

TRAYECTORIA EVOLUTIVA DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA

J. ANTONIO AQUINO R. PROFESOR-INVESTIGADOR; jaquinor@gmail.com

L.G. CORONA RAMIREZ PROFESOR_INVESTIGADOR lcoronaramirez@hotmail.com

C. FERNÁNDEZ NAVA; PROFESORA-INVESTIGADORA; cfernandezn@ipn.mx

V. D. CUERVO PINTO PROFESOR-INVESTIGADOR; vcuervo@ipn.mx

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, UPIITA

Instituto Politécnico Nacional, IPN

Resumen

En esta investigación se expone una trayectoria evolutiva de los criterios de evaluación en la enseñanza de la Ingeniería. Para ello retomaremos las competencias que deben ser adquiridas en cada etapa del tiempo escolar. Nos detendremos en cada una de éstas para mostrar y explicar la convergencia que tienen 1) la forma en la que cambian los criterios de evaluación y 2) su enlazamiento con la evolución en la adquisición de habilidades, conocimientos y actitudes de los estudiantes de Ingeniería.

Se considera la trascendencia de tener criterios claros, transparentes, objetivos, y bien definidos, producto de un análisis que en este documento se plantea. Esto es, en parte, un reclamo de los alumnos y, por otro lado, una respuesta de parte de nosotros -como profesores- a las problemáticas vividas en el aula. Con este documento tratamos de atender a la generación que actualmente cursa la etapa de las ciencias básicas en ingeniería entre ellas de la Mecatrónica.

Antecedentes

La enseñanza de la ingeniería, se caracteriza por estar conformada por cinco áreas de formación bien definidas. Éstas están enmarcadas por una preparación preliminar. En ella se suele habilitar al alumno mediante las bases de la Matemática, de la Física y según sea el caso, de la Química o de la Biología. A tal área o etapa de formación se le conoce comúnmente como de **ciencias básicas**. Vea figura 1. Seguidos de estos estudios se ubica la segunda área de formación del alumno de ingeniería, conocida como **ciencias de la ingeniería**. En ésta se suelen cursar (en la mayor parte de las escuelas previa acreditación de la primera área), asignaturas cuya índole es muy variada. Dependiendo de la titulación correspondiente suelen ser estudios ya con mayor especialización (al compararlos con la primera área). Ejemplos son materias como circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, electrónica analógica, tecnología de materiales, termodinámica, estática, mecánica de fluidos, dinámica, sistemas neurodifusos, etc. Los alumnos, después de haber superado esta etapa, se encuentran frente a la tercer área de formación de sus estudios, denominada de **ingeniería aplicada**, o asignaturas aplicativas de ingeniería. De manera transversal, a lo largo de los estudios se suele cursar un área conocida como ciencias sociales y humanidades. Para terminar tenemos el área de **formación profesional**, misma que las más de las veces consiste en la realización de prácticas profesionales, estancias industriales, estadías de investigación o industriales (proyecto de fin de carrera vinculado,

ocasiones), según la normativa de cada universidad, facultad de ingeniería o departamento.

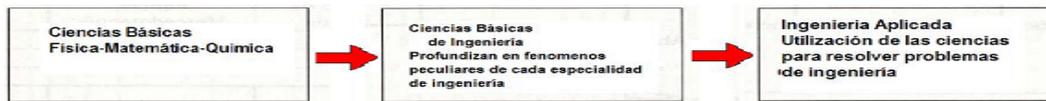


Figura 1. Se muestran tres de las cinco etapas de formación en estudios de ingeniería.

La Mecatrónica es una ingeniería con una marcada sinergia entre disciplinas. Según la institución que la defina y la forma como trabaje con ella, puede tener matices en su forma de ser enseñada, como la multidisciplinariedad y hasta la transdisciplinariedad, pasando por la interdisciplinariedad. La siguiente reflexión es emitida por la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia [1], y versa “La naturaleza de la Mecatrónica es en esencia conocimiento y tecnología de carácter transdisciplinario que cubre los límites de frontera común entre la mecánica de precisión, la microelectrónica, la computación y el control automatizado (...). No es por tanto una nueva rama de la Ingeniería, sino un concepto recientemente desarrollado que enfatiza la necesidad de integración y de interacción intensiva de diferentes áreas de la Ingeniería”. La siguiente figura apoyará mejor la idea de la sinergia entre disciplinas en la Mecatrónica.

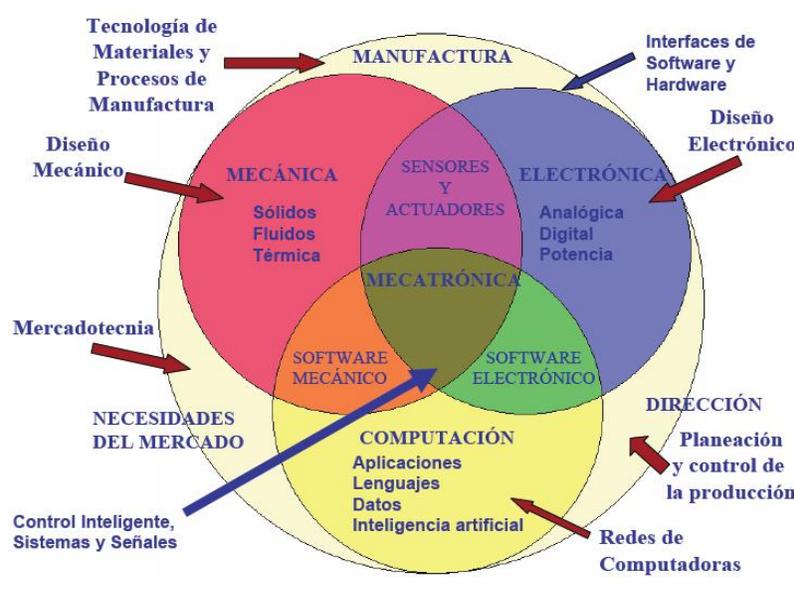


Figura 2. Interacción de Tecnologías en la Mecatrónica

El origen del concepto “Mecatrónica”, tiene su punto de partida en Japón, con Tetsuro Moria en 1969 trabajando para Yaskawa [2]. Aun años antes de que tal concepto fuera dado a conocer al público, la Mecatrónica ya existía en la industria japonesa. De forma muy reciente, se habla y se publica acerca de la creación del conocimiento por parte de las organizaciones tecnológicas del lejano oriente. En particular los autores Nonaka y Takeuchi [3], desvelan de forma yaciente en sus publicaciones esa manera tan singular, “crear conocimiento”. Podemos poner en duda la creación de conocimiento y enfatizar más el estilo de trabajo que produce la creación del conocimiento en las empresas orientales. Afírmese aquí, en cierto sentido, que tal forma de trabajo es la parte invisible de la Mecatrónica. De lo que comúnmente se habla es de lo visible, de los frutos producidos por la Mecatrónica. En un pasado reciente se creía que el estudio de esta

disciplina únicamente se circunscribía a desarrollar o a mover de manera inteligente ciertos mecanismos dentro de un sistema complejo para realizar un fin ya conocido. Prueba de ello fue toda la gama electrónica y de electrodomésticos japoneses que invadieron los mercados internacionales de radios, consolas, videograbadoras, hornos de microwaves, minicomponentes, reproductores de audio en las décadas de los setentas, ochentas y noventas del siglo XX. Todos ellos eran ya productos mecatrónicos, sin embargo lo eran también los procesos para crear todos estos productos. A lo largo de nuestras investigaciones, cuyo fin es tratar de obtener las mejores estrategias para su enseñanza en la universidad, regresamos al punto de partida. Intentamos develar *el* “caldo de cultivo” que dio origen a la Mecatrónica. Nos dimos cuenta de que la interacción de tecnologías solo pudo ser creada, mediante una singular forma de trabajo de personas de diferentes especialidades que perseguían un mismo objetivo y que, a la postre, dio como consecuencia el acontecimiento de la Mecatrónica. Esta singular interacción fue calificada hace algún tiempo como **sinergia**, concepto extraído de la ciencia médica que manifiesta que la acción de dos o más causas tiene una consecuencia superior a la suma de los efectos individuales. De ahí que en escuelas de ingeniería que han descubierto tales ventajas de la sinergia, la Mecatrónica ésta es impartida mediante núcleos integradores dentro de un curriculum holístico. Dichos núcleos no sólo hacen que el alumno se habilite integrando tecnologías, sino que al mismo tiempo y de manera sinérgica adquieren, conocimientos, habilidades, actitudes (en general, competencias), mediante una forma de trabajo semejante a la que vio surgir a la Mecatrónica y que la ha visto evolucionar. En la Universidad Bucaramanga de Colombia [4], se auxilian de núcleos integradores mediante la realización de proyectos, en tres etapas: en ciencias básicas, en ciencias de la ingeniería y en las asignaturas aplicativas de ingeniería. Ellos mencionan que el propósito de los proyectos integradores es la orientación del estudiante para desarrollar investigación formativa en ingeniería. Con los proyectos integradores de “ciencias básicas”, se pretende que los estudiantes apliquen de manera sinérgica conceptos adquiridos en la solución de problemas relacionados con los estudios de Matemática, Física, y Biología juntamente con algunas asignaturas de ciencias y humanidades como impacto ambiental o desarrollo sostenible. Integran los contenidos y comienzan a desarrollar la actitud de un ingeniero desde el inicio de su carrera. Estos proyectos integradores están orientados por un equipo docente que les hace seguimiento y los evalúa en una asignatura hecha exprofeso para tal fin. Los proyectos integradores de “ciencias de la ingeniería”, le permiten al estudiante, ejecutar un proyecto de investigación en el área relacionada con su profesión e integra las asignaturas de los semestres intermedios de la carrera. El proyecto debe incorporar trabajo experimental, modelado matemático, manufactura, diseño. Con cada proyecto integrador el estudiante habrá ganado experiencia en trabajar un tema dentro de un tiempo establecido con recursos propios y de la universidad.

El proyecto “de grado” en Ingeniería Mecatrónica permite al estudiante realizar un proyecto de investigación en asociación con la industria sobre un tópico relacionado con el diseño de sistemas mecatrónicos. El proyecto es supervisado por un miembro del *staff* académico y debe ser ejecutado en un año a partir del octavo semestre. Por último, la “práctica empresarial”, es una experiencia curricular cuyo propósito es que los estudiantes tengan un contacto con las instalaciones y talleres de las empresas, a fin de conocer sus problemas y recibir la experiencia viva e inmediata del trabajo. Esto es, conocer su real campo profesional en la experiencia de diseñar y utilizar procesos para resolver problemas dentro de la empresa [4].

Con esta estrategia de aprendizaje, el estudiante desarrolla nuevas capacidades que completan su formación y le preparan mejor para el mundo laboral. Entre estas competencias destacan:

- Capacidad de acopio de requisitos: a menudo se les proporciona información imprecisa o incompleta, de forma que deben conseguir una definición de requisitos de sistema cada vez más refinada, preparándose a lo que les deparará el desarrollo de sistemas a nivel profesional.
- Autorregulación y compromiso: se involucran más en el proceso de aprendizaje debido a que especifican sus propios objetivos dentro de los límites aconsejados por el profesor del curso.
- Cooperación y trabajo en grupo: los estudiantes deben ser capaces de organizarse por sí mismos, dividiéndose el trabajo y realizando la integración de las diferentes partes.
- Enfoques interdisciplinarios: resuelven problemas complejos que abarcan el conocimiento de varias disciplinas.

Estas capacidades son requisitos muy importantes demandados por la industria, como se deduce de unas de las conclusiones más importantes del Career Space Consortium: “No es suficiente aprender temas teóricos y aprobar exámenes, sino aplicar las técnicas aprendidas a situaciones reales. Esto es particularmente importante para enfatizar las conexiones entre diferentes aspectos, tener una visión global de sistemas y comprender las restricciones prácticas, humanas y tecnológicas del mundo real” [5].

Respecto a esto las universidades españolas que imparten docencia en el contexto del Espacio Común de Educación Superior ubican cuatro núcleos integradores [6] donde el último de ellos es el conocido “proyecto fin de carrera” (PFC), (equivalente al trabajo de grado de la universidad colombiana antes mencionada). Mediante los núcleos integradores resuelven el posible problema que pudiera representar interrumpir los estudios sin completar el ciclo formativo de cuatro o cinco años para graduarse como ingeniero. Así, tienen al final de cada uno de estos núcleos, una salida lateral misma que podría ayudar al alumno que interrumpió sus estudios para tener un título de formación profesional. Vea figura 3.

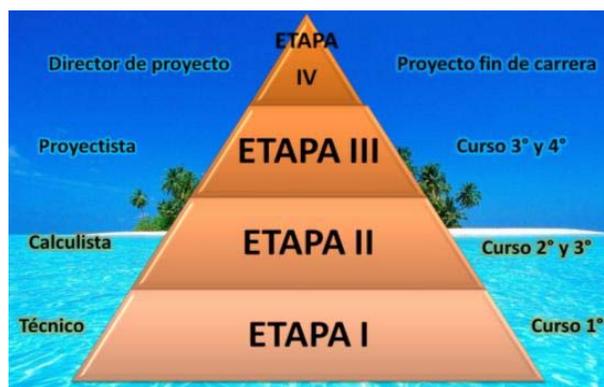


Figura 3. Equivalencia entre etapas de aprendizaje y calendario académico (basado en [6]).

La idea clara de emprender esta clase de núcleos integradores otorga una prioridad bien definida, en cuanto a dotar de habilidades de carácter tecnológicas, de emprendimiento,

liderazgo, creatividad e innovación. Ello desde muy temprana hora a los ingenieros en ciernes.

La trayectoria evolutiva, de los criterios de evaluación, de acuerdo a los grados adquiridos (marcados en el lado izquierdo en la figura 3), describen competencias que va adquiriendo el estudiante de ingeniería Mecatrónica. Así, la retícula o curriculum académico contiene núcleos integradores, los cuales al ser superados por el estudiante le van dotando de las habilidades y conocimientos propios de las salidas laterales. Los nombres de éstas son: técnico, calculista, proyectista y, finalmente, director de proyecto. Uno de los motivos principales por los que esta investigación fue desarrollada, fue la de dotar, de medios pedagógicos que den paso a criterios de evaluación. Tales criterios deben ser claros y transparentes, tanto para el profesor que evalúe, como para el alumno evaluado. Los núcleos integradores al existir en la retícula escolar de un centro educativo proveen dichos medios. Es necesario, claramente, desarrollar una guía para llevarlos a cabo de forma objetiva y clara en, dígase, exámenes profesionales o exámenes de grado (proyecto fin de carrera, estadía industrial o de investigación, trabajo terminal, proyecto terminal, etcétera).

De antemano se nota una clara componente científica en la parte inicial de los estudios de Ingeniería que, por razones explicadas en [7], hoy día es necesaria. De tal suerte que al iniciar los estudios de ingeniería y enfrentarse al primer núcleo integrador, el alumno, podrá aplicar varias competencias adquiridas. Podrá modelar matemáticamente, desarrollar algún sistema de control, algún componente mecatrónico, podrá predecir, velocidades y/o aceleraciones, quizás puede construir algún circuito o desarrollar experimentos físicos. En ese sentido el profesor del primer núcleo integrador deberá manifestar creatividad y amplitud de miras para no limitar a, digamos, cuatro o cinco tipos restrictivos de proyectos. Estas restricciones, lejos de servir para habilitar al alumno, le inhiben su capacidad creativa (de ingenio) en aras de forzar una evaluación que incluya todas las asignaturas que ha cursado en los primeros semestres.

Propuesta

Es evidente que en el primer núcleo integrador, los criterios de evaluación científica tendrán mayor peso (que no todo) en la evaluación total. Vea figura 4. De acuerdo con esto en el primer núcleo integrador en “ciencias básicas” predominará lo científico sobre lo tecnológico, en una relación que podría ser de 90-10% u 80-20%. En el segundo núcleo seguramente se tendrán que emplear criterios del orden del 50-50%, 60-40% o 40-60%. Por último, en el tercer núcleo predominará lo tecnológico, sin desaparecer lo científico. Con esto último se busca que el estudiante de ingeniería asuma la responsabilidad de la carrera que ha elegido y finalmente cubra con el fin último de la ingeniería cuya misión es la búsqueda de soluciones a problemas sociales, a los problemas del ser humano (calidad de vida), para poder desarrollar mejor, digamos, su vida interior.

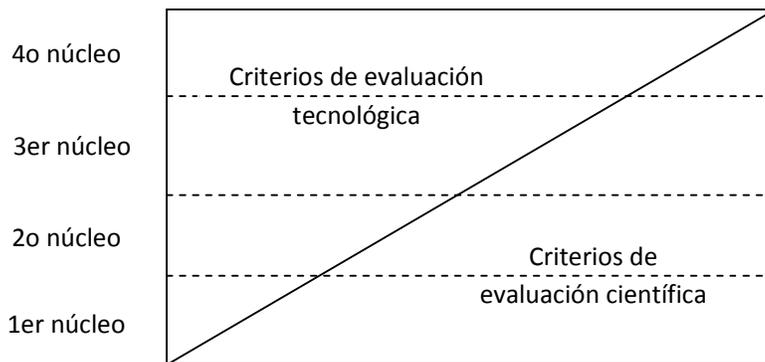


Figura 4. Criterios de evaluación científica y tecnológica en ingeniería

Los criterios de evaluación científica versan alrededor de preguntas muy claras en cuanto a su aplicación, mismas que nos orientan respecto a si:

- ¿Se señalan las limitaciones del trabajo?
- ¿Se explican los supuestos del trabajo?
- ¿Se justifica la importancia de su estudio?
- ¿Posee un sustento teórico y conceptual?
- ¿Se expresa claramente el problema y el propósito?
- ¿Se expresa claramente la hipótesis, se basa en lo teórico?
- ¿El procedimiento para las pruebas es claro?
- ¿Es confiable?, ¿se ha usado antes?, ¿es coherente?
- Los resultados son los esperados a partir de los procedimientos seguidos?
- ¿son procesados correctamente?
- ¿Los resultados responden a los de la hipótesis planteada?

De los criterios de evaluación tecnológica no se ha publicado extensamente. Vale decir por tanto que no son tan habituales y en general no proceden de lo científico. Para evaluar lo tecnológico, antes el alumno debe conocer donde impactará su trabajo. Por tal razón su evaluación se relaciona con:

- La productividad misma.
- Los beneficios relacionados con la productividad.
- Los efectos de la productividad.

De ahí que para crear los criterios de evaluación tecnológica se debe guardar estrecha conciencia de las siguientes preguntas:

- ¿El problema a resolver es producto de un buen diagnóstico?
- ¿La investigación que se requiere es viable?
- ¿Los objetivos son claros?
- ¿Presenta fundamentos sólidos?
- ¿Refleja un conocimiento del estado de la cuestión?
- ¿Incorpora en su planificación la metodología de la investigación, los datos para su implementación, las repercusiones?

Incluye en una visión global:

- Recursos.
- Infraestructura.
- Normatividad vigente.
- Repercusiones.
- Personas involucradas en el desarrollo.
- Costos.
- Estado del conocimiento relacionado.
- Tecnología existente y disponible.
- Tipo de conocimientos que fundamentan el trabajo.
- Tipo de recursos que emplea la investigación.
- Diagnóstico sobre la capacidad de ser transferible a otras aplicaciones o campos.
- Tipo de conocimiento que genera.
- Ámbito del conocimiento generado.

En lo tecnológico los beneficios prácticos son referidos a los siguientes criterios de evaluación:

- Beneficios cuantitativos o cualitativos.
- Grado de perspectiva económicas que ofrece.
- ¿Amplitud del impacto social.
- Dimensión empresariales (si está relacionado).
- Existencia de invención, innovación o sólo diseño.

Conclusiones

Es evidente que los criterios de lo científico persiguen fines diferentes a los criterios de lo tecnológico. Es recomendable que cada facultad en sus diferentes exámenes profesionales y de acuerdo a la naturaleza misma de sus líneas de trabajo establezcan criterios propios y bien definidos que busquen actuar lo más objetivamente posible en cuanto a la evaluación de sus estudiantes.

A ese respecto vale mencionar que este trabajo es una respuesta a una gran interrogante en la enseñanza de la Ingeniería, en lo particular de la Mecatrónica. Con él pretendemos sentar la base de los procedimientos adecuados para la evaluación de los proyectos de fin de carrera en los que participamos. De tal forma que los alumnos al someter sus trabajos a evaluación estimen, bajo tales criterios, de forma transparente el nivel de calidad de sus trabajos. Así mismo cuando también ellos realicen proyectos integradores podrán estar consientes de los procedimientos a realizar para mejorar y en tal caso elevar el nivel de calidad de los mismos.

Dejando por escrito en las aulas tales criterios podemos dotar de transparencia, objetividad, viabilidad y precisión a la evaluación de los proyectos estudiantiles. Nótese que no por ser elaborados bajo el cobijo de la universidad éstos dejan de tener un sentido real y productivo.

Referencias

- [1] Universidad Nacional de Colombia, <http://www.unal.edu.co/>
- [2] Haruo Kozono, *Mechatronics and ASME*, ASME Japan News . 2008
- [3] Nonaka, I., & Takeuchi, H., “The knowledge-creating company”, Oxford University Press, Nueva York, 1995.
- [4] Facultad de Ingeniería Mecatrónica. Universidad Nacional Autónoma de Bucaramanga Colombia. *Plan de Estudios Nuevo*. http://mecatronica.unab.edu.co/plan_de_estudios_nuevo.htm
- [5] Álvaro Araujo, Rubén San Segundo, Javier Macías, Juan Manuel Montero, Octavio Nieto-Taladriz, Currículo en electrónica centrado en el aprendizaje basado en proyectos. Universidad Politécnica de Madrid. España. 2006.
- [6] José Antonio Gómez Cristóbal, Joaquín Ordieres Meré, Manuel María Ruiz de Adana Santiago. *Metodología PBLE como guía del proceso de aprendizaje en ingeniería: primeros pasos en la UR*. Universidad de La Rioja. Contextos Educativos. España. 2003, 2004.
- [7] José Antonio Aquino R., Leonel Corona R., Víctor Darío Cuervo P. *De la Creatividad Pragmática a la Ingeniería Científica –El Proceso Enseñanza-Aprendizaje Mediante Núcleos Integradores– (parte II). Marco Conceptual*. Cuarto congreso internacional de innovación educativa. México. 2009