



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

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

# EL DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS Y LA FORMACIÓN DEL INGENIERO DESDE ÁLGEBRA Y GEOMETRÍA ANALÍTICA

**Carmen Graciela Del Valle, Ana María Montenegro**

**Universidad Tecnológica Nacional  
Resistencia, Argentina**

### **Resumen**

En la actualidad, procesos tales como: los avances en la tecnología, el aumento del valor del conocimiento, la movilidad laboral y los nuevos tipos de empleo, generan retos que afectan directamente la formación profesional del Ingeniero.

La sociedad actual demanda una enseñanza de la ingeniería que permita formar un profesional que responda a las exigencias del desarrollo contemporáneo. Estos elementos requieren de una nueva organización del curriculum, así como de modelos que se caractericen por ser interactivos, colaborativos y centrados en el estudiante.

La universidad debe enseñar y evaluar una serie de competencias que los ingenieros necesitan: resolución de problemas, capacidad de trabajar en equipo, iniciativa emprendedora, competencias comunicativas, liderazgo y creatividad.

En esta línea de pensamiento y acción, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina ha establecido, por medio del Libro Rojo, una propuesta de nuevos estándares para la acreditación de carreras. En ella incorpora un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias genéricas y de egreso, del ingeniero argentino.

Por otro lado, el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional mediante la Ordenanza 1549/16, compatibiliza estos aspectos con los diseños curriculares existentes, régimen de correlatividades, aprobación directa y registros del avance de los estudiantes tendientes a mejorar el ingreso, la permanencia, y la graduación.

La Facultad Regional Resistencia inició acciones en este sentido, posibilitando que parte de sus docentes realicen la Certificación de Educador Internacional de Ingeniería acreditada Internacionalmente por IGIP (International Society for Engineering Pedagogy).

En dicho marco, presentamos este trabajo, que consiste en el diseño didáctico basado en el enfoque de educación por competencias aplicado en 2018 en dos temas de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica del primer año de la carrera Ingeniería Electromecánica de dicha Facultad.

**Palabras clave:** innovación curricular; aprendizaje activo; aprendizaje basado en problemas

### **Abstract**

*At present, processes like technological developments, increasing awareness about knowledge growth, labor mobility and new types of jobs result in further challenges which most directly affect engineering education.*

*Today`s society is demanding for engineering teaching that enables the formation of competitive professionals. All these elements together forge a new curricula`s organization. What is more, they require interactive collaborative and learner-centered approaches in education.*

*The university should teach and evaluate the skills and competencies needed by current engineers; namely problem solving, team work, entrepreneurial initiative, communication skills, leadership ability and creativity.*

*According to this line of thinking and action, the Federal Council of Engineering Deans (CONFEDI) has set a proposal for new career accreditation standards in the Red Book. It adopts a learner centered approach oriented to the Argentinian engineers` general skills development.*

*On the other hand, the Superior Council of the National Technological University by Ordinance 1549/16 has made compatible all these aspects with the existing curricular designs, correlativity`s regime, direct approval and records of students` progress to improve entry, permanence and graduation.*

*Regional Faculty of Resistencia has initiated a number of similar measures, allowing teachers to start the International Engineering Teaching Certification accredited internationally by IGIP (International Society for Engineering Pedagogy).*

*Within this framework, we will present this work consisting in a learning design relying on a skill-based education approach applied in 2018 in two topics of the subjects Algebra and Analytical Geometry which belong to the first year of the Electronic Engineering career in the faculty mentioned above.*

**Keywords:** curricular innovation; active learning; problem based learning

## 1. Introducción

El Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) administra todo lo relacionado con Educación Superior.

Dentro del Programa de Calidad Universitaria, se encuentra el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros, iniciado en el año 2012, una de cuyas líneas de acción es el Programa de Capacitación Nacional de Ingeniería sobre Formación centrada en el Estudiante. Mediante el cual se financia una capacitación llevada a cabo por el CONFEDI y tiene como objetivo capacitar formadores en enfoques educativos de innovación centrados en el estudiante. (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la República Argentina, 2019).

A su vez, el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional mediante la Ordenanza 1549/16, compatibiliza estos aspectos con los diseños curriculares existentes.

Mediante dicha Ordenanza establece que los alumnos tienen la posibilidad de aprobar en forma directa una asignatura, cumpliendo con los requisitos de aprobación establecidos por la misma y por la cátedra. Esto significa que el alumno no rinde un examen final si aprueba en forma directa. Esta modificación obliga a los profesores a que la evaluación sea continua y a ir evaluando tanto la teoría como la práctica. Esto conduce a hacer la integración efectiva de teoría y práctica durante la cursada y a mantener al estudiante activo.

En este marco y teniendo como referencia y apoyo la capacitación realizada por las autoras durante la cursada de la certificación de educador internacional de ingeniería brindada por el IGIP, se elaboró y aplicó un Proyecto de innovación al que se denominó "La aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en Álgebra y Geometría Analítica (A y GA) de Ingeniería Electromecánica (IEM) de la Facultad Regional Resistencia (FRRRe) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). En este trabajo se presenta el mismo y las primeras conclusiones luego de su aplicación.

## 2. Marco teórico

Las propuestas de enseñanza basadas en metodologías activas se encuentran dentro del modelo educativo por Competencias. En el mismo se considera que el aprendizaje debe potenciar una integración de las disciplinas del conocimiento, las habilidades genéricas y la comunicación de ideas. Así el educando no sólo debe saber manejar sus saberes (conocimientos), sino que también debe tener bajo su control sus interacciones sociales, sus emociones y sentimientos, así como sus actividades y, además, debe ser capaz de reconocer, interpretar y aceptar las emociones y sentimientos de los demás (Argudín, 2001 y Ortega, 2008 citados por García Retana, 2011).

Por otro lado, Bates (2015) afirma que la humanidad está transitando la era digital, inmersa en tecnologías. Hecho que produce grandes cambios en la forma de comunicarse, de relacionarse unos con otros y cada vez más, en la forma de aprender.

Morell (2017), considera que “una manera de innovar/ reformar la educación en Ingeniería es aplicar los métodos de la misma ingeniería! Ser ingenioso e innovar en la manera de desarrollar el talento humano que el mundo necesita”.

La misma autora, afirma que innovación puede ser definida como “la creación, desarrollo e implementación de un nuevo producto, proceso o servicio, dirigido a mejorar la eficiencia, la efectividad o una ventaja competitiva”. En educación superior la innovación es contar con un plan acordado para realizar los esfuerzos necesarios a fin de cambiar los resultados de aprendizaje y las experiencias de los estudiantes y así lograr recursos humanos que contribuyan eficazmente a la sociedad.

Pensando como ingenieros, se deberían definir en primer término los resultados esperados para luego investigar y determinar las metodologías a aplicar para lograrlos. Es decir, aplicar un enfoque de adelante hacia atrás.

“El enfoque de –adelante-hacia-atrás (AdAt) es una técnica de diseño curricular en el que se eligen los objetivos de aprendizaje previo a los métodos formativos o a la forma de evaluar los resultados. Esto significa que la adopción de los objetivos de las experiencias de aprendizaje guía las elecciones de las técnicas de enseñanza y las metodologías de evaluación” (Morell, 2017).

Para innovar un currículo, dicha autora recomienda seguir seis pasos, numerados por la misma desde el cero al cinco.

El “Paso 0” denominado “Paso fundacional: Alineamiento con planeamiento estratégico”. Aconseja plantearse tres interrogantes: ¿qué hacemos?, ¿para quién lo hacemos? Y ¿cómo logramos un desempeño sobresaliente?

Estas cuestiones fueron tratadas por el CONFEDI en su “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina” que denominó Libro Rojo. Sus objetivos fueron, entre otros: Actualizar y consolidar el actual modelo de formación de ingenieros, consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante, definir un modelo comparable internacionalmente y definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento.

El “Paso 1” trata sobre la definición de objetivos y resultados de aprendizaje de los alumnos en el Programa académico. Mediante los objetivos de aprendizaje se sabe qué se aspira lograr de los estudiantes. Los resultados de aprendizajes expresan que saben los alumnos y qué pueden hacer con esos conocimientos.

En el “Paso 2” se indica que se deben planificar las experiencias de aprendizaje preguntándose como aprenden las personas. Aclara que existen investigaciones que muestran que los estudiantes aprenden más y mejor cuando se involucran intensamente en su educación. Cuando trabajan con sus compañeros para resolver problemas terminan mejor preparados para encarar, posteriormente, problemas ingenieriles.

Además, es muy importante prestar atención al diseño de los ambientes de aprendizaje, para que resulten agradables, entretenidos y atractivos. Se recomienda diseñar una matriz curricular con dos ejes, en uno de ellos se colocan las competencias y en el otro las experiencias de aprendizaje (asignaturas). Posteriormente se indica la profundidad o grado de logro (básico, medio o alto). A continuación, se debe plantear como enseñar estas competencias y motivar el aprendizaje de los estudiantes.

Una de las técnicas es aplicar el aprendizaje activo y aprendizaje auténtico, que se asemejan bastante a las prácticas habituales de la ingeniería, por lo tanto, motivan a los estudiantes.

Se afirma que “el aprendizaje activo es la instrucción en el aula que involucra a los alumnos en actividades que no sean mirar y escuchar a un profesor. Trabajando individualmente o en grupos, los estudiantes pueden ser llamados para responder preguntas, resolver problemas, debatir, reflexionar, intercambiar ideas o formular preguntas” Felder y Brent (2018).

Por ejemplo, si se selecciona la competencia “Habilidad de aplicar conocimientos en las matemáticas, ciencias e ingeniería”, algunas de las estrategias de enseñanza y aprendizaje recomendadas son: Clases, Laboratorios, Aprendizaje Basado en Problemas/Proyectos, Laboratorios para “hacer”, entre otros. Y los métodos de evaluación: Exámenes, quizzes, tareas, proyectos, exámenes estandarizados, rúbricas. (Morell y Cukierman en Morell, 2017).

El “Paso3” consiste en elaborar un plan exhaustivo de evaluación continua de los resultados de los aprendizajes. De esta manera los educadores pueden tomar decisiones para mejorar de forma permanente.

“Discutir y compartir los resultados” recomienda el “Paso 4”. Todas las partes involucradas en el proceso de innovación curricular deben conocer los resultados para así poder hacer la realimentación con nuevas ideas que puedan aportar.

En el “Paso 5” luego del análisis de los resultados de aprendizajes y de recibir las realimentaciones, se deben tomar las decisiones para mejorar.

Siguiendo lo recomendado en el “Paso 2”, se escogió el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia de enseñanza y aprendizaje para aplicar en algunos temas de la asignatura donde se implementó el plan de innovación mencionado.

El ABP es un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. Estos problemas se presentan “enredados en el mundo real”. Algunas de las características principales del ABP son que: “compromete activamente a los estudiantes como responsables de una situación problemática” y “crea un ambiente de aprendizaje en el que los docentes alientan a los estudiantes a pensar y los guían en su indagación, con lo cual les permiten alcanzar niveles más profundos de comprensión” (Barrows, 1986, Torp y Sage, 1999).

Esta estrategia de enseñanza sería la más adecuada para un primer ciclo de ingeniería, mediante ella se puede comenzar a desarrollar varias de las competencias mencionadas en el Libro Rojo tales como: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; comunicarse con efectividad y aprender en forma continua y autónoma, entre otras.

### **3. El Proyecto de innovación**

Teniendo como guía los seis Pasos mencionados se elaboró el Proyecto de innovación. Se fijaron tres Metas. La primera "Elaborar una propuesta didáctica basada en estrategias de ABP para una comisión de A y GA de primer año de IEM de la FRRe de la UTN que propicie el desarrollo de competencias matemáticas y de trabajo en grupo". La segunda "Identificar los logros académicos de los alumnos de A y GA de la carrera IEM de la FRRe de la UTN a partir del ABP" y por último "Analizar las competencias para desempeñarse en grupos de trabajo de los alumnos de A y GA de IEM de la FRRe de la UTN a partir del ABP".

El Proyecto de innovación se aplicó en una comisión de A y GA de IEM de la FRRe y estuvo dirigido por la Profesora Titular de dicha cátedra. El equipo de trabajo estuvo compuesto por dicha docente, una Jefe de Trabajos Prácticos, una Auxiliar Docente y un Ayudante alumno de IEM.

Se dividió en dos etapas. En la primera se desarrolló con ABP el tema Sistemas de Ecuaciones Lineales y en la segunda el tema Recta en el Plano.

Con la aplicación de esta metodología innovadora se esperaba que los estudiantes desarrollen habilidades tales como: Trabajo en grupo, búsqueda de información en distintas fuentes, presentación en tiempo y forma de trabajos grupales en forma escrita y oral, aplicación de los contenidos de la asignatura en la resolución de problemas de la vida cotidiana y relacionados con temas de otras asignaturas del mismo nivel como Física y Química. Los resultados de este Proyecto se compartieron con el resto de los docentes que integran la cátedra.

El Plan de evaluación del Proyecto incluía dos encuestas a los alumnos para aplicar al finalizar cada etapa y entrevistas focales considerando dos grupos: los que obtuvieron buenos resultados en los parciales y los que no lograron aprobarlo con el objetivo de averiguar las causas. Los alumnos fueron evaluados en forma permanente, mediante rúbricas de trabajo en grupo, presentación de trabajos escritos, presentaciones orales, autoevaluación y coevaluación.

### **4. Desarrollo de la Experiencia**

La experiencia de trabajo se inició con una reunión con los docentes a cargo de la división y el ayudante, alumno de la carrera involucrada. El objetivo fue dar a conocer el Proyecto y conformar el equipo de trabajo. Se acordó trabajar con una buena comunicación, delimitando responsabilidades, con el establecimiento de objetivos compartidos y consensuados, para lo cual

se debieron realizar acciones definidas y concretas: se fijó día y horario de reuniones, se elaboró un cronograma de clases y se determinaron roles y funciones.

Se estableció la importancia de tener un buen clima de trabajo, con una actitud positiva de colaboración, tolerancia y escuchas activas hacia el colega. Estos criterios serían considerados como base para promover la formación de competencias transversales en los alumnos ya que, en primer término, son los docentes de la cátedra los que deberían demostrar las mismas.

Cada tema se trabajó en cuatro sesiones de ABP. Los problemas de aplicación a ser tratados fueron extraídos de la bibliografía existente en la cátedra y de sitios de internet oficiales. Los docentes tuvieron que trabajar en la adaptación de los mismos, ya que en general no están contextualizados con el futuro desempeño de un ingeniero electromecánico.

En la semana anterior a la aplicación del ABP se decidió realizar una Evaluación de diagnóstico de los temas a tratar, que consistió en una actividad con opciones de respuestas múltiples. La misma fue realizada mediante el Aula Virtual que trabaja sobre la plataforma Moodle. Este tipo de actividades permitió que el aula virtual de la cátedra, no solo sea un medio de comunicación docentes – alumnos, sino que comience a ser explotado con otro tipo de actividades.

En la primera sesión de ABP, se presentó a los alumnos la metodología de trabajo, los objetivos de aprendizaje que se pretendían alcanzar y cómo se evaluaría. Los estudiantes conformaron grupos de no más de cinco integrantes estableciendo los roles de Coordinador y Secretario.

Se entregaron los problemas y los grupos comenzaron la actividad guiados por los docentes y el auxiliar alumno.

Durante la segunda y tercera sesión los alumnos continuaron con el trabajo grupal. Las docentes recorrieron los grupos asesorando y guiándolos. Los alumnos disponían de material de consulta, ya que se los alentó a que se asociaran a la Biblioteca de la facultad para que se interiorizaran de los materiales disponibles: libros, revistas, computadoras con acceso a internet. Finalizadas las sesiones, por medio de un aplicativo (SOCRATIVE) que los alumnos instalaron en sus celulares, los estudiantes contestaron un cuestionario, de forma tal que compartían lo que habían aprendido respondiendo a preguntas de evaluación formativa. Este aplicativo permitía, visualizar el aprendizaje de los alumnos y de la clase en su conjunto, determinando que tareas habían realizado, así como el avance en las distintas soluciones que se les solicitaba realizar.

Considerando que solo serían 4 sesiones de trabajo en el aula, se informó a los alumnos que por cuestiones de tiempo solo 6 grupos expondrían en clase y los restantes deberían armar un video con la presentación correspondiente. Como las exposiciones de los grupos se realizarían en la última sesión y la determinación de los grupos a exponer sería por sorteo y en ese momento, se consideró en establecer un plazo de 10 días corridos a partir de esa fecha para la presentación de los videos. Debían entregar el informe escrito en la cuarta sesión.

Por último, los alumnos rindieron un examen parcial escrito individual que tuvo el carácter de evaluación sumativa. Al mismo tiempo, durante el parcial escrito se proveyó a cada alumno una

ficha de autoevaluación y de coevaluación cuyos resultados fueron considerados para componer la nota final. Se aclara que en la segunda etapa de aplicación del ABP, fueron los mismos estudiantes los que solicitaron se aplique la coevaluación. Querían que quede de manifiesto qué integrantes del grupo trabajaban responsablemente. Se usaron distintas rúbricas: para los trabajos escritos, las exposiciones orales y los videos.

La nota final del alumno estuvo conformada por el peso dado a cada instancia: 25 % al trabajo en grupo durante sesiones de ABP, 10% al trabajo escrito, 15 % a la exposición oral /video y 50% al parcial individual escrito. Finalizadas todas las actividades e instancias evaluativas, los docentes realizaron un análisis de los resultados.

## 5. Resultados y Conclusiones

La aplicación de esta estrategia innovadora resultó muy positiva para los docentes y alumnos. Los docentes pudieron comprobar que trabajando en forma conjunta y estableciendo objetivos comunes se obtenían buenos resultados.

Se enfrentaron a desafíos que los obligaron a salir de su zona de confort, ya que no solo tuvieron que evaluar contenidos, sino que también tuvieron que evaluar competencias que previamente las promovieron: la comunicación eficaz, la resolución de problemas y la capacidad de trabajar en equipo.

Asimismo, tuvieron que trabajar con una metodología de evaluación alineada con la metodología de enseñanza y aprendizaje centrada en el alumno. Tuvieron que construir sus propios instrumentos de evaluación: distintas rúbricas.

Respecto a los estudiantes, algunos tuvieron dificultades para trabajar en grupo, que con el transcurrir del tiempo las solucionaron delimitando responsabilidades, coordinando horarios de trabajo y haciendo una división de tareas equitativas.

Valoraron la autoevaluación y la coevaluación ya que comprendieron que los beneficiaba. En cuanto a la resolución de problemas se pudo observar la variada propuesta de soluciones según como lo identificaron. Asimismo, asumieron distintos roles profesionales según los escenarios del contexto elegido proponiendo otros análisis no solicitados tales como: análisis de costo, ganancias y gastos por servicio.

Al finalizar la innovación el equipo docente compartió la experiencia con el resto de la cátedra. Como consecuencia, durante el presente año, se extenderá esta experiencia al resto de las comisiones de la asignatura.

## 6. Referencias

- Barrows, H. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. Medical Education. Springer, New York. pp.481-486.

- Bates, A. W. (2015) La enseñanza en la era digital. Una guía para la enseñanza y el aprendizaje. Consultado el 18 de marzo de 2019 en [http://solr.bccampus.ca:8001/bcc/file/da50f5f1-bbc6-481e-a359-e73007c66932/1/La%20Ensen%CC%83anza%20en%20la%20Era%20Digital\\_vSP.pdf](http://solr.bccampus.ca:8001/bcc/file/da50f5f1-bbc6-481e-a359-e73007c66932/1/La%20Ensen%CC%83anza%20en%20la%20Era%20Digital_vSP.pdf)
- Felder, R. y Brent R. (2018) Sitio Web . <http://educationdesignsinc.com/> Consultado el 19 de julio de 2018.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (junio, 2018). Libro Rojo. Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina. Consultado el 01 de junio de 2019 en [https://confedi.org.ar/download/documentos\\_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf](https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf)
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina. Plan estratégico de formación de ingenieros. Consultado el 26 de mayo de 2019 en <https://www.argentina.gob.ar/educacion/calidad-universitaria/formacion-ingenieros>
- Morell, L. (2017). Pasos esenciales para la innovación de currículos de ingeniería y disciplinas afines. Una guía de referencia para navegar este importante proceso. Innovalied
- Retana, J. Á. G. (2011). Modelo educativo basado en competencias: importancia y necesidad/Educational model based in competency: importance and necessity. Revista Actualidades investigativas en educación, Vol. 11(3). No 3. pp. 1-24
- Torp, L. y Sage, S. (1999). El aprendizaje basado en problemas. Desde el jardín de infantes hasta la escuela secundaria. Amorrortu. Madrid.

### Sobre los autores

- **Del Valle, Carmen Graciela:** Especialista en Docencia Universitaria, Profesora en Matemática y Cosmografía. Docente titular. [cgdelvalle2013@gmail.com](mailto:cgdelvalle2013@gmail.com)
- **Montenegro, Ana María:** Especialista en Docencia Universitaria. Ingeniera en Sistemas de Información. Profesor en Disciplinas Industriales. Docente Ayudante de Primera. [ana.montenegro910@gmail.com](mailto:ana.montenegro910@gmail.com)

---

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)