



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



REPENSANDO EL CURRÍCULO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA: POTENCIANDO LA CONSTRUCCIÓN COLABORATIVA Y LA MEDICIÓN OBJETIVA PARA LA MODERNIZACIÓN EDUCATIVA

**Miguel Alejandro Gamboa Márquez, Jennifer Paola Corredor Gómez, Sandra Janeth Hernández
Otálora, María Fernanda Díaz Hernández**

**Universidad Piloto de Colombia
Bogotá, Colombia**

Resumen

En el programa de ingeniería mecatrónica se ha llevado a cabo un proceso para repensar el currículo. La meta siempre presente durante este ejercicio crítico es encontrar la articulación adecuada de saberes, valores, habilidades, talento, infraestructura y prácticas administrativas y pedagógicas que permitan formar profesionales que puedan afrontar los retos del siglo XXI, generar proyectos relevantes y construir una sociedad más justa y sostenible.

El objetivo central del proceso de repensar el currículo es planear la formación de los estudiantes de ingeniería para que adquieran las habilidades para:

- Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.
- Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.
- Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.

A través de la generación de herramientas para la cuantificación y evaluación de habilidades de pensamiento superior, se logró establecer la red objetual del programa en Ingeniería Mecatrónica.

Palabras clave: diseño curricular; habilidades de pensamiento superior; CDIO

Abstract

At the Mechatronics Engineering program, a process has been developed in order to rethink the curriculum. The main focus is to find the proper interplay of knowledge, values, skills, abilities, infrastructure and administrative and pedagogical practices, that allow to shape professionals who can face the challenges of the 21st century, generate relevant projects and build a fairer and more sustainable society.

The main objective of the rethinking process is to plan the engineering students' education so they can acquire skills for:

- *Mastering a deep operative knowledge of the technical fundamentals.*
- *Being leaders in the creation and operation of novel products and systems.*
- *Understanding the importance and strategic impact of research and technological development within society.*

Through the generation of quantitative assessment tools for the higher-order thinking skills, it was possible to establish a curricular object network in the Mechatronics Engineering program.

Keywords: *curricular design; higher-order thinking skills; CDIO*

1. Introducción

El ejercicio pedagógico que se realiza asociado a la resignificación curricular es el resultado de una construcción colectiva, en la que la participación de los docentes y coordinadores de las diferentes áreas es esencial en la búsqueda del cumplimiento de la misión del programa. En este contexto, se deben considerar los estudiantes como sujetos de conocimiento y sujetos transformadores de la sociedad; y a la universidad, no como constructora de productos, sino como constructora activa de la sociedad.

Por lo aquí expuesto que se debe realizar un ejercicio dialógico entre pares, que permita pensar y repensar en lo que estamos haciendo y cómo lo estamos haciendo y poner nuestro conocimiento al servicio de todos. Hacer universidad es pensar hacia afuera, hacia la sociedad, desde una perspectiva crítica y social para construir conocimiento, en el sentido de realizar el desarrollo de un trabajo holístico y flexible.

Teniendo en cuenta todo este contexto, se requiere construir o reconstruir los propósitos de aprendizaje, los cuales deben estar muy unidos a la misión institucional y del Programa, y ser el resultado de una construcción colectiva en la que se considere la comunidad académica.

2. Metodología

Repensar el currículo es una acción con la que el programa de ingeniería mecatrónica propende por generar una mirada autocrítica, reflexiva y prospectiva y propositiva hacia el currículo. Por tal razón se diseñó un proceso de recolección de opiniones y propuestas que involucre a todos los docentes del programa y que permitiera plasmar esa información de manera cualitativa y cuantitativa para obtener un panorama acertado del contexto actual y así tomar decisiones pertinentes para el desarrollo futuro. Este proceso de construcción colectiva tuvo lugar en dos etapas:

1. Una etapa de construcción centralizada o *Top-Down*. En este primer momento el programa designó un comité de gestión del conocimiento, el cual estableció unos lineamientos generales sobre el enfoque a emplear:
 - Un modelo objetual, en el cual se definen objetos de Conocimiento, estudio y aprendizaje.
 - A cada uno de los objetos curriculares se debe asociar un propósito de formación definido.
 - Los propósitos de formación deben estar en términos de habilidades de pensamiento superior.
 - Finalmente, teniendo en cuenta el trabajo anterior, se asignará a cada uno de los objetos curriculares estrategias didácticas correspondientes.
2. Una etapa de construcción descentralizada o *Bottom-Up*. En esta etapa se analiza y define la versión final del modelo objetual al involucrar a todos los docentes del programa. Es sobre este modelo objetual de construcción colectiva y consensuada que se establecen los propósitos de formación y estrategias didácticas asociadas.

Es importante destacar que, para lograr una colaboración medible y de común acuerdo, se desarrollaron una serie de instrumentos y talleres para la exposición de ideas, puntos de vista y autoevaluación del currículo.

2.1. Construcción del modelo objetual

Inicialmente, mediante el debate académico y la socialización de opiniones y resultados, el programa estableció una red de objetos curriculares divididos en tres categorías: Objeto de Conocimiento (OC), Objetos de Estudio (OEs) y Objetos de Aprendizaje (OAs). El primero fue definido como el cuerpo de conocimiento al que convergen todas las actividades de enseñanza-aprendizaje. Este es único y distintivo para el programa académico. Los objetos de estudio son áreas diferenciadas que permiten lograr la formación integral del futuro profesional. Finalmente, los objetos de aprendizaje están asociados a un objeto de estudio de conocimiento en particular y circunscriben de manera más concreta las habilidades, conocimientos y valores que el estudiante debe adquirir y que continuar desarrollando en su vida profesional.

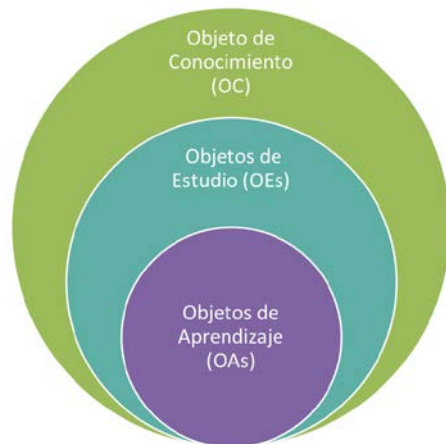


Figura 1. Jerarquía de los objetos curriculares.

Los instrumentos para la construcción colectiva incluyeron: Encuestas anónimas, talleres de construcción con objetivo y formatos predefinidos, análisis estadístico y visualización de datos en R y en Excel®. Como insumos adicionales se emplearon la taxonomía de Bloom y sus revisiones, el currículo CDIO versión 2.0 (Crawley, Malmqvist, Ostlund, & Brodeur, 2007) y el modelo del ranking Multidimensional U-Multirank (van Vught & Ziegele, 2012). Otras experiencias y publicaciones en desarrollo y diseño curricular fueron incluidas como material para incitar al debate crítico (Ministerio de Educación Nacional, 2014; Molina Madrid & Pachón de la Cruz, 2014).

2.2. Definición y caracterización de los actores del programa

Los actores del programa se clasificaron de la siguiente forma:

- *Estudiantes 1-3*: Estudiantes de primer a tercer semestre.
- *Estudiantes 4-10*: Estudiantes entre cuarto y décimo semestre.
- *Egresados y graduados*: Personas que hayan cumplido con los requisitos académicos y/u obtenido el título en Ingeniería Mecatrónica.
- *Profesor*: Profesores de planta y de cátedra pertenecientes al programa académico.
- *Programa*: Programa académico en Ingeniería Mecatrónica.

Se realizó una ponderación de competencias para el perfil del Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Piloto de Colombia. Se tomó como referencia el currículo propuesto por la iniciativa CDIO, el cual se ilustra en la figura 2. Para llegar a la meta planteada primero se debe identificar las habilidades actuales de los actores del programa. Para esto se generó un instrumento de evaluación que contempla 66 de las habilidades que la iniciativa CDIO ha identificado, enmarcadas en los cuatro aspectos fundamentales de la formación.



Figura 2. Clasificación de competencias basada en el currículo CDIO versión 2.0

Posteriormente se realizó la caracterización de los objetos de aprendizaje. Para identificar los propósitos de formación, los tiempos requeridos para el aprendizaje, los conocimientos y habilidades previas, así como las dinámicas o técnicas didácticas requeridas para la aprehensión de cada objeto de aprendizaje y su relación con las habilidades CDIO, se diseñaron instrumentos acogiendo las correcciones y sugerencias de los profesores.

Para cada Objeto Curricular se realizó un formato de identificación de Habilidades de Pensamiento Superior, Estrategias Didácticas Asociadas y Propósitos de Formación.

Se realizó la identificación y jerarquización de las Habilidades de Pensamiento Superior respectivas. Con ellas se procedió, mediante preguntas abiertas, a la construcción del propósito de formación y, finalmente, se eligieron las estrategias didácticas más apropiadas.

Las estrategias didácticas disponibles para el instrumento, después de revisar en la literatura (Information Resources Management Association, 2015; Kaikkonen & Lahtinen, 2011; Sundsbo Ouahyb et al., 2015), son las siguientes:

- a. Aprendizaje Colaborativo (AC)
- b. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)
- c. Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP)
- d. Método de casos (MC)

- e. Aprendizaje Basado en Investigación (ABI)
- f. Aprendizaje Servicio (AS)
- g. Aprendizaje Basado en Desafíos (ABD)

3. Resultados

El trabajo realizado se ha caracterizado por la construcción colaborativa en talleres a través de ejercicios dialógicos entre los profesores del programa de Ingeniería Mecatrónica, así como por la utilización de instrumentos de medición tipo encuesta que han arrojado resultados importantes para el proceso de resignificación curricular del programa.

3.1. Documento de Repensar (sensibilización)

Este documento surgió con el fin de concretar el escenario de trabajo a través del establecimiento de un lenguaje común para abordar la construcción colaborativa. El principal objetivo fue crear una cultura organizacional a nivel del cuerpo profesoral en la que el diálogo abierto y continuo permitiera materializar la visión de una política de constante modernización curricular.

El documento inicialmente hace una reflexión sobre el tipo de hombre - ingeniero que se quiere formar para entregar a la sociedad y al mundo teniendo en cuenta los principios fundacionales de la Universidad Piloto de Colombia; se centra en cuatro argumentos para orientar la acción de repensar el currículo del programa, con el fin de dar cuerpo a un planteamiento integral, en el cual se pueda garantizar una educación pertinente para lograr las metas de desarrollo de la Universidad y del país: la razón, la sociedad, la evolución y el conocimiento.

Aborda los siguientes aspectos: historia del conocimiento en la evolución de la ingeniería (ilustración, siglo XX y siglo XXI), ¿qué es la ingeniería?, ¿qué es un ingeniero?, el sentido de la Ingeniería, los efectos de la ingeniería en la sociedad del conocimiento y la ingeniería Mecatrónica en Colombia. Finaliza con la concreción de los conceptos de objetos de conocimiento, estudio y de aprendizaje de la ingeniería mecatrónica de la Universidad Piloto.

3.2. Red de Objetos de Ingeniería Mecatrónica

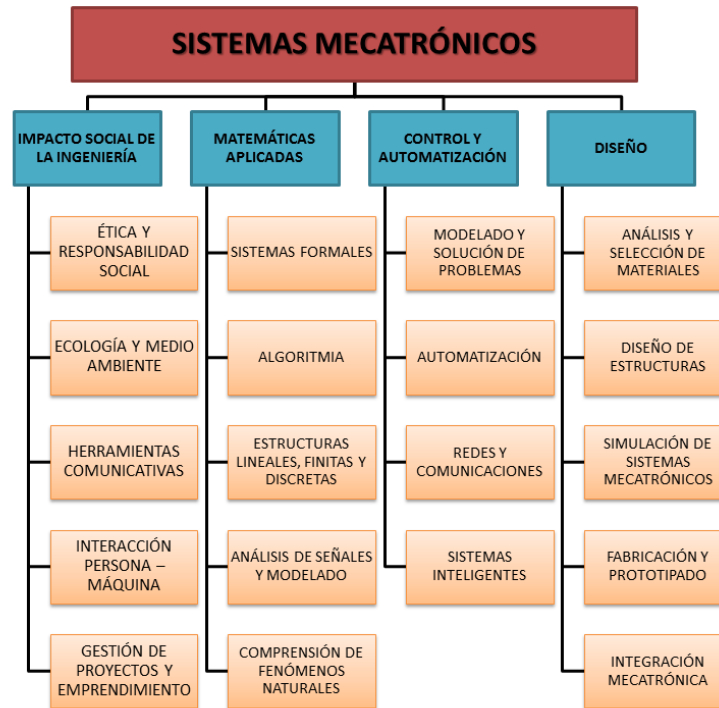


Figura 3. Red de Objetos Curriculares del Programa de Ingeniería Mecatrónica.

La Red de Objetos de formación de Ingeniería Mecatrónica (Figura 3), es resultado de la construcción colaborativa, que con base en una formación ideal de un Ingeniero Mecatrónico, permitió establecer los objetos que debería aprender (color crema), estudiar (color azul) y conocer (color rojo), teniendo en cuenta el enfoque socio-crítico de la Universidad Piloto de Colombia.

3.3. Identificación de Habilidades de los Actores del Programa

Con la información recogida y analizada en los pasos anteriores se logró el establecimiento de los propósitos de formación y didácticas asociadas a cada uno de los objetos de la red de saberes de Ingeniería Mecatrónica.

Aplicando la metodología de evaluación y caracterización desarrollada con base en la iniciativa CDIO, se logró identificar las habilidades de cada uno de los actores del programa, estableciendo algunas fortalezas y debilidades. En particular, se observó la contribución del ejercicio de formación del programa, suministrando un insumo importante para la formulación de planes de mejoramiento del programa.

Resultados Generales

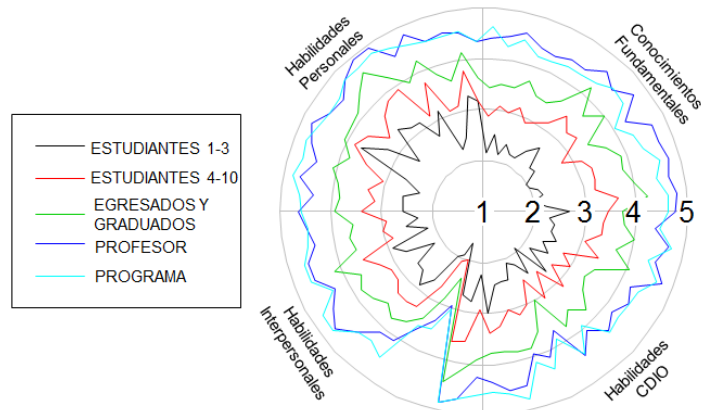


Figura 4. Diagrama de radar que resume la caracterización por habilidades CDIO de los diferentes actores del programa.

En la figura 4 se puede evidenciar, el aporte del programa en la formación de los Ingenieros mecatrónicos, donde se percibe un gran incremento en los resultados obtenidos por los egresados frente a los estudiantes de los primeros semestres, especialmente en las habilidades de contexto externo, social y ambiental, y de diseño, donde destacan en su orden las habilidades para comprender los roles y responsabilidades de los ingenieros, estar al tanto de las regulaciones a la ingeniería, realizar análisis financieros de proyectos de ingeniería, aplicar los conocimientos en el diseño y el proceso de diseño básico.

En cuanto a los profesores y el programa, los primeros se consideran con una leve fortaleza sobre el programa en las habilidades del proceso de diseño avanzado: fases y enfoques, en realizar análisis financieros de proyectos de ingeniería, en el proceso de diseño básico y en el desarrollo y evaluación de nueva tecnología, mientras que en las demás habilidades evaluadas consideran al programa en su conjunto con mayor fortaleza que a nivel individual de cada profesor.

Cabe anotar que la mayor fortaleza con la que ingresan los estudiantes, corresponde a las habilidades personales, lo que evidencia que están ingresando estudiantes con grandes potenciales para ser ingenieros; mientras que llama la atención dentro de las habilidades interpersonales el bajo nivel de las habilidades de comunicación en idiomas extranjeros diferentes al inglés, por lo que se considera importante establecer si para el programa es de interés y compete a su responsabilidad la formación en esta habilidad.

3.4. Caracterización de los Objetos de la Red

Con la información recogida y analizada en los pasos anteriores se logró el establecimiento de los propósitos de formación y didácticas asociadas a cada uno de los objetos de la red de saberes de Ingeniería Mecatrónica, la cual se presenta en la siguiente tabla:

OBJETO DE ESTUDIO	PROPÓSITO DE FORMACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	OBJETO DE APRENDIZAJE	DIDÁCTICA
IMPACTO SOCIAL DE LA INGENIERÍA	Pensar críticamente el impacto que puedan generar los sistemas mecatrónicos para establecer el rol de la ingeniería mecatrónica dentro de la sociedad.	Ética y responsabilidad social	MC
		Ecología y medio ambiente	ABR
		Herramientas comunicativas	AC
		Interacción persona - máquina	MC
		Gestión de Proyectos y Emprendimiento	AOP
MATEMÁTICAS APLICADAS	Pensar sistémicamente en el conjunto de las herramientas matemáticas aplicadas con lógica y razonamiento para resolver problemas en las ciencias naturales, la ingeniería, la medicina y las ciencias sociales.	Sistemas formales	ABP
		Algoritmia	ABP
		Estructuras lineales finitas y discretas	ABP
		Análisis de señales y modelado	ABP
		Comprensión de fenómenos naturales	ABP
CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	Solucionar problemas que aquejan a la sociedad para mejorar la confiabilidad y consistencia de procesos y dispositivos contribuyendo a la calidad de vida	Modelado y solución de problemas	ABP
		Automatización	AOP
		Redes y comunicaciones	ABP
		Sistemas inteligentes	AOP
DISEÑO	Evaluar y auto evaluar productos, sistemas y servicios de carácter mecatrónico para dar respuesta las necesidades de la industria y de la sociedad	Análisis y selección de materiales	MC
		Diseño de estructuras	ABP
		Simulación de sistemas mecatrónicos	ABP
		Fabricación y prototipado	AOP
		Integración mecatrónica	ABI

4. Conclusiones y Trabajo Futuro

- Se desarrollaron metodologías replicables y que permiten de manera cuantitativa y gráfica apoyar el diseño colaborativo de currículos para la formación ingenieril, adaptados al contexto propio de la institución.
- Mediante la divulgación de este trabajo se pretende recibir retroalimentación que permita mejorar las metodologías desarrolladas, y posteriormente compartir los enfoques de rediseño curricular con otros equipos docentes y administrativos interesados.

Referencias

- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). *Rethinking Engineering Education* (Vol. 53). New York, NY, USA: Springer. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Information Resources Management Association. (2015). *Curriculum design and classroom management: concepts, methodologies, tools, and applications*. (M. Khosrow-Pour, S. Clarke, M. E. Jennex, A. Becker, & A.-V. Anttiroiko, Eds.). IGI Global.
- Kaikkonen, O., & Lahtinen, T. (2011). Problem and Project Based Curriculum Vs. Cdio. In *7th International CDIO Conference*. Retrieved from <http://www.cdio.org/knowledge-library>
- Ministerio de Educación Nacional. (2014). Metodología MIDE: modelo de indicadores del desempeño de la educación.
- Molina Madrid, J. M., & Pachón de la Cruz, Á. (201AD). Alineación del currículo de un programa de ingeniería con la iniciativa cdio. In *Innovación en investigación y educación en ingeniería: factores claves para la competitividad global*. Cartagena de Indias: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES).
- Sundsbo Ouahyb, A., Runkle, B. R. K., Mcmonagle, S., Jantke, K., Lottermoser, F., Gottschick, M., ... Scheele, M. (2015). *Integrating Sustainability Thinking in Science and Engineering Curricula*. doi:10.1007/978-3-319-09474-8
- van Vught, F. A., & Ziegele, F. (Eds.). (2012). *Multidimensional ranking. Higher Education Dynamics* (Vol. 37). Springer. doi:10.1787/hemp-22-5km32wkjhf24

Sobre los autores

- **Miguel Alejandro Gamboa Márquez:** Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería Biomédica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Profesor de la Universidad Piloto de Colombia. miguel-gamboa@upc.edu.co
- **Jennifer Paola Corredor Gómez:** Ingeniera Mecatrónica, Magíster en Ingeniería Mecánica, Candidata a Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Profesora de la Universidad Piloto de Colombia. jennifer-corredor@upc.edu.co
- **Sandra Janeth Hernández Otálora:** Ingeniera Electrónica, Especialista en Instrumentación Electrónica, Magíster en e-learning, Coordinadora de autoevaluación del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia. sandra-hernandez@unipiloto.edu.co
- **María Fernanda Díaz Hernández:** Ingeniera de Sistemas, especialista en Ingeniería de Software y Candidata a Magíster en Ingeniería de Ciencias de la Información y las comunicaciones de la Universidad Francisco José de Caldas – Distrital. Coordinadora Administrativa y Académica de la Universidad Piloto de Colombia. mdiaz@unipiloto.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)