantes respecto a diseño curricular, transdisciplinariedad y otros estudios en el programa.

Para encontrar los diferentes elementos curriculares que integran la formación del ingeniero mecatrónico se desarrolla una investigación basada en la teoría fundamentada (Gordon, 1999), metodología de investigación para el estudio de procesos sociales básicos con el fin de descubrir aspectos relevantes en una determinada área de estudio. Strauss y Corbin (1990) indican que, si la metodología se utiliza adecuadamente, reúne todos los criterios para ser considerada rigurosa como investigación científica. Glaser (1992) afirma que la teoría fundamentada es útil para investigaciones en campos que conciernen a temas relacionados con la conducta humana dentro de diferentes organizaciones, grupos y otras configuraciones sociales.

Esta metodología se desarrollará en dos estrategias, la primera como un método comparativo constante en el que el investigador codifica y analiza datos con el fin de desarrollar conceptos y refinarlos por medio de la identificación de propiedades, interrelaciones e integración con la teoría existente, para lo cual en el programa de Ingeniería Mecatrónica se desarrolla un análisis de conceptos curriculares como la transdisciplinariedad y otros aspectos relevantes que aportan al mejoramiento del programa para lo cual se recurre a fuentes documentales sobre las cuales se hará el respectivo análisis curricular de los diferentes programas de Ingeniería Mecatrónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contexto de oferta del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

En el contexto de la formación de la Ingeniería Mecatrónica, el MEN indica el año en que se activa el registro calificado de las distintas universidades en Colombia evidenciando la trayectoria de estas respecto al programa de Ingeniería Mecatrónica, así:

Tabla 1. Trayectoria de registro calificado del programa de ingeniería mecatrónica en Colombia.

Universidad	Fecha de Registro SNIES	Antigüedad años
Militar Nueva Granada	21/03/1998	23
Autónoma de Occidente	21/03/1998	23
San Buenaventura	17/06/1998	23
Autónoma de Bucaramanga	25/01/1999	22
Santo Tomás	05/05/1999	23
U. de Pamplona	01/02/2000	21
Tecnológica de Bolívar	25/10/2000	21
Nacional de Colombia	22/08/2001	20
Nacional de Colombia	12/11/2002	19
EIA	24/10/2003	18
Institución Universitaria EAM	17/10/2006	15

Tecnológica de Pereira	21/03/2007	14
Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	02/04/2007	14
Autónoma del Caribe	06/06/2008	13
Corporación Universidad Piloto de Colombia	17/06/2008	13
Fundación Universitaria Agraria de Colombia	26/11/2008	13
De Boyacá	08/04/2009	12
Institución universitaria ITSA	19/04/2010	11
De Caldas	22/04/2010	11
Instituto Tecnológico Metropolitano	22/04/2010	11
Corporación Universitaria Comfacauca	27/06/2012	9
Corporación Tecnológica Industrial Colombiana	24/07/2013	8
ECCI	26/10/2013	8
Antonio Nariño	05/12/2014	7
Mariana	24/07/2015	6
Corporación Universitaria del Huila	28/05/2016	5
ECCI	20/06/2016	5
Universitaria Agustiniana	27/10/2016	5
Simón Bolívar	19/06/2018	3
EAN	09/07/2018	3
Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	20/01/2020	1
Pontificia Universidad Javeriana	08/04/2020	1
Fundación Universitaria los Libertadores	05/11/2020	1
Fundación Universidad de América	11/11/2020	1
Institución Universitaria Digital de Antioquia	14/12/2020	1
Manuela Beltrán	29/12/2020	1

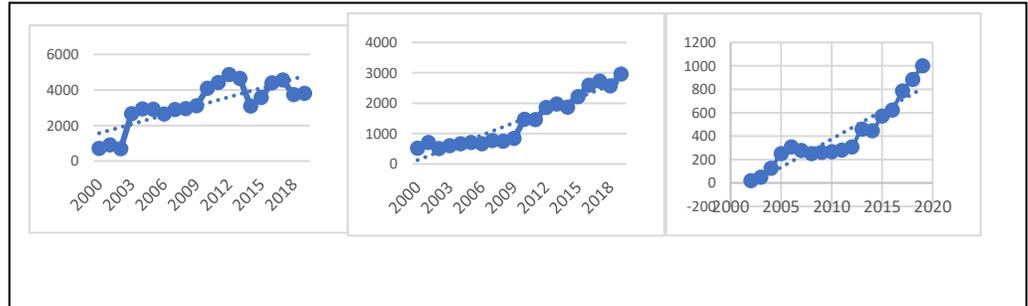
Fuente: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022).

Por otra parte, en los programas de ingeniería mecatrónica en Colombia se observa una trayectoria de 23 años a partir del registro del programa en las bases de datos del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), lo cual indica que existe un número considerable de profesionales en esta área y que el programa es acogido por la población; además, según los datos se encuentra que existen varias universidades que están dando apertura al programa, es decir, que ha crecido la oferta continuamente desde hace 23 años hasta hoy.

Con referencia a las bases de datos consolidadas por el MEN, se encuentra el histórico a partir del año 2000 hasta el año 2019 con la

cantidad de personas inscritas, matriculadas y graduadas de los programas de ingeniería mecatrónica en Colombia (Figura 1).

Figura 1. Comportamiento temporal de inscritos, matriculados y egresados a programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia.



Fuente: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior SNIES (2020)

El comportamiento temporal de las inscripciones, primera matrícula y egresados a programas de ingeniería mecatrónica en Colombia es creciente desde el año 2000 hasta el año 2019 con una reducción en el año 2013 y 2014; sin embargo, se evidencia el interés marcado de la población por este programa.

Contexto de la investigación de ingeniería mecatrónica en Colombia

La investigación en Colombia está caracterizada por el departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e innovación (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, MinCiencias; anteriormente Colciencias), que promueve políticas públicas para el fomento de la investigación. Actualmente, se han clasificado 5 772 grupos de investigación desde la categoría A1 hasta reconocidos. En el caso de ingenierías, existe un 19% de los grupos clasificados en la Figura 2:

Figura 2. Caracterización de los grupos de investigación en Colombia por categorías para Ingeniería y Tecnología.



Fuente: MinCiencias (2022)

Se observa que para ingeniería mecatrónica existe afinidad en la categoría de Ingeniería Mecánica, Ingeniería de los materiales, Ingenierías Eléctrica, Electrónica e Informática y otras ingenierías, con un total de 847 grupos de investigación, correspondientes al 14.7% del total de grupos en Colombia. Además, existen 4078 investigadores equivalentes al 57.9% con nivel de doctorado. Las diferentes cifras las indica Colciencias en la Figura 3.

Figura 3. Investigadores en la categoría Ingeniería y Tecnología.



Fuente: MinCiencias (2022).

Por otra parte, la producción científica de los grupos, de acuerdo con la clasificación del MinCiencias, corresponde a 46% en nuevo conocimiento referido principalmente a 25 171 artículos publicados; 7% en desarrollo tecnológico e innovación con 2 131 producciones de software; 19% de apropiación social del conocimiento con 29 752 eventos científicos; y 29% en formación de recurso humano enfocado en 35 228 tesis de pregrado (Colciencias, 2022).

De acuerdo con los datos presentados por MinCiencias, y con relación a ingeniería mecatrónica como un programa en el que participan docentes desde varias disciplinas, la participación investigativa de ellos se adecúa a un gran número de opciones de grupos de investigación. De acuerdo con la búsqueda en áreas de ingeniería se tienen algunos referentes que permiten establecer los temas principales en la investigación relacionada con ingeniería mecatrónica en Colombia, en donde se demuestra que el interés va ligado a las tendencias mundiales y principalmente enfocadas al diseño de productos mecatrónicos evidenciados en las líneas de grupos de investigación de programas de ingeniería mecatrónica expuestos en la Tabla 2.

Tabla 2. Líneas de investigación de algunos grupos de Investigación clasificados por Colciencias en los que participan programas de ingeniería mecatrónica en Colombia.

Grupo/Universidad/Clasificación	Líneas
Grupo Materiales de Ingeniería, GIMI. Universidad Tecnológica de Pereira. 2003 C	Materiales metálicos, polímeros, soldadura, tribo-corrosión, tribología.
Grupo de diseño avanzado Fundación Universidad de América. 2003, Bogotá D.C. C	Automatización industrial, biomecánica, materiales y diseño de máquinas, modelado y simulación computacional.
Grupo de investigación en diseño, análisis y desarrollo de sistemas de ingeniería, GIDAD. Fundación universitaria los libertadores, Bogotá D.C. A	Aeronáutica y sistemas aeroespaciales, dinámica de fluidos computacional, diseño, transformación de procesos productivos y desarrollo sostenible, y estadística aplicada.
Investigación en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, GIMEC. Universidad Santo Tomas, Meta- Villavicencio. C	Automatización, diseño mecánico, energías renovables, materiales y manufactura.
OPINA- Optimización, Infraestructura y Automatización. Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano, Bogotá D.C. Reconocido, 2019.	Analítica de datos e inteligencia de negocios, gestión organizacional, industrias y organizaciones.
DIMMANO (Diseño, materiales, manufactura y optimización). Universidad Santo Tomas, Meta- Villavicencio 2010. C	Diseño y manufactura, materiales y optimización.
Instrumentación, Automatización y Redes de Aplicación Industrial, INTEGRA. Universidad Distrital, Bogotá D.C, 1999. C	Automatización industrial, bioingeniería, instrumentación.
Sistemas de Control y Robótica, 2009. Universidad de Antioquía. A1	Internet de las cosas, optoelectrónica, Smart Grids y movilidad eléctrica sostenible.
Grupo de investigación y desarrollo en energía. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta. C	Eficiencia energética, energías renovables, generación distribuida, operación control e instalación de sistemas de energía eléctrica, redes eléctricas inteligentes
Grupo de Investigación en Instrumentación, Modelamiento, Automatización y Control, GIMAC. Universidad de Boyacá, Tunja, 2010. B	Robótica, Automatización y Control, análisis, modelado y tratamiento de señales, educación en ingeniería, física de superficies, instrumentación electrónica.
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes. Corporación Universitaria Unicomfacauca. Popayán, 2005. B	Automatización y control, materiales en ingeniería sostenible, robótica e inteligencia computacional.
Grim. Universidad Mariana, Pasto. C	Desarrollo mecatrónico.
Innovación Verde. Fundación Uniagraria, Bogotá. B	Agricultura de precisión, gestión y conversión de energía.
Grupo de Investigación en Ingeniería Mecatrónica (GIIM). Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla. 2009. B	Bioingeniería y biomédica, enseñanza de las ingenierías, inteligencia y visión artificial, optimización de procesos con nanotecnología y nuevas fuentes de energías, robótica y automatismo.
DAVINCI. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2002. A1	Biomecatrónica, optimización y control de sistemas dinámicos, robótica híbrida, simulación y realidad virtual.

Control y Mecatrónica UNAB, 2004. Bucaramanga. A	Automatización y control, diseño mecatrónico, biomédico y robótica, modelación y simulación.
Mecatrónica y diseño de máquinas EAFIT, Medellín. 1996 C	Diseño conceptual y metódico, diseño mecánico, eficiencia energética, electrónica, automatización y control, mecánica computacional, mecatrónica, modelación de sistemas dinámicos, movilidad y transporte, sistemas térmicos, y desarrollo de software CAD/CAM.
Mecabot. Universidad Tecnológica de Pereira, 2010. B	Aeronáutica, automatización industrial, diseño mecatrónico de máquinas, energías limpias, enseñanza de la mecatrónica por ciclos propedéuticos, instrumentación y control, robótica, y sistemas y señales.
Grupo de Trabajo en Nuevas Tecnologías de Diseño y Manufactura-Automatización DIMA Universidad Nacional, Bogotá. 1998. B	Automatización de máquinas, robots-procesos, diseño de productos y procesos industriales, manufactura flexible, prototipado rápido, realidad y manufactura virtual, y repotenciación tecnológica

Fuente: MinCiencias (2022)

Con base en lo anterior, es evidente que los programas de ingeniería mecatrónica en Colombia aportan significativamente a la investigación tanto aplicada como en sentido estricto abordando temáticas desde los grupos de investigación multidisciplinarios, lo que conlleva a desarrollar la interdisciplinariedad en los proyectos desarrollados en las distintas áreas y que posiblemente aborden la transdisciplinariedad a la luz de los avances científicos y tecnológicos del contexto de innovación empresarial e industrial reflejados en los productos finales, siendo la investigación un elemento de vital importancia en el diseño mecatrónico, principalmente como acción de formación enmarcado en la generación de nuevas estrategias de conformación de productos creativos y novedosos que generen soluciones transdisciplinarias al contexto.

Codificación inductiva desde documentos de Proyecto Educativo del Programa

En la lectura detallada de los diferentes documentos se encuentran diferentes códigos o “datos de la investigación” en donde existe mayor relevancia en características del programa tales como el enfoque sobre el diseño mecatrónico, el carácter de integralidad en el currículo, algunos términos de semejanza como la automatización, además de elementos que permiten la definición de mecatrónica como son la sinergia y los productos mecatrónicos.

Los códigos, al tener una relación directa en los diferentes documentos, permiten definir, en este caso, 7 categorías por asociación de datos visibilizados en los códigos. Esto permite generar conceptos propios del programa de Ingeniería Mecatrónica de manera inductiva y por relación. Estas son las categorías:

- **Diseño para mecatrónica:** permite considerar que en mecatrónica el diseño se caracteriza por ser Integral fundamentado en la interdisciplinariedad como eje articulador en el intercambio de experiencias dadas en la interacción del trabajo en equipo, la visión sistémica y la proactividad en un sistema holístico y concurrente. Además, se enmarca en el uso de diferentes herramientas para la transformación de las ideas en productos y en el caso de los procesos de manufactura se caracterizan por tener en cuenta los materiales, ahorro energético, producción limpia, sustentabilidad y sostenibilidad, aprendizaje desde el hacer y el desarrollo de productos novedosos modernos en pro de la calidad de vida de las personas.
- **Herramientas para el programa:** en función del uso en diseño, son la simulación, el modelado, algoritmos heurísticos, dibujo, manufactura y estudio apoyado en computador, ciencias del conocimiento básico y experimental, además del diálogo permanente en un equipo de trabajo en las diferentes etapas del diseño conceptual, detallado y de validación junto a la transferencia del conocimiento; es decir, habilidades blandas. Por otra parte, la ingeniería mecatrónica requiere de las disciplinas que la integran, tales como la informática, la mecánica y la electrónica, junto a elementos tecnológicos, aspectos genéricos en la ingeniería y herramientas de integración de disciplinas tales como proyectos, investigación, relaciones con sector externo y un componente administrativo.
- El programa de ingeniería mecatrónica basa las **metodologías de enseñanza- aprendizaje** en herramientas de la transversalidad y el aprendizaje autónomo propios del modelo constructivista y por competencias, para lo cual se encuentra elementos administrativos en la ejecución práctica de proyectos y solución de problemas que integran las distintas disciplinas.
- **La integralidad:** es una visión sistémica abordada desde un horizonte epistemológico de la Ingeniería mecatrónica como nueva disciplina del conocimiento que combina de manera concurrente los conocimientos sin restricciones, correlacionando las ciencias en el desarrollo de productos bajo criterios de diseño en un acuerdo temporal, caracterizados por su adaptabilidad desde lo holístico pero versátil y enfocados a la calidad de vida. Se favorece por el aprendizaje desde el hacer,

el trabajo en equipo, la experiencia, la cultura de indagación, la creatividad, la colaboración, el diálogo; aspectos relacionados con metodologías basadas en el aprendizaje por problemas y proyectos en un contexto de competencias. La **Integralidad** en Mecatrónica genera aprendizaje significativo, apropia, divulga y desarrolla el saber científico con capacidad crítica en medio del diálogo y el liderazgo para el desarrollo de nuevos productos mecatrónicos competitivos y con estándares en su producción. El objetivo principal de la **integralidad** en Mecatrónica radica en diseñar y mejorar nuevos productos y procesos mecatrónicos con identidad propia y de alta tecnología sostenibles y competentes.

- **Programa curricular:** se enmarca en una estructura dinámica que fortalece la identidad de las disciplinas clásicas como capital cultural y social. Considera en la formación los componentes básicos, fundamental, de investigación formativa, de énfasis, humanista y articula las ciencias básicas y experimentales en productos con ciclos de vida definidos.
- **Competencias:** se identifican para ingeniería mecatrónica que, inicialmente, existen áreas de formación discriminadas como básicas, profesionales, de ingeniería, socio humanística, ciencias experimentales de competitividad y de diseño. De allí que se desprenden las competencias básicas, genéricas y específicas y unas transversales como idioma extranjero, liderazgo y del saber ser, saber y servir, competencias actitudinales, tecnológicas y las de integralidad. Para ello, las estrategias de enseñanza-aprendizaje se fortalecen en el aprendizaje activo por proyectos y problemas que dan a mecatrónica la identidad como profesión en la universidad.
- **Mecatrónica como profesión:** en los documentos se refiere a un programa profesional de formación integral e interdisciplinario por competencias y metodologías para el aprendizaje basadas en problemas y proyectos cuyo objeto de estudio es el diseño de procesos y productos mecatrónicos relacionados con el grado de automatización que tengan desde una visión sistémica con un horizonte epistemológico holístico que para cumplir con la integralidad recurre al diseño concurrente y al liderazgo en el trabajo en equipos multidisciplinarios.

CONCLUSIONES

Ontológicamente, las tensiones que devienen de la propia necesidad de integrar varias disciplinas distintas cuyas madureces les ha permitido definir su propio objeto de estudio, lo que significa que la tensión es un elemento connatural a la mecatrónica, dado que el avance en el conocimiento de esta ingeniería se dinamiza en el diálogo de conceptos entre las disciplinas desde sus fronteras, sin romper el contacto entre ellas y sin que una disciplina colonice a la otra. Bajo este diálogo es que justamente la mecatrónica construye su conocimiento y desplaza las fronteras del mismo a nuevas aplicaciones tecnológicas en la solución de problemas acordes con los avances técnicos y científicos que vistos desde la usabilidad conllevan a la transdisciplinariedad connatural a la mecatrónica a partir del diseño de productos mecatrónicos, de allí que curricularmente el abordaje de este curso propuesto por el programa de ingeniería mecatrónica es de vital importancia y debe nutrirse de la investigación aplicada y de innovación.

En la dimensión formal-estructural del currículo (De Alba, 1998), se muestra la ingeniería mecatrónica como una profesión que se ejerce a partir de la tensión ontológica y su dinámica entre varias disciplinas junto a la plasticidad de los profesionales en el campo laboral y el desarrollo interdisciplinario; sin embargo, la estructura curricular a partir de los modelos asignaturistas presentes en las instituciones genera un ambiente de tensiones que aíslan a las disciplinas y rompen la dinámica del diálogo interdisciplinar, pero, al mismo tiempo, la academia y el sector externo compensan la formación de los profesionales en mecatrónica desde el aprendizaje por proyectos y el diseño de productos mecatrónicos para la solución de problemas, los cuales invitan y exigen reconocer la importancia del diálogo permanente entre las disciplinas para lograr la integralidad en las soluciones mecatrónicas y el desarrollo de la transdisciplinariedad con la sinergia de las fronteras de las disciplinas.

RECOMENDACIONES

La dimensión procesual-práctica del currículum, según De Alba (1998), es el ámbito que corresponde al currículo desarrollado en aula. Sobre la formación de ingenieros mecatrónicos que desde el currículum debe propiciar aprendizajes para generar alertas de las tensiones propias de la mecatrónica que siempre se dan entre lo que existe desde la ciencia, la técnica y la dinámica que genera el nuevo conocimiento. De allí la importancia de evitar tensiones negativas que curricularmente dificultan la integración de las distintas disciplinas y limitan la formación transversal, holística y transdisciplinaria. Para ello es necesario formar el pensamiento en los profesionales con alertas permanentes en la comunicación y diálogo entre disciplinas para la solución de problemas que dinamicen, complejicen y problematicen hasta que se diluyan sin que pierdan la naturaleza de las otras ingenierías, dado que el mundo de la vida en el que operan los ingenieros mecatrónicos está integrado y los conceptos se articulan en el mundo propio de la mecatrónica a partir del diálogo cognitivo, práctico y ontológico entre lo técnico y lo

instrumental siempre expectante a identificar la posibilidad de intervención de la mecatrónica en situaciones que lo convoquen hacia desplazar y trascender las fronteras del conocimiento conduciendo a la sinergia.

REFERENCIAS

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI (2020). *Nomenclatura de títulos de pregrado en ingeniería en Colombia*. A. C. de F. de Ingeniería, Ed.

Aquino-Robles, J. A., Corona, L. y Fernández N, C. (2015). De la educación tradicional a la docencia transdisciplinar, en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica. In *XII congreso internacional sobre innovación y desarrollo tecnológico*. Cuernavaca, México (pp. 1–9). Cuernavaca Morelos. https://www.academia.edu/12086215/De_la_educaci%C3%B3n_tradicional_a_la_docencia_transdisciplinar_en_la_ense%C3%B1anza_de_la_Ingenier%C3%ADa_Mecatr%C3%B3nica

Carvajal Rojas, J. H. (2013). Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares. *Scientia et Technica*, 18(1), 86–94. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84927487013>

Carvajal Rojas, J. H. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, (July), 19–21.

Castro Parra, N. E. (2014). *Currículo y responsabilidad social en la formación de ingenieros civiles en las escuelas militares de Colombia- generación de capital social educativo- (2006-2012)*. Universidad Santo Tomas.

Cazares, M. (2017). Una reflexión teórica del currículum y los diferentes enfoques curriculares. *UCF, Cuba*. colombiaaprende.edu.co/html/mediateca

Cuervo Pinto, V. D. (2018). Realmente estamos haciendo mecatrónica? *Espacio Innovación y Desarrollo*, (2580). https://www.academia.edu/55689470/_Realmente_estamos_haciendo_mecatr%C3%B3nica

De Alba, A. (1998). *Curriculum: crisis, mito y perspectivas*. Miño y Dávila editores S.R.L.

Espino-román, P., Davizon-castillo, Y. y Olaguez-torres, E. (2015). Análisis de la Percepción del Medio Ambiente de los Estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica. *Formación Universitaria*, 4(8), 45–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400006>

Gordon, P. (1999). Robert owen (1771-1858). *Revista Trimestral de Educación Comparada*. (París, UNESCO: Oficina Internacional de Educación), XXIV(1–2, 1993), 279–297.

Guzmán Valdivia, C. H., Blanco Ortega, A. y Salazar, O. (2013). Entendiendo la Mecatrónica en la Rehabilitación. *X Congreso Internacional Sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico, 13 Al 15 de Marzo de 2013*.

Guzmán Valdivia, C. H. (2013). Reprobación y Desinterés en Alumnos de Ingeniería Mecatrónica. *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas*, 25(1856–1594), 33–46. Recuperado de www.revistaorbis.org.ve

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, MinCiencias (2022). La cifra en ciencias. <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos>

Ministerio de Educación Nacional (2019). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior SNIES. *Snies*, 57(1), 1–3.

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, SNIES-MEN. (2022). *Bases Consolidadas de programas de educación superior*. <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>

Velazquez Perez, T., Puentes Velazquez, A. Ma. y Florez Villamizar, L. (2015). Una Mirada a los fundamentos onto-epistemológicos de la carrera Ingeniería de Sistemas como base para repensar el impacto social en tiempos de cambio. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1–25(1692–7257), 99–103. <https://doi.org/10.24054/16927257.v25.n25.2015.2380>