

WEEF 2012

La Investigación como estrategia para el desarrollo de competencias en ingeniería

Mg. María Luisa Jover - Prof. María Celia Gayoso - Prof. Sergio Manterola

Resumen

Esta presentación expone el proyecto pedagógico de Metodología del Aprendizaje, asignatura de primer año de todas las carreras de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Buenos Aires. El programa busca el desarrollo de competencias, en especial la innovación. Para ello, los alumnos realizan una investigación según las pautas del método científico- tecnológico en un campo y área determinados por la cátedra. El resultado es una solución ingenieril empíricamente probada y aplicada a una situación concreta. Su desarrollo requiere aplicar conocimientos teóricos y técnicos, creatividad y diseño. Este proyecto se basa en los principios de la psicología cognitiva y del aprendizaje estratégico. Aquí se exponen, junto con los fundamentos epistemológicos y pedagógicos, las características del equipo docente y las principales decisiones didácticas asumidas para la organización de contenidos y actividades y su evaluación.

Palabras clave: Investigación – Enseñanza - Competencias – Innovación - Aprendizaje

Abstract

This presentation sets forth the pedagogical project of Learning Methodology, a subject of the first year of all the Engineering careers at the Instituto Tecnológico de Buenos Aires. The program aims at the development of competences, particularly innovation. To this end, students carry out a research pursuant to the guidelines of the scientific-technologic method in a field and an area determined by chair. The result is an engineer solution empirically proved and applied to a specific situation. Its development requires the application of theoretical and technical knowledge, creativity and design. This project is based on the principles of cognitive psychology and of strategic learning. Here we set out, along with the epistemological and pedagogical foundations, the characteristics of the teaching team and the main didactic decisions taken for the organization of contents and activities and the evaluation thereof.

Key words: Research – Teaching - Competences – Innovation – Learning

1. Introducción

La asignatura *Metodología del Aprendizaje* integra desde 1998 el plan de estudios para todas las especialidades de la Escuela de Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Se cursa en el primer año de la carrera, es de carácter obligatorio y su modalidad es cuatrimestral. Cuenta con aproximadamente 160 alumnos distribuidos en siete u ocho comisiones, según el ciclo. Por su área de formación, integra el Departamento de Desarrollo Profesional.

El plan de trabajo se centra en la opción del modelo de enseñanza por competencias, asumida por el Plan Estratégico del ITBA. (9) De acuerdo con categorización de competencias del CONFEDI, la asignatura se ubica entre las que desarrollan “competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales”. (3)

Desde este marco de referencia, el programa de *Metodología del Aprendizaje* busca desarrollar las competencias para el pensamiento crítico, la innovación, la tolerancia a la incertidumbre, el trabajo en equipo y la comunicación. Para esto, el espacio curricular de la asignatura se propone una experiencia de integración de la teoría con la práctica orientada al autoaprendizaje en colaboración que se plasma en la realización de una investigación por parte de los alumnos, organizados en grupos. Se espera como resultado de esta investigación una solución ingenieril, empíricamente probada, a una situación concreta, en un campo y área de estudio propuesta por la cátedra.

La competencia para innovar es el eje de organización de esta propuesta de cátedra, para lo cual asume, por un lado, la imagen cultural del ingeniero como creador de soluciones a problemas reales (12) y, por otro, el supuesto de que la creatividad en la tecnología y, en consecuencia, en la ingeniería se manifiesta en la innovación. (6)

Las bases pedagógicas de este proyecto se inscriben en el contexto teórico del aprendizaje constructivo y de sus condiciones cognitivas (2) y en la concepción del aprendizaje estratégico como modalidad didáctica. De aquí que, se considera al estudiante universitario un adulto que aprende, lo cual requiere conciencia de las metas y responsabilidad tanto por las acciones a desarrollar en el proceso como por la calidad de los resultados. También supone pensamiento y acción concientes puestos en juego con otros, colaborativamente. De acuerdo con este enfoque el alumno, al reconocerse como agente de este proceso, se vuelve autónomo para aprender. (5)

La capacidad de reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje es una habilidad que se aprende. (13) Para desarrollar esta mirada metacognitiva, el modelo didáctico de enseñanza basado en problemas aparece como la mejor opción. Ésta se pone en acción a través de la estrategia de resolución de problemas como modalidad articuladora del trabajo en el aula. (8)

La Epistemología y la Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica aportan el núcleo conceptual. La primera brinda las nociones fundamentales que validan los conocimientos científicos básicos de la especialidad ingenieril elegida y plantea la problemática actual de la teoría. La segunda, presenta los procedimientos estandarizados que dan cuenta de la manera en la que hoy se investiga y desarrolla tecnología. (6) Para poder articular la teoría con la práctica, las ideas con su realización concreta, acudimos a la noción de *diseño*, considerándolo como un plan mental, que implica conjugar creatividad, cálculo y estrategia a la vez para lograr una meta determinada. Y que por tratarse de una realización ingenieril permitirá actuar sobre el mundo para cambiarlo. (4)

En esta presentación se sintetiza la evolución de la asignatura y se describe la última experiencia realizada en la asignatura.

2. Innovación y diseño en la enseñanza de la ingeniería

La educación de ingenieros está sometida a múltiples tensiones que se expresan en visiones diversas respecto de su significado, de sus criterios rectores y de los medios para su realización. Estas tensiones provienen del carácter polifacético de la ingeniería, que se ha intensificado al

mismo tiempo que la tecnología ha impregnado todas las dimensiones de la vida social contemporánea.

La organización de las carreras, y también el de una asignatura, se elabora al amparo de ideas culturales e institucionales acerca de la relación entre la ingeniería, la ciencia y la producción. A partir de las mismas se bosqueja la identidad profesional del ingeniero. En este arquetipo todavía es débil la visión de la ingeniería como actividad de investigación, más aún desde la perspectiva de los estudiantes, según se desprende de la experiencia docente adquirida.

La formación profesional del ingeniero que se expresa en el curriculum de las carreras es una cuestión referida al proyecto cultural elaborado bajo claves pedagógicas. (7)

El enfoque curricular basado en la formación de competencias destaca la capacidad para desempeñarse en una o más áreas específicas. Las competencias se consideran un conjunto identificable y evaluable de conocimientos, actitudes, valores y habilidades interrelacionadas que posibilitan un desempeño satisfactorio en situaciones reales, proyectables al mundo laboral y no sólo circunscriptas al ámbito educativo. (10) La competencia está en el individuo y deriva de su preparación sistemática en un dominio determinado, y es en el ámbito laboral donde el sujeto desplegará y complementará, en la experiencia, las competencias que adquirió en su formación. (14)

Ahora bien, el ingeniero inventa, modifica y mejora tecnología. En la formación de ingenieros, educar para la innovación es una meta primordial que requiere por un lado, de una preparación sólida en lo ya conocido, en procedimientos estandarizados, sistematizados, y por otro, despegarse de lo establecido, dar lugar a lo novedoso, al ingenio.

El desafío consiste en formar desde lo conocido para lo desconocido, y desde el punto de vista didáctico, en conjugar educación sistemática con creatividad.

Para que *Metodología del Aprendizaje*, asignatura sistemática por su naturaleza y contenidos, también aliente a pensar más allá de lo estructurado, incorpora como clave la noción de “diseño”. El diseño es una construcción sistémica en la que su originalidad, por lo general, no depende tanto de los elementos que incluye como de las relaciones novedosas que establece entre ellos.

La filosofía y la epistemología de la tecnología destacan la relevancia del diseño en la investigación tecnológica. Éste es la forma en que se manifiesta la invención tecnológica ya que toma la forma de una respuesta concreta a una situación concreta. (11) El diseño ingenieril surge de una combinación, no siempre calculable y predecible, del conocimiento científico técnico de la realidad que se intenta modificar, con la imaginación de una creación artefactual que, adaptando los recursos disponibles, cumple una función determinada.

El proyecto pedagógico de la *Metodología del Aprendizaje* aspira a poner al alcance de los estudiantes de Ingeniería del ITBA un programa de acciones educativas que los convoque a desplegar su creatividad y responsabilidad por sus actos ante la comunidad educativa. Las decisiones didácticas que presenta están guiadas por estos valores los que, en última instancia, tendrán real concreción si ellas se convierten en oportunidades para la construcción de su subjetividad.

3. Evolución y fines de *Metodología del Aprendizaje*

Desde el comienzo de la asignatura la cátedra ha asumido la praxis de investigación científica como modelo de la estrategia de resolución de problemas. A este eje conceptual se agregó en el año 2003 la realización de un trabajo final integrador y desde 2006 la realización práctica de una investigación durante el curso que integra el *saber qué* y el *saber cómo*. La primera puesta en acto de esta decisión didáctica tuvo como fin la realización de una investigación para medir el volumen libre del aula. La siguiente propuesta, más ambiciosa, incorporó el diseño, realización y puesta a prueba de un instrumento de medición: una balanza. Se incluyeron en este caso restricciones respecto de las características del instrumento y del uso de patrones de masa no convencionales, excluyendo el empleo de balanzas comerciales.

A partir de estos antecedentes y ante los resultados favorables de la experiencia, se avanzó hacia una propuesta abierta que consiste, dentro de un área determinada por la cátedra, en plantear un problema de investigación y su correspondiente solución ingenieril, empíricamente probada. Las áreas trabajadas han sido envases, en general y restringido a sustancias peligrosas. Y desde 2011, el área elegida son deportes y el campo se acota respecto de la utilización de nuevos materiales.

Como se puede apreciar, se han ido agregando desafíos didácticos desde la realización de una medición y la construcción de una balanza dentro de determinadas restricciones hasta la elección/construcción del problema de investigación y el planteo de su solución.

Este planteo responde a la caracterización de problemas de ingeniería presente en los documentos de evaluación y acreditación. En “Anexos Resolución 1232” en el acápite **Resolución de problemas de ingeniería** dice: “Los componentes del plan de estudios deben estar adecuadamente integrados para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. Se define como problema abierto de ingeniería aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías.” (2)

En la selección de objetivos específicos de la asignatura se tuvieron en cuenta las resoluciones de política académica del ITBA como las orientaciones y acuerdos logrados en las actividades de integración horizontal y vertical que desarrolla el Departamento de Desarrollo Profesional. En consonancia con estas disposiciones se los ha formulado en términos de competencias a desarrollar.

A la vez, es compatible con los objetivos específicos de la asignatura:

- Transferir los contenidos conceptuales del programa a situaciones nuevas.
- Seleccionar los métodos y técnicas adecuadas al caso y aplicarlas correctamente
- Argumentar guardando coherencia entre el orden teórico y el empírico.
- Diseñar y probar una solución a un problema ingenieril.
- Planificar tareas individuales y grupales con fines determinados.
- Valorar positivamente el esfuerzo y la responsabilidad.
- Respetar las diferencias de opinión y consensuar para resolver conflictos.

4. Estrategia didáctica: secuencia de actividades

Desde el inicio del curso, específicamente en la presentación de la asignatura, se plantean a los alumnos estos objetivos y la modalidad de trabajo. La conformación de los grupos de trabajo es de libre elección entre ellos y quedan conformados, a lo sumo, en la segunda clase.

La dinámica del aula combina los desarrollos teóricos necesarios para la contextualización de la actividad (un panorama inicial de todo el circuito metodológico de la investigación científico-tecnológica y las subsiguientes precisiones de cada paso) con actividades grupales orientadas a la realización de la investigación. Este diseño supone un cronograma de trabajo estricto por parte de la cátedra, que asegura el desempeño completo en las 16 semanas del cuatrimestre. Pero esta organización temporal, comunicada también a los alumnos, aparece ante ellos con espacios de libertad y flexibilidad dado que involucra la toma de decisiones de distinto orden (temáticas, organizativas). Además, desde la perspectiva de los equipos, la tarea aparece con características recursivas ya que la incorporación progresiva de los contenidos epistemológicos y de las exigencias metodológicas de cada etapa en la investigación implica la revisión y resignificación de lo decidido o realizado hasta ese momento. La recursividad, inevitable en la experiencia de investigar, provoca usualmente cierta incomodidad al exigir una actitud permanente de construcción de sentido que, además, choca con una visión lineal del desarrollo de las asignaturas, propia de una mirada tradicional de la enseñanza.

Desde la concepción del aprendizaje estratégico, trabajar la resolución de problemas implica asumir situaciones abiertas cuya solución es desconocida, tanto para el alumno como para el docente. El enfoque estratégico supone el uso deliberado y planificado de una secuencia

compuesta por diversos procedimientos para el logro de una meta. Los pasos básicos se resumen en cuatro instancias: definir el problema, elaborar una estrategia de solución, aplicarla y evaluar resultados. (15) Es evidente que este modelo no se sostiene en la aplicación mecánica de técnicas sino que requiere reelaborar los conocimientos adquiridos a la luz de la situación a resolver, adquirir nuevos, generar criterios de decisión y tomar decisiones, en suma, hacer conciente el proceso de aprendizaje, aprender a aprender. (13)

Dado que *Metodología del Aprendizaje* plantea una experiencia a desarrollar a través de un problema a resolver, se va construyendo a medida que se transitan las diferentes etapas. Resulta necesario para comenzar el proceso, la comprensión por parte de los alumnos de qué es un problema.

Definir el problema a investigar requiere al grupo asumir el rol de intérpretes de una situación, para lo cual es necesario rastrear la información calificada, poner en juego la capacidad de indagación, de toma de decisiones, y la creatividad. (1)

Se orienta e impulsa a los alumnos a la búsqueda de *papers* de investigación, y bibliografía científica tecnológica, destacando la necesidad de que las fuentes teóricas tengan la calidad que exige el ámbito universitario, que no puede basarse en información de divulgación.

Esta es la primera y más dificultosa etapa, abarca entre tres y cuatro clases.

Una vez definido el problema y esbozada la hipótesis, con la presentación del Proyecto de Investigación concluye la etapa exploratoria. Este documento, análogo en sus exigencias a los formularios de los institutos de investigación de nuestro país, inicia la escritura en lenguaje y estilo científico. Su objetivo es sintetizar los conocimientos previos necesarios para la investigación y establecer el ordenamiento de acciones para resolver el problema.

La primera mitad del curso requiere de un seguimiento y control más cercano por parte de los docentes, hasta tanto los grupos afianzan su conformación y logran una visión, parcial pero correcta, de cómo encarar la investigación. Progresivamente, los profesores ceden en control y la responsabilidad a los equipos, ajustándose a su rol de consultores del proceso.

El enfoque de la enseñanza por competencias, a través de la estrategia de resolución de problemas implica modificaciones del rol tradicional docente, que vira hacia la función de facilitador y evaluador del desarrollo. La incertidumbre del logro es compartida por los profesores y los alumnos, desde sus diferentes perspectivas.

Para llevar a cabo este programa fue necesario organizar un equipo docente con perfiles apropiados a la tarea. La identificación de las competencias docentes necesarias para llevar a cabo este programa también se fueron precisando con el correr de la experiencia. Actualmente el equipo docente está conformado por cuatro profesores con formación de grado y posgrado pertinente para abordar la dimensión social, científica e ingenieril de los problemas de investigación que se plantean. El carácter multidisciplinar de este equipo permite abordar los diversos aspectos de la investigación que realizan los alumnos, tanto para satisfacer las necesidades de orientación en las diferentes etapas como para evaluar el proceso y los resultados obtenidos. La integridad del equipo docente se basa en la convicción compartida en los principios de este proyecto pedagógico.

A partir de la octava semana, la actividad se concentra en el diseño metodológico de las pruebas y en su realización. En el aula se plantea como instancia colaborativa, una presentación previa, informal donde cada equipo relata a los demás el estado de su investigación (problema, hipótesis y pruebas diseñadas) y recibe preguntas, cuestionamientos, o sugerencias de sus pares.

En la instancia de toma, registro y control de datos los alumnos experimentan una práctica científico-tecnológica esencial: la contrastación y evaluación de la hipótesis.

Para desarrollar el estilo y ajustarse a los formatos establecidos, se trabaja sobre algunos *papers* de investigación provistos por la cátedra, tomados como modelos. Sobre las producciones escritas de los equipos se van realizando correcciones de escritura y de argumentación.

En la última clase, cada equipo entrega el informe escrito de la investigación, con la estructura de los artículos de publicaciones científicas reconocidas donde sistematiza los resultados

obtenidos y la evaluación de su diseño. Además, realiza una presentación oral en la cual comparte la discusión de los resultados obtenidos y también las consideraciones acerca de la experiencia realizada como equipo, las fortalezas y debilidades en el proceso.

Asimismo, la presentación es una oportunidad para valorar el carácter formativo del esfuerzo y la perseverancia, y para que los alumnos expresen su satisfacción por sus logros, especialmente porque, al comienzo, el sentimiento suele ser de desconfianza en sus posibilidades de alcanzar la meta y de cierta inquietud, ya que la tarea es percibida como demasiado demandante. (16)

Metodología del Aprendizaje utiliza un sistema de la evaluación continua pues, como se sigue de lo expuesto, se pone el acento en el análisis del proceso de aprendizaje, sin que esto implique desconocer el valor de los resultados. En la primera clase, se explicitan los objetivos y criterios de evaluación de los tres niveles: conceptual, instrumental y actitudinal. A través de dos exámenes parciales se evalúa la comprensión y transferencia de los contenidos conceptuales en los que se privilegia la pertinencia de las argumentaciones en relación con la bibliografía obligatoria. También se evalúa la calidad de las intervenciones en clase y el compromiso con la tarea grupal. En cada clase se supervisa y orienta el desempeño del equipo en el diseño y su realización. Estos elementos, junto con el informe final de la investigación y la presentación oral, conforman una evaluación grupal.

Este programa se sostiene en la visión compartida y el compromiso sobre el *para qué*, el *qué* y el *cómo* de la educación de ingenieros y de la asignatura. También en el carácter interdisciplinario y pluriprofesional del equipo actualmente, compuesto por una Profesora de Filosofía, Licenciada en Gestión Educativa y Magíster en Ciencias Sociales, una Profesora de Filosofía Especialista en Epistemología, un Profesor de Filosofía tesista de la Licenciatura en Física y una Ingeniera Química con experiencia en Investigación en bioprocesos. Asimismo, todos ellos participan en equipos de investigación del régimen público. Se destaca que la cátedra cuenta con la valiosa colaboración del Director del Departamento de Desarrollo Profesional, Ing. Ricardo Gutiérrez Krüsemann, con amplia trayectoria en la profesión, quien promueve este proyecto didáctico.

4. Conclusiones

El desarrollo de un programa como el de *Metodología del Aprendizaje* supone colocar las carreras de ingeniería en el campo de la investigación. Esto lleva necesariamente a replantearse los formatos pedagógicos de la enseñanza de ingeniería para que se orienten, desde el comienzo, a la formación de ingenieros investigadores y no sólo como administradores del proceso o del negocio tecnológico. Nuestra asignatura subraya esa dirección en la formación temprana, promoviendo la innovación, la búsqueda, el riesgo, el desconcierto, componentes indispensables para ser un creador.

Consideramos que estas aptitudes no surgen espontáneamente en el alumno. Muy por el contrario los centros de formación de ingenieros deben hacerse cargo de que es parte de su responsabilidad estimular y desarrollar estas competencias. No nos parece para nada prematuro proponerles en el inicio de su formación la exigencia de tener que dar respuesta a un problema tecnológico que ellos mismos deben encontrar, aun cuando pareciera que carecen de conocimientos suficientes para hacerlo. La experiencia nos muestra que pueden proponer una solución innovadora

Por otra parte, no es significativo cuán desatinada o insensata pueda parecernos alguna innovación propuesta por el alumno: nuestra tarea como docentes es tomarla en consideración y exigirle que se esfuerce en darle el formato apropiado, que sea capaz de ajustarse a los criterios de eficiencia, viabilidad y fiabilidad que requiere cualquier producto/proceso tecnológico. También, que se ajuste a la consistencia teórica que impone el marco científico en el que se inscribe su investigación. Con esto el alumno entiende que la investigación es un hecho intersubjetivo, nunca aislado, y que, por lo tanto, debe poder soportar las críticas de otros sujetos, quizás inevitable, cuando en la presentación final y en el *paper* da a publicidad su investigación.

Creemos en la importancia de exigir al estudiante que materialice su propuesta en un diseño o prototipo por lo que esta acción tiene de pedagógico e instructivo al demandarle agudizar su ingenio para seleccionar variables, encontrar indicadores y construir dispositivos experimentales para elaborar sus pruebas.

Pensamos que los institutos de formación no pueden desentenderse de su responsabilidad de formar ingenieros investigadores suponiendo que la investigación llega sólo con la práctica, en el posgrado o cuando es una vocación personalísima. Como hemos podido comprobar en nuestra práctica docente, la experiencia de la investigación tecnológica es altamente formativa ya que pone en juego competencias actitudinales en la necesaria integración de los saberes teóricos y experienciales que requiere.

Referencias

- (1) Bunge, M: *La investigación científica*, Argentina, siglo XXI, 2002, pp. 627-636
- (2) CONEAU – CONFEDI – M.E., *Anexos Resolución 1232*, Argentina, 2002, p. 11
- (3) CONFEDI, *Definiciones de competencias genéricas de las carreras de ingeniería*, Argentina, 2006, p.11
Disponible en: <http://confedi.org.ar/sites/files/revista-confedi.pdf>
- (4) Costa, J: *Diseño, comunicación y cultura*, España, FUNDESCO, 1994, p. 180.
- (5) Fly Jones, B; Sullivan Palincsar, A; Ogle, D; Carr, E.: *Estrategias para enseñar a aprender. Un enfoque cognitivo para todas las áreas y niveles*, Argentina, Aique, 1997, pp. 34-38
- (6) Fourez, G: *La constitución del conocimiento científico*, Madrid, Ed. Narcea, 1994, pp. 139-144
- (7) Gimeno Sacristán, J: *El currículum: una reflexión sobre la práctica*, España, Ed. Morata, 1994, p. 20
- (8) Grech, P: *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque a través del diseño*, Prentice Hall, Colombia, 2001. pp. 330-346
- (9) ITBA-CONFEDI, *Desarrollo de competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina*. Documento base de trabajo, Buenos Aires, 2005, pp. 4-5
- (10) Lévy-Leboyer, C: *Gestión de las Competencias. Cómo analizarlas. Cómo evaluarlas. Cómo desarrollarlas*, Barcelona, Ediciones Gestión 2000, SA., 2003, pp 10, 17, 53-55
- (11) Liz, M: Conocer y actuar a través de la tecnología. En: Broncano, Fernando (editor): *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. España: Editorial Trotta. 1995.
- (12) Moaveni, S: *Engineering Fundamentals. An Introduction to Engineering*, Thomson, Canadá, 2005, pp. 4-11
- (13) Pozo Muncio, I: *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*, España, Alianza, 2000, pp.156-168, 299-313
- (14) Tanguy, L: De la evaluación de los puestos de trabajo a la de las cualidades de los trabajadores. Definiciones y usos de la noción de competencias. En: Neffa, J. (Comp), *El Futuro del Trabajo. El Trabajo del futuro*, Argentina, Buenos Aires, FLACSO, 2001, pp. 112-113, 117-118
- (15) Wankat, P & Oreovicz, F: *Teaching Engineering*, New York, Mc Graw Hill, 1996, pp. 75-79
- (16) Wassermann, S: *El estudio de casos como método de enseñanza*, Argentina, 2006, pp. 96- 101

