



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

## RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

# PROCESOS DE INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA: LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS EN EL DIIT-UNLAM

**Fabiana Grinsztajn, Marcela Imperiale, Santiago Igarza**

**Universidad Nacional de la Matanza  
San Justo, Argentina**

### Resumen

De cara a dar respuestas adecuadas a las demandas y necesidades que en la actualidad tienen tanto los estudiantes de ingeniería, como el contexto socio productivo y profesional en el cual se desempeñan los graduados y, a partir de los procesos de acreditación de las carreras de los últimos años; docentes, autoridades institucionales y el Consejo de Decanos de Ingeniería en la Argentina, CONFEDI<sup>1</sup>; han realizado esfuerzos de reflexión durante devenidos en la generación de estándares de segunda generación.

En este marco se inscribe el trabajo que se presenta, que consiste en la realización de un relevamiento de la enseñanza de competencias a través de prácticas educativas y experiencias de un conjunto de docentes de las carreras de: ingeniería civil, mecánica, electrónica, informática e industrial, de la Universidad Nacional de la Matanza, Argentina.

El relevamiento ha tenido como objetivo conocer estilos y estrategias de enseñanza habituales, los contenidos más significativos abordados y las propuestas pedagógicas que los sostienen, con el fin de contrastar esas experiencias formativas con las competencias definidas en los nuevos estándares de acreditación propuestos en el Libro Rojo<sup>2</sup> y analizar la brecha entre la línea de base institucional y las expectativas planteadas. A partir de este análisis se propone desarrollar un proyecto que permita alinear al DIIT<sup>3</sup> en torno al Libro Rojo, tanto desde la perspectiva

<sup>1</sup> Consejo Federal Decanos de Ingeniería

<sup>2</sup> Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI" - Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina Rosario - 1 de junio de 2018

<sup>3</sup> DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM.

didáctica como curricular. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el relevamiento y la propuesta institucional de mejora.

**Palabras clave:** competencias; enseñanza; estándares ingeniería

### **Abstract**

*In order to give adequate answers to the demands and needs that currently have both engineering students, as well as the socio-productive and professional context in which the graduates work and, based on the accreditation processes of the careers of the last 15 years; Teachers, institutional authorities and the Council of Deans of Engineering in Argentina CONFEDI, have made efforts of reflection during the last years of the generation of second generation standards.*

*In this framework the work that is presented is registered, which consists in the realization of a survey of the teaching of competences through educational practices, experiences and reflections of a group of professors of civil engineering, mechanics, electronics, computer science and industrial, from the National University of La Matanza, Argentina.*

*The objective of the survey was to identify habitual teaching styles and strategies, the most significant contents addressed and the pedagogical proposals that support them, in order to contrast those training experiences with the competences defined in the new accreditation standards proposed in the Red Book. and analyze the gap between the institutional baseline and the expectations raised. Based on this analysis, it is proposed to develop a project that allows DIIT to be aligned around the Red Book, both from a didactic and curricular perspective. This paper presents the results obtained in the survey and the institutional improvement proposal.*

**Keywords:** *competences; teaching; engineering standards*

## **1. Introducción**

Durante los últimos veinte años en la Argentina el proceso de aseguramiento de la calidad en las carreras de ingeniería trajo consigo múltiples impactos entre los cuales pueden mencionarse la generación de instancias vinculadas a la mejora de procesos institucionales a nivel organizacional, curricular y pedagógico.

El desarrollo de propuestas de mejora, subsidiadas desde el propio estado a través de programas específicos, permitieron a las carreras alcanzar los estándares de calidad referidos en las resoluciones ministeriales. De esta manera la totalidad de las carreras de ingeniería atravesaron dos procesos de acreditación siendo el segundo exitoso en términos del aseguramiento de la calidad.

Han sido varios los aspectos contenidos en los planes de mejora que se direccionaron a la mejora de la calidad: provisión de financiamiento para infraestructura y equipamiento, posgraduación de docentes, y aumento de sus dedicaciones, becas para estudiantes, tutorías y sistemas de apoyo, proyectos de mejora de la enseñanza de las ciencias básicas, entre otros. En 2019 se abre una nueva etapa en la cual el eje central está orientado a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, entendiendo que es este el camino actual para contribuir a alcanzar nuevos estándares de calidad.

De este modo el CONFEDI propone una nueva generación de estándares considerando que *los graduados de carreras de ingeniería deben tener una adecuada formación general, que les permita adquirir los nuevos conocimientos y herramientas derivados del avance de la ciencia y tecnología. Además, deberán completar y actualizar permanentemente su formación a lo largo de la vida laboral, en el marco informal o en el formal a través del postgrado.* Confedi (2018)

Con un importante énfasis en la formación práctica y en el desarrollo de competencias, los nuevos criterios y estándares definidos en el Libro Rojo y que aún se encuentran en proceso de aprobación en el Consejo de Universidades de la Argentina, plantean no pocos desafíos a las carreras de ingeniería del país, ya que es preciso diseñar modelos curriculares y pedagógicos diferentes a los actuales, para poder dar respuesta satisfactoria a los nuevos requerimientos de calidad. En tal sentido el propio Consejo de decanos desarrolló desde 2018 instancias de capacitación orientadas a dotar a las instituciones de herramientas conceptuales y prácticas para elaborar sus propuestas. Es en este contexto, que se presenta en el recorrido inicial realizado por el DIIT de la UNLaM con el fin de garantizar que la institución se encuentre en condiciones de acreditar sus 5 terminales de ingeniería en los próximos procesos de acreditación.

## **2. Desarrollo**

El DIIT-UNLaM se encuentra en una universidad pública del conurbano bonaerense, en una zona densamente poblada, a la cual asisten de manera estimada 50000 estudiantes, muchos de los cuales son primera generación de universitarios. Son aproximadamente 5000 los estudiantes de ingeniería. Se ofrecen 5 carreras de ingeniería: Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica e Informática, siendo esta última la que recibe el porcentaje más alto de la matrícula aproximadamente 70 %.

El desarrollo de propuestas innovadoras de enseñanza en el DIIT no resulta una acción aislada o novedosa, sino la continuidad de un proceso que ya lleva varios años y que ha dado frutos en términos de contribuciones pedagógicas y didácticas, basadas en estrategias activas de enseñanza y formación. Tal es el caso del Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básica (PEICB), integrando un grupo numeroso de docentes de diferentes asignaturas. En aquel proyecto se hizo foco en la renovación de la enseñanza y en la mejora de los diseños curriculares; con alto impacto en términos de una evaluación de procesos, en el desarrollo profesional de los docentes involucrados y fundamentalmente en la instalación de una cultura de la innovación pedagógica.

Para dar continuidad a estas propuestas y con el fin de modelizar y optimizar intervenciones pedagógicas potentes que enriquezcan la enseñanza, se inicia en 2017 un proyecto de investigación-acción. Para ello se analizan nuevos modos de pensar la ingeniería y su formación, que constituyen debates actuales en el ámbito internacional, e interpelan las propuestas de enseñanza. El modelo CDIO: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, marco de trabajo desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Instituto Real de Tecnología de Suecia (KUT), se basa en el ciclo de vida de los proyectos de Ingeniería. Adoptar CDIO implica realizar reformas curriculares, transformaciones en las culturas docentes, metodologías de enseñanza y evaluación, en la arquitectura del aula y en las concepciones acerca del conocimiento. Grinsztajn & Imperiale (2018)

En el CDIO se identifican cuatro tipos de competencias: (1) las competencias y los perfiles relacionados con el conocimiento técnico de la disciplina, (2) las competencias personales y profesionales, (3) las competencias interpersonales y (4) las competencias relativas a Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, que se ponen en juego especialmente en los últimos años de las carreras de ingeniería, pero que pueden ser trabajadas desde los primeros años si la perspectiva de enseñanza incorpora un modelo de trabajo a partir de problemas ingenieriles. Crawley E. F. (2001)

Además, se trabajó acerca del modelo STEM, un paradigma de enseñanza de ciencias, tecnología, ingeniería y matemática, que motoriza nuevos modos de acceso a los conocimientos. La investigación se propuso profundizar y experimentar en el marco de estos dos nuevos enfoques en la enseñanza de la ingeniería. Los avances alcanzados en el diseño de secuencias didácticas integradas en el DIIT, entre asignaturas tales como matemática, física y programación, con un importante impacto en los procesos formativos, ha sido una experiencia realizada entre 2017 y 2018 y que es recuperada para los nuevos desafíos.

Las claves del CDIO y del STEAM se pueden encontrar en la concepción de aprendizaje integrado. El mundo en el cual vivimos y en el cual los futuros ingenieros deberán desempeñarse requiere flexibilidad, indagación constante creatividad, y los diseños curriculares y pedagógicos deben apoyar a los alumnos para que *"doten de sentido al flujo complejo y dinámico de información al que están expuestos y fomenten una comprensión profunda de la naturaleza de las interdependencias, espoleen la curiosidad y la indagación y sustenten la capacidad de desarrollar planes de vida"* (Schneider 2012)

El aprendizaje integrado como concepto procura abordar el conocimiento de manera no fragmentada, encontrando los puntos de intersección de los conocimientos, su significatividad en relación con los problemas que el profesional deberá enfrentar, que difícilmente presentan el contenido en forma aislada, sino por el contrario, integran y entrelazan conocimientos provenientes de diversas disciplinas. La función académica de la integración busca los vínculos presentes dentro y entre disciplinas no importa cuán distantes puedan parecer, para poder derivar significados a partir de esa complejidad. (Boyer 1999)

En esta línea el aprendizaje integrado es un objetivo y las dos corrientes STEAM y CDIO contribuyen a su consecución.

Enseñar una profesión siempre involucra desafíos relacionados con la economía y la sociedad en un momento histórico determinado. Cuando se trata de carreras de ingeniería los interrogantes acerca de qué tipo de perfil profesional se precisa suelen ser aún más agudos; por cuanto son carreras vinculadas en forma muy directa con el desarrollo del país y de su soberanía tecnológica. Es por ello por lo que las competencias que se forman en la universidad resultan tan importantes para el graduado y, no solo aquellas referidas a los aspectos técnicos, específicos comprometidos en la actividad ingenieril, sino además a aspectos comunicacionales, sociales, interactivos, no sólo referidos al saber y al saber hacer, sino además al ser incluyendo las derivaciones éticas del accionar profesional en situación y compromiso laboral.

En 2019, se promueve para el rediseño curricular y pedagógico de las carreras, centrar en los procesos de aprendizaje el cambio y la innovación, modificando para ello lo que denominaremos la arquitectura para el aprendizaje. Dando cuenta de los resultados del Proyecto PEICB<sup>4</sup> y de la investigación realizada en años anteriores; el DIIT ha propuesto un modelo de trabajo altamente participativo y colaborativo con el fin de alcanzar los propósitos de renovación esperados.

Los núcleos clave desde una perspectiva pedagógica para el desarrollo de la propuesta están centrados en los siguientes desafíos que constituyen una nueva concepción.

- a) Desarrollo de competencias
- b) Centralidad del estudiante y aprendizaje autónomo
- c) Innovaciones pedagógicas: CDIO- STEM- TIC
- d) Renovación de las estrategias de enseñanza
- e) Rediseño de la evaluación de los aprendizajes

Este modelo propicia lo que hemos denominado: **Arquitectura para el aprendizaje de la ingeniería**



Fuente: elaboración propia

<sup>4</sup> PEICB: Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas. DIIT- UNLaM

### 3. Metodología:

Para alcanzar un modelo de formación diferente al actual y conforme a las previsiones de los nuevos estándares, desde las autoridades se convoca a un primer equipo de trabajo integrado por los coordinadores de carrera y dos asesoras pedagógicas, con el fin de idear un proceso de trabajo que integre a los docentes en propuestas transformadoras de la enseñanza. El proyecto de transformación se inserta en el modelo de trabajo propuesto para encarar el proceso de transformación curricular y pedagógica basado en el desing thinking, Brown (2008), que supone etapas para el desarrollo del plan de trabajo.

Con el fin de ampliar los círculos de participación, para la tarea se conformaron dos tipos de comisión por carrera, una de carácter curricular y otra pedagógico-didáctica, integradas en ambos casos por aproximadamente 12 docentes bajo el liderazgo del coordinador de la carrera. Se eligió un modelo de trabajo que incluye la actividad de relevamiento en sus primeras etapas cuyos resultados serán útiles a ambas comisiones.

Todas las variantes de este modelo encarnan los mismos principios. Incluso para los enfoques más vanguardistas existen 5 fases no necesariamente secuenciales.

1. Empatizar con los usuarios (grupo de trabajo, docentes). Es la forma de extraer el máximo de información, datos procedentes de la comunicación, verbal y no verbal, que guiarán hacia la consecución de conocimiento.
2. Definir sus necesidades, sus problemas y sus ideas. Una base sobre la que desarrollar planteamientos alternativos y nuevos enfoques que aporten valor. Comprender y abrir la mente.
3. Crear ideas que desafíen las suposiciones y deriven en soluciones innovadoras. Es uno de los momentos más importantes y sobre el que pueden girar más iteraciones. Hacer benchmarking, indagar otras respuestas y soluciones en variados contextos.
4. Prototipar. Crear el modelo. Momento de convergencia de ideas. Que no será entendido como la solución final ni tampoco se verá como una respuesta definitiva al problema, sino como un avance, un paso más, en medio de un ciclo de mejora continua. Integrar a los directivos y docentes.
5. Pasar al modo de prueba con las distintas soluciones planteadas. Porque los test son necesarios en el camino hacia la excelencia para asegurar el ajuste y la futura satisfacción del cliente o usuario. Pasar de prototipo al producto terminado integrando a los principales usuarios y stakeholders docentes directivos y alumnos.

Para definir la situación inicial y comenzar a idear propuestas alternativas se concibió una matriz, cuyo propósito fue identificar y valorar las actividades que los propios docentes en el DIIT desarrollan, algunas desconocidas por otros docentes y autoridades, pero que pueden resultar la base de sustentación del proyecto de cambio. La matriz de relevamiento tiene como finalidad identificar actividades y experiencias que los docentes realizan en torno al desarrollo de competencias, teniendo en cuenta a su vez las propuestas en el Libro Rojo.

Por otra parte, las propuestas que se desarrollen deberán contemplar el perfil de egreso que cada terminal y definir según sus especificidades y de acuerdo con los valores y el contexto institucional asegurando la propuesta del Libro rojo:

*La carrera de ingeniería deberá tener un perfil de egreso explícitamente definido por la institución sobre la base de su Proyecto Institucional y de las actividades reservadas definidas para cada título, con el objetivo que el graduado posea una adecuada formación científica, técnica y profesional que habilite al ingeniero para aprender y desarrollar nuevas tecnologías, con actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad.*

Según el Libro Rojo cada institución universitaria, en su marco institucional y del proyecto académico individual, determinará para sus carreras, la estrategia de desarrollo para asegurar competencias de egreso *genéricas* comunes a todas las carreras de ingeniería y necesarias para asegurar el perfil de egreso. Luego se definen competencias específicas vinculadas a cada terminal de ingeniería.

<b>Tecnológicas</b>	<b>Sociales, políticas y actitudinales</b>
<b>1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.</b>	<b>6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.</b>
<b>2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.</b>	<b>7. Actuar con ética, responsabilidad Profesional y compromiso social.</b>
<b>3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.</b>	<b>8. Aprender en forma continua y autónoma.</b>
<b>4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería</b>	<b>9. Actuar con espíritu emprendedor</b>
<b>5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas</b>	<b>10. Comunicarse eficazmente</b>

Fuente: Libro Rojo Confedi

Teniendo en cuenta estas competencias y las específicas para las 5 terminales del DIIT, se presentó la siguiente matriz a ser completada por el conjunto de docentes de cada carrera, con el fin de constituir un *mapa de competencias y actividades y estrategias de enseñanza* reconocidas por los propios docentes como acciones que se desarrollan y contribuyen a la formación por competencias. Esta matriz luego se completa con las competencias específicas vinculadas a cada terminal de ingeniería.

**Matriz de indagación del mapa de competencias y actividades y estrategias de enseñanza utilizadas en el DIIT UNLAM**

INGENIERÍA terminal XXXX – Análisis de encuestas.																	
MATERIA A	COMPETENCIA/S										ESTRATEGIA/S						OBSERVACIONES del PROFESOR
	Tecnológicas					Sociales, políticas y actitudinales					Pb	Ca	Py	Si	Re	EL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	.	.	.	.	.	.	
1.																	
2...etc																	
<b>Total</b>																	
																<b>Preguntas para la gestión.</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Referencias: Estrategias de enseñanza**

Pb. Problemas, Ca. Casos, Py. Proyectos, Si. Simulaciones, Re. Retos, EL. Experiencias de Laboratorio

**4- Resultados**

**Mapa de competencias y estrategias**

El relevamiento ha permitido establecer un mapa descriptivo para cada carrera, en el cual se establecen competencias trabajadas y estrategias utilizadas para ello, con una descripción de parte de los docentes. Insumo que servirá como punto de inicio de las tareas de capacitación y planeamiento. Se presenta a continuación la síntesis global.

Carreras de Ingeniería relevadas: 5					
 UNLAM	Industrial	Informática	Civil	Electrónica	Mecánica
	47 asignaturas 31 respuestas	38 asignaturas 30 respuestas	44 asignaturas 27 respuestas	38 asignaturas 18 respuestas	44 asignaturas 7 respuestas
<b>COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS</b>					
1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	18	15	23	8	5
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.	6	10	17	7	2
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.	11	9	14	5	1
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	17	21	21	11	4
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	6	11	15	3	0
<b>COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES</b>					
6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	15	18	23	9	5
7. Comunicarse con efectividad.	17	10	18	2	3
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	10	11	22	8	4
9. Aprender en forma continua y autónoma.	16	18	20	7	2
10. Actuar con espíritu emprendedor.	6	4	10	2	0
<b>ESTRATEGIAS de ENSEÑANZA PRIORIZADAS</b>					
Pb. Problemas	26	22	21	12	6
Ca. Casos	20	22	19	6	2
Py. Proyectos	13	11	17	9	2
Sl. Simulaciones	11	10	15	6	2
Re. Retos	3	12	7	5	1
EL. Experiencias de Laboratorio	11	12	7	8	1

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro presenta el análisis de las respuestas obtenidas a partir de la utilización del mencionado cuestionario, se relevó la percepción de los equipos docentes acerca del trabajo que realizan en la actualidad con relación al desarrollo de las competencias profesionales. Los equipos docentes podían señalar más de una opción en todos los casos. Puede observarse que la percepción de los docentes indica que se trabajan la mayoría de las competencias tecnológicas y sociales, aunque con diferente énfasis. A su vez las estrategias utilizadas para ello reflejan un trabajo experimental, proyectual de diseño o simulación más acotado. La relación entre desarrollo de competencias y estrategias de enseñanza que se utilizan para ello es estrecha y es uno de los aspectos a revisar en las instancias subsiguientes del proyecto: etapa de definición de necesidades, creación, ideación y prototipado.

### Conclusiones y prospectiva

La experiencia que se describe ha permitido involucrar a un número significativo de profesores (113), con sus respectivos equipos de ayudantes docentes, en la transformación que se propone hacia un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. La implementación de cuestionarios en formato digital favoreció la difusión de las competencias profesionales entre los profesores y la

revisión de las prácticas educativas que actualmente desarrollan para contar con una línea de base. El DIIT de la UNLaM, en conjunto, ha advertido la necesidad de comenzar un trabajo sistemático y de mediano plazo que ponga en diálogo las dimensiones curriculares, pedagógicas y didácticas en el marco de dos comisiones una destinada a profundizar el campo curricular, perfil del graduado y modelos curriculares acordes al desarrollo de competencias y otra comisión que tiene como principal objetivo la capacitación pedagógica y su difusión al interior de la carrera con el fin de diseñar experiencias enriquecidas desde una arquitectura para el aprendizaje como la propuesta.

El desafío que nos convoca a corto plazo para alcanzar la transformación en los modelos formativos es:

- Involucrar, progresivamente, a todos los docentes en un trabajo colaborativos presencial y virtual del DIIT UNLaM en procesos de revisión y capacitación.
- Relevar experiencias de otras universidades (nacionales e internacionales) que promuevan la innovación centradas en el enfoque de competencias
- Incorporar innovaciones pedagógicas para potenciar su impacto en la formación de ingenieros/as, experimentar y evaluar su potencial.
- Proponer materiales (multimedia) para la actualización de los equipos docentes.
- Idear y crear modelos curriculares y pedagógicos centrados en el estudiante y la formación por competencias
- Prototipar y testear conforme a los estándares de acreditación de segunda generación.

## Referencias

- BOYER E.L. (1990) *Scholarship Reconsidered: priorities of the profession* San Francisco CA Jossey Bas.
- BROWN T. (2008) *Design Thinking- Innovation Harvard Business Review* <https://hbr.org/2008/06/design-thinking> [recuperado el 27 de mayo 2019]
- CONFEDI (2018) *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería* en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI"- Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina Rosario - 1 de junio de 2018
- CRAWLEY EDWARD F. (2001) *The CDIO Syllabus A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education* Department of Aeronautics and Astronautics Massachusetts Institute of Technology January 2001 <http://www.cdio.org>
- GRINSZTAJN F., IMPERIALE M. (2018) *Modelos innovadores de enseñanza de la ingeniería, secuencias didácticas integradas en el marco del CDIO y STEM* presentado en el Simposio Los desafíos de la Pedagogía en la universidad pública: hacia la integralidad de las prácticas universitarias del VIII Congreso Iberoamericano de Pedagogía "La innovación y el futuro de la educación para un mundo plural" Facultad de Ciencias Económicas-Buenos Aires-Argentina

- SCHNEIDER (2012) Aprendizaje integrado: Investigaciones internacionales y casos prácticos Por D. Blackshields, J. G. R. Cronin, B. Higgs, S. Kilcommins, M. McCarthy, A. Ryan Narcea Edit. Pp.17 Madrid España.

---

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)