



Universidad Nacional  
de La Matanza

# Enseñanza de la Ingeniería Hacia un Modelo Pedagógico Transformador

---

PEICB - 2017  
VERSION DIGITAL

**DIIT**  
Departamento de Ingeniería e  
Investigaciones Tecnológicas



## **AUTORIDADES UNLAM**

Prof. Dr. Daniel Eduardo Martínez (Rector)  
Prof. Dr. Víctor René Nicoletti (Vicerrector)  
Dr. José Paquéz (Secretario General)  
Lic. Ana Turdó (Pro Secretaria General)  
Mgtr. Gustavo Duek (Secretario Académico)  
Lic. Juan Pablo Piñeiro (Pro Secretario Académico)  
Mgtr. Ana Bidiña (Secretaria de Ciencia y Tecnología)  
Lic. Roberto Luis Ayub (Secretario de Extensión Universitaria)  
Lic. Nicolás Martínez (Pro Secretario de Extensión Universitaria)  
Cdor. Adrián Sancci (Secretario Administrativo)  
Lic. Sebastián Garber (Pro Secretario Administrativo)  
Dr. Jorge Luis Narváez (Secretario de Planeamiento y Control de Gestión)  
Lic. Marcelo Pérez Guntín (Secretario de Informática y Comunicaciones)  
Ing. Martín Esteban Etcheverry (Pro Secretario de Informática y Comunicaciones)  
Dr. Cristian Cabral (Secretario Legal y Técnico)  
Dr. Javier Lorenzutti (Pro Secretario Legal y Técnico)  
Dra. María Mercedes González (Secretaria Técnica)

### **Autoridades Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT)**

Mgtr. Osvaldo Sposito (Decano)  
Mgtr. Gabriel Blanco (Vicedecano)  
Dr. Daniel Giullianelli (Secretario de Investigación)  
Cdor. Daniel Pontoriero (Secretario Administrativo y de Extensión)  
Ing. Santiago Igarza (Coordinador Ing. en Informática)  
Ing. Alejandro Pérez (Coordinador Ing. Electrónica)  
Ing. Eduardo De María (Coordinador Ing. Industrial)  
Ing. José Rueda (Coordinador Ingeniería Civil)  
Arq. Arnoldo Rivkin (Coordinador Arquitectura)  
Mgtr. Jorge Eterovic (Coordinador Ing. Mecánica)

### **Equipo de Coordinación del PEICB**

Esp. Fabiana Grinsztajn (Coordinación General)  
Mgtr. Marcela Imperiale (Coordinación Pedagógica)

## **Colaboración**

Dra. Bettina Donadello (Asesora Académica DIIT)  
Lic. Cristina Farkas (Coordinadora CGCB)  
Mgtr. Víctor Mekler (Gestión de la Información DITT)  
Mgtr. Nora Gigante (Área de Comunicaciones DIIT)  
Leslie Salerno (Diseñadora - Área de Comunicaciones DIIT)

## **Equipo docente integrantes del PEICB**

Análisis Matemático I  
Mgtr. Betina Williner

### **Análisis Matemático II**

Lic. Roberto Depaoli  
Lic. Héctor López

### **Álgebra y Geometría Analítica I**

Esp. Julio Bertúa  
Mgtr. Marcelo Denenberg  
Lic. Patricio Meneguzzo

### **Matemática Discreta**

Ing. Marcela Bellani  
Lic. Teresa Fernández  
Lic. Liliana Mazzi

### **Programación II**

Ing. Luis López  
Ing. Renata Guatelli

### **Programación avanzada**

Ing. Verónica Inés Aubin  
Ing. Leonardo Blautzik  
Ing. Gustavo Dejean

ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA. HACIA UN MODELO PEDAGÓGICO TRANSFORMADOR



ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA.  
HACIA UN MODELO PEDAGÓGICO  
TRANSFORMADOR  
PEICB  
VERSIÓN DIGITAL  
2017

Autores:

Sposito, Osvaldo y Blanco, Gabriel

Responsables de Compilación:

Grinsztajn, Fabiana e Imperiale, Marcela

Responsables de edición:

Imperiale, Marcela y Grinsztajn, Fabiana



Universidad Nacional de La Matanza

Copyright 2017

Enseñanza de la ingeniería : hacia un modelo pedagógico transformador : PEICB : versión digital 2017 / Ovaldo Sposito y Blanco, Gabriel; compilado por Grinsztajn, Fabiana e Imperiale, Marcela ; editado por Imperiale, Marcela y Grinsztajn, Fabiana. - 1a ed. - San Justo : Universidad Nacional de La Matanza, 2017.

Libro digital, EPUB

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4417-08-4

1. Ingeniería. 2. Enseñanza. I. Sposito

CDD 620

© Universidad Nacional de La Matanza, 2017

Florencio Varela 1903 (B1754JEC)

San Justo / Buenos Aires / Argentina

Telefax: (54-11) 4480-8900

editorial@unlam.edu.ar

www.unlam.edu.ar

Diseño: Editorial UNLaM

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Prohibida su reproducción total o parcial

Derechos reservados



# ÍNDICE

PRÓLOGO	
<i>O. Sposito, G. Blanco</i> .....	11
INTRODUCCIÓN. PRESENTACIÓN. PLAN ESTRATÉGICO DEL DIIT-UNLAM 2010-2020	
<i>O. Sposito, G. Blanco y D. Donadello</i> .....	13
CAPÍTULO I. INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA, LA GESTIÓN PEDAGÓGICA DE UN PROYECTO TRANSFORMADOR.	
<i>F. Grinsztajn y M. Imperiale</i> .....	19
CAPÍTULO 2. LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA EN INGENIERÍA.....	47
Cambio de metodología didáctica en cursos de Análisis Matemático I: fundamentos, implementación y primera evaluación.	
<i>B. Williner</i> .....	47
Modificación metodológica y de contenidos en Álgebra Lineal y Geometría Analítica I.	
<i>J. Bertúa, M. Denenberg y P. Meneguzzo</i> .....	67
Matemática Discreta para Ingeniería: Nuevos desafíos.	
<i>M. Bellani, T. Fernández y M. L. Mazzi</i> .....	87
CAPÍTULO 3. LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN EN INGENIERÍA.....	99
Aprender entre pares a través de e-group en la universidad. Análisis de una experiencia.	
<i>L. López, R. Guatelli y V. Aubin</i> .....	99
Mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje de programación utilizando metodologías propias de la industria del software como caso particular de las metodologías activas.	
<i>V. Aubin, L. Blautzik y G. Dejean</i> .....	115
CAPÍTULO 4. INGENIEROS PARA EL NUEVO SIGLO .....	125
Acerca de la formación de los ingenieros para el nuevo siglo.	
<i>C. Lerch y A. Dmitruk</i> .....	125
Proyecto Giga DIIT- UNLaM: Giga DIIT- UNLaM Ingenieros y docentes de ingeniería, saberes y prácticas en acción.	
<i>F. Grinsztajn y H. Mavrommatis</i> .....	147

Sobre la formación de ingenieros Diálogo entre el Ing. Lerch y el Ing. Mavrommatis .....	151
EPÍLOGO. PROSPECTIVA PEDAGÓGICA DEL DIIT. <i>B. Donadello</i> .....	171
CV AUTORES .....	175

# PRÓLOGO

El Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), postula desde sus inicios la necesidad de potenciar el desarrollo de las Carreras de Ingeniería que constituyen su oferta académica. Una multiplicidad de acciones se han puesto en marcha a través del tiempo, durante los últimos nueve años, pero es desde el año 2011 que se trabaja en el Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas (PEICB), cuyas acciones se enmarcan dentro del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2020, fuertemente apoyado por toda la Universidad.

Concretamente, en el PEICB las acciones se focalizan en las dimensiones pedagógicas, didácticas y curriculares tendientes al fortalecimiento del Ciclo de Conocimientos Básicos.

Agradecemos, de parte de todas las autoridades que integran el DIIT, el alto nivel de predisposición de las coordinadoras pedagógicas y de todo el equipo docente asignado, junto con colaboradores de cátedra, para la puesta en marcha e implementación de los cambios pedagógicos propuestos en el PEICB, que se reflejan en el presente libro.

*Ing. Gabriel Blanco*  
*Vice-Decano*

*Ing. Osvaldo Sposito*  
*Decano*



# INTRODUCCIÓN

## PRESENTACIÓN. PLAN ESTRATÉGICO DEL DIIT UNLAM 2010-2020

La importancia de la Ingeniería para el desarrollo sostenido del país se vislumbraba al considerar el Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros (2012-2016), propuesto desde el Ministerio de Educación de la Nación donde se pone de manifiesto:

El modelo productivo puesto en marcha en el año 2003 se fundamenta en la creación de una matriz de crecimiento económico, basada en la producción, en el valor agregado, en el mercado interno y en un fuerte crecimiento de las exportaciones. Argentina está planificando continuar con una nueva década de crecimiento y, para ello, se han consensuado grandes planes estratégicos, como son el Plan Estratégico Industrial 2020, el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial, el Plan de Desarrollo Minero, los cuales para su concreción necesitan Infraestructura en Transporte, Comunicaciones y Energía entre otros aspectos. Es precisamente en el sector energético donde en el año 2012 se tomó la decisión histórica y estratégica de nacionalizar YPF, a fin de asegurar la soberanía energética.

Desde el Ministerio de Educación de la Nación, y enmarcando las acciones de modo tal de asegurar inclusión, calidad y pertinencia en todos los niveles educativos, se continuará con el desarrollo de proyectos activos que formen ciudadanos con los mayores niveles de cualificación profesional y que den sostenibilidad a los planes estratégicos enunciados.

En este contexto, la ingeniería es una disciplina fundamental para lograr consolidar el desarrollo industrial, relacionar conocimiento con innovación productiva, y disminuir los niveles de dependencia tecnológica. Entre 2004 y 2011 el foco fundamental de las políticas para la disciplina estuvo puesto en los proyectos de aseguramiento de la calidad de la formación, lo que ha permitido que Argentina haya acreditado el 100% de sus carreras de ingeniería, situación que ha merecido el reconocimiento de asociaciones regionales y mundiales de la ingeniería.

Esto permitió, además, incrementar la cantidad de estudiantes, su rendimiento académico y de graduados, pero la demanda actual y proyectada de ingenieros indica la necesidad de continuar incrementando la cantidad de profesionales, y la meta propuesta es tener la mayor tasa de graduados por año de Latinoamérica, que es de 1 nuevo ingeniero cada 4.000 habitantes por año, es decir, 10.000 nuevos graduados por año.

Además de ello, es necesario continuar con los cambios en los paradigmas de la formación, de modo que estén preparados para el desarrollo sostenible, lo cual supone que la actividad del ingeniero debe considerar las implicancias económicas, sociales y ambientales de cada una de sus aplicaciones, para asegurar que no se vean afectadas las necesidades de las generaciones futuras.

Por lo expuesto, no sólo es necesario consolidar la formación a través del conocimiento de contenidos, sino también inculcar, durante el proceso formativo, competencias, capacidades, actitudes y aptitudes que permitan generar un profesional de alta capacitación técnica que, también, tenga compromiso social, conciencia ambiental y capacidad de liderazgo.

El Ministerio de Educación de la Nación impulsa, en conjunto con otros actores, el desarrollo del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016, como un instrumento imprescindible para el logro de las metas de desarrollo propuestas.<sup>1</sup>

A la luz de estas premisas de política pública el DIIT ha diseñado un conjunto de políticas educativas propias que definen la direccionalidad de la formación en ingeniería:

- Inclusión educativa en la universidad y en el Departamento de ingeniería e investigaciones Tecnológicas en particular: La UN-LaM en general y, el DIIT en particular, se caracterizan desde sus inicios por generar una política académica tendiente a la inclusión educativa de los jóvenes que aspiran a ingresar a los estudios superiores. En los inicios de la Institución se abrieron las puertas a la vida académica esencialmente a la comunidad cercana, incluyendo a los egresados de las escuelas secundarias de la zona. Años después, se amplió dicho entorno y participan activamente jóvenes estudiantes de partidos aledaños.

---

<sup>1</sup> PEFI Plan estratégico de formación de Ingenieros 2012-2016 Ministerio de Educación <<http://portales.educacion.gov.ar/spu/calidad-universitaria/plan-estrategico-de-formacion-de-ingenieros-2012-2016/>>

- Compromiso con el entorno social y productivo: El DIIT de la UNLaM se ha propuesto un Plan Estratégico 2010-2020. En el mismo su misión es formar profesionales de la ingeniería comprometidos con el entorno social y productivo, destacados en su formación teórica y sus experiencias prácticas, capaces de formular y desarrollar proyectos innovadores en los diversos ámbitos de su desempeño.
- Transformación en pedagogía: La prioridad estratégica para el DIIT es propiciar un cambio significativo en pedagogía, promoviendo la utilización de metodologías activas de enseñanza con el fin de mejorar las condiciones de aprendizaje de los estudiantes. Se insta de este modo el desarrollo de estrategias pedagógicas superadoras que favorezcan procesos de aprendizaje significativos, la incorporación de enfoques basados en la formación por competencias tendientes a una mayor retención del alumnado garantizando la calidad de los aprendizajes.

En esta línea se enmarca a su vez y desde el año 2015, el proyecto de mejora de los indicadores académicos del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), siguiendo el eje estratégico del Plan de Formación de Ingenieros 2012-2016, cuyos objetivos son:

- I. Generar vocaciones tempranas y facilitar el tránsito entre niveles educativos.
- II. Incrementar la retención en el ciclo básico.
- III. Incrementar la retención en el ciclo de especialización.
- IV. Incrementar la graduación de alumnos avanzados.

El DIIT viene desarrollando acciones de articulación con escuelas secundarias desde 2006, dentro de una estrategia más amplia de mejora de la formación de ingenieros. Se trabaja el despertar vocacional temprano por el estudio de las ingenierías y carreras técnicas que se imparten en el DIIT. Para ello, se llevan a cabo diferentes acciones: visitas a escuelas secundarias técnicas, talleres vocacionales, charlas para ingresantes, prácticas profesionalizantes, acompañamiento para alumnos de escuelas secundarias. Y anualmente, se lleva a cabo la actividad Expo Escuela, en forma conjunta con Expo-Proyecto, donde alumnos de escuelas secunda-

rias y de fin de carrera de ingeniería, presentan sus proyectos (prototipos de desarrollos informáticos, electrónicos, de alto nivel).

Estas acciones son realizadas en forma conjunta por un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por docentes, no docentes y asesores pedagógicos del DIIT.

De la misma forma se aspira al desarrollo temprano de las competencias ingenieriles suscritas por CONFEDI 2006 para los ingenieros egresados.

Los fines últimos de estas actividades se orientan a captar y retener a los alumnos a lo largo del proceso educativo, incrementando el número de aspirantes a las carreras de ingeniería, y mejorando el índice permanencia y graduación en las mismas.

A tal fin, el proyecto de mejora de indicadores propuestos por el DIIT-UNLaM, pretende trabajar para coadyuvar en la mejora de los indicadores dentro del Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros. En el marco de este último proyecto se trabajaran diferentes aspectos, por ejemplo: modificación del curso de admisión en matemáticas, revisión curricular de todas las disciplinas matemáticas, acompañamiento tutorial de los alumnos a lo largo la trayectoria académico-curricular, incluso desde fases tempranas de articulación con escuelas secundarias técnicas (Expo Escuelas y prácticas profesionalizantes), hasta fases avanzadas de estudio (Expo Proyecto y recursos didácticos multimedia especialmente diseñados).

Desde el punto de vista de la formación, esta realidad nos lleva a abordar el papel del aprendizaje universitario en la sociedad del conocimiento, cada vez más definida por su complejidad y diversidad, y que introduce en los modelos formativos importantes cambios. En este sentido, sin profundizar en los rasgos que caracterizan a esta nueva cultura del aprendizaje y la enseñanza, hay ciertas tendencias en la naturaleza de los “saberes” que la universidad gestiona que se deben considerar, ya que constituyen verdaderos retos que la sociedad del conocimiento plantea a la enseñanza y al aprendizaje universitario. En primer lugar, el saber es cada vez más extenso. En segundo lugar, el conocimiento presenta una tendencia a la fragmentación y especialización y, en tercer lugar, el ritmo de producción de ese conocimiento es cada vez más acelerado y, por tanto, su obsolescencia también crece (Fernández March, 2006:37). Abordar transformaciones en pedagogía implica necesariamente comprender y visitar estrategias y modalidades de gestionar el conocimiento



en la universidad, desde su producción y transmisión hasta la necesaria transferencia y utilización en el medio externo a la propia universidad.

En el Plan Estratégico del DIIT atento a pensar en prospectiva e identificando brechas de capacidad al interior de la propia formación se ha propuesto en el año 2010 un conjunto de ideas que se asumen como norte para motorizar propuestas innovadoras; se mencionan algunos aspectos sustantivos sobre los ejes pedagógico y curricular que el Plan estratégico departamental desarrolló hace ya unos años y que en la actualidad se plasman en acciones diversas.

A la luz de estos considerandos es que se presenta en este libro el Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas (PEICB) iniciado en el año 2012, junto con sus principales avances y resultados preliminares.

Esperamos que el mismo contribuya y aporte tanto a nuestras carreras de ingeniería como a otras que se proponen lineamientos similares.



# CAPÍTULO I

## INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA, LA GESTIÓN PEDAGÓGICA DE UN PROYECTO TRANSFORMADOR

*Fabiana Grinsztajn  
Marcela Imperiale*

### Introducción

Desde el año 2011 las autoridades del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la UNLAM proponen el desarrollo de una propuesta de gestión pedagógica destinada a la mejora de la enseñanza de la ingeniería en el ciclo de ciencias básicas y en materias correspondientes fundamentalmente al área de programación.

La gestión pedagógica involucra una multiplicidad de acciones que suponen no solamente el trabajo sobre la didáctica sino además la generación de consensos para redireccionar y transformar las prácticas desde una perspectiva genuina y duradera. Las implicancias de esta gestión están relacionadas con los procesos de enseñar y de aprender, pero además con decisiones de política educativa y con las condiciones institucionales que posibilitan la revisión y mejora de estos procesos.

Con ese fin se realizaron inicialmente reuniones de discusión y acuerdo con las autoridades departamentales, decano, vicedecano, secretarios y coordinadores de carrera con el objetivo de sentar las bases del proyecto, para luego convocar a los profesores a cargo de las cátedras intervinientes y elaborarlo en forma colectiva.

A su vez se iniciaron líneas de acción en relación con el diseño de materiales e instrumentos destinados a la implementación del proyecto, así como el diseño de propuestas de capacitación continua para los docentes del DIIT.

Como todo proceso de gestión se involucran instancias de diagnóstico, planeamiento, definición de metas, objetivos y alcances, implementación, seguimiento y evaluación, todo ello siempre dentro de un enfoque estra-

tégico y situado de la gestión, con amplia participación y consenso en la toma de decisiones y teniendo en cuenta, como horizonte y prospectiva, la necesidad de un cambio significativo en las modalidades de intervención didáctica y, a la vez, la reorganización curricular y la articulación de los contenidos entre asignaturas. Como sostiene Ossorio (2003) la planificación es una herramienta que estimula las facultades de percepción de las múltiples y complejas dimensiones y dinanismos sociales con vistas a incrementar la fecundidad y eficacia del pensamiento y de la acción. A partir de las categorías que incorpora el planeamiento estratégico, es posible enriquecer la reflexión y la acción personal y de grupo (organización) promoviendo cambios en la amplitud y profundidad de la percepción y en la conducción, administración y gestión de situaciones.

A su vez la perspectiva y enfoque de la propuesta de cambio pedagógico se basó en un conjunto de premisas entre las cuales una de las más importantes ha sido, y continúa siendo, la inclusión educativa con calidad, entendiendo que los procesos políticos e institucionales recientes que ofrecieron la posibilidad de inserción de nuevos grupos sociales en la universidad, requieren de una especial atención en aras de posibilitar la plena integración en la vida universitaria de los estudiantes.

En este sentido se postula que el nuevo escenario de la educación superior supone atender a la diversidad y propiciar la inclusión de los estudiantes, sin resignar la calidad de la educación ofrecida. Incluir con calidad es la condición a fin de formar profesionales capaces de responder creativamente a los desafíos que el sector de la producción tecnológica y la resolución de problemas ingenieriles requieren. Las propuestas, actividades, procesos emprendidos en el marco del proyecto, sostienen la inclusión educativa en la universidad sin resignar calidad, como una idea fuerza que contribuye a orientar el cambio pedagógico.

## **El Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas**

El Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas (PEICB) surge en el año 2011 en el DIIT y se promueve con el formato de contrato-programa financiado por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación de la Nación. De manera coincidente surgen los lineamientos generales del Plan Estratégico de Formación de

Ingenieros (PEFI 2012-2016) que la SPU ha propuesto a las instituciones universitarias con carreras de ingeniería, de este modo el PEICB se enmarcó de modo tal que sus líneas prioritarias de acción sean acordes con la propuesta a nivel nacional. Entendiendo que la ingeniería es una disciplina fundamental para lograr consolidar el desarrollo industrial, relacionar el conocimiento con la innovación productiva, y disminuir de este modo los niveles de dependencia tecnológica.

En el marco de las políticas públicas relacionadas con la evaluación y la acreditación de carreras de grado en nuestro país, las carreras de ingeniería en especial han debido reorientar prácticas y procesos, revisar y evaluar sus ofertas académicas, las modalidades de enseñanza y de aprendizaje, identificar con mayor precisión y dar difusión a los datos de rendimiento, las tasas de graduación, los perfiles docentes y los diseños curriculares.

Las consecuencias de estas acciones son pasibles de ser estudiadas aún en profundidad, pero se advierten en la última década, algunos cambios que merecen ser destacados, un cambio relevante es la incorporación de temáticas pedagógicas, otrora más dispersas y hasta ausentes en los debates académicos, resultan hoy motivo de encuentros, jornadas, intercambios entre docentes y funcionarios universitarios vinculados a la enseñanza de la ingeniería, a través de congresos y actividades que se desarrollan entre académicos, ingenieros y pedagogos.

Esta inclusión de la pedagogía instala cierta apertura y una base sobre la cual asentar nuevas prácticas y modelos de enseñanza. Los planes de mejoramiento, por otra parte, han facilitado entre otros tantos aspectos, incluir en la planta docente nuevo personal, actualizar el equipamiento disponible en los laboratorios, incorporar equipos de tutores, y propuestas de orientación al estudiante, sistematizar información para la toma de decisiones, mejorar infraestructura edilicia y capacitar a docentes a través de la realización de actividades de posgrado, cursos y de actividades formativas internas.

Esta serie de transformaciones ha sido recibida muy positivamente por las instituciones, no obstante, la tarea de mejorar las prácticas docentes en las carreras de ingeniería es aún un desafío, entre otras razones, porque los cambios en la industria y el trabajo ingenieril son constantes y requieren la permanente revisión de contenidos y de prácticas en las carreras de ingeniería.

Tal como afirma Panaia (2013) “Además de una sólida formación básica, se pide al ingeniero avanzar sobre la frontera de otras disciplinas

y adquirir habilidades que tienen que ver con la posibilidad de resolver problemas, de tomar decisiones, de mantener una actitud permanente de aprendizaje, iniciativa, liderazgo, formación humanista y conocimientos de finanzas, administración y economía, pero en áreas muy específicas de la producción se requieren conocimientos muchas veces poco incluidos en los programas de conocimientos básicos de la ingeniería, de las instituciones educativas. Considerando como agente fundamental del desarrollo industrial y técnico, se le exige al ingeniero una formación científica, tecnológica y económico-administrativa (gestión), con una actualización permanente formal e informal, sobre todo en su especialidad.”

Existe un nudo gordiano que es “la clase” y lo que en ella sucede, que facilita u obstaculiza los procesos de aprendizaje. Penetrar la clase es adentrarse en concepciones arraigadas acerca del enseñar, el aprender, el sentido mismo de la tarea, las ideas acerca del perfil del estudiante y del graduado, de la propia universidad y sus finalidades como institución, en la formación del docente, sus propias experiencias, pensamientos y creencias, en la disponibilidad edilicia y de equipamiento y su aprovechamiento, en las tensiones masividad- calidad, tradición -innovaciones, teoría-práctica, entre otras.

Es en este contexto singular y con la convicción de que es preciso entrar a la clase universitaria para revisarla, analizarla y transformarla, es que tiene lugar la experiencia que se relata, donde se promueve la instalación de un proyecto de cambio paradigmático en la enseñanza de la ingeniería, centrado en principio y con mayor profundidad en las ciencias básicas, y que luego de varios años en ejecución permite identificar fortalezas y debilidades aún existentes que se analizan desde diferentes miradas a lo largo del libro.

Cuando en los inicios nos propusimos un cambio en el enfoque pedagógico de las asignaturas involucradas en el proyecto, nuestro norte era promover una modalidad de enseñanza activa, basada principalmente en la resolución de problemas, donde la práctica se articule con la teoría y donde se invite a los estudiantes a aprender desde un enfoque profundo y no superficial.

Estas ideas fuerza movían el proyecto, con la convicción de que enseñar ingeniería (mas allá de las disciplinas implicadas) requiere pensar en problemas y en el diseño de proyectos que permitan encontrar soluciones. Si los estudiantes se forman desde el comienzo de su carrera en esa dirección, la posibilidad de generar un pensamiento reflexivo y creativo, al servicio de los problemas de la práctica seguramente resulte

más probable. Ideas sostenidas por múltiples investigaciones (Escribano y Valle, 2008; Araujo y Sastre, 2008; ITEMS, 2005)

Esta propuesta incluye un modelo de trabajo colaborativo, reflexivo, centrado en el “saber hacer” y en el entender las causas de dichas acciones. Sin embargo, estas ideas, aunque valoradas por los docentes, no fueron adoptadas ni aceptadas tan fácilmente. Fue preciso realizar múltiples lecturas de cada situación de clase, de rendimiento, de contenidos, de espacios, de equipamiento necesario disponible y no disponible, para permitir que todos comprendan que el aprendizaje profundo se produce en el marco de ciertas condiciones de base que lo posibilitan.

Entonces allí en el encuentro entre las disciplinas y la pedagogía, entre docentes de diferentes esquemas epistemológicos fue posible acercar posturas ideas y concepciones.

Desde el PEICB se considera relevante la perspectiva de Ezcurra (2011) quien señala “...ante la aproximación hegemónica, de cambio periférico, en los márgenes del sistema académico, es preciso un giro drástico, un viraje cabal. En definitiva, una estrategia con centro en la enseñanza. Por lo tanto, una reforma educativa, sí, pero contundente y de escala institucional (...) Una reforma con foco en primer año y, más en general, en el punto de partida, un tramo crítico que, por eso, exige una atención prioritaria.”

Sobre la inclusión, y la recepción de alumnos en los primeros años de las carreras, Ezcurra (2011) cita a Vincent Tinto (2003) quien “observa que, para ser serios en materia de retención, los colleges y las universidades deben hacer mucho más que montar programas que ayuden a los estudiantes a ajustarse a la organización, y que eso implica trastocar sus propias estructuras y prácticas. Por ende, hay que revisar y trocar el régimen de expectativas institucionales y, sobre todo, el capital cultural esperado y sus presupuestos acerca de conocimientos, habilidades y hábitos críticos en el punto de partida como el saber estudiar, aprender, pensar, entre otros.”

Teniendo en cuenta estas concepciones el PEICB otorga a “lo pedagógico” un lugar central, desde una perspectiva estratégica, con el fin de fortalecer el desarrollo de competencias, tales como las que se plantean desde el PEFI que considera la necesidad de “consolidar la formación a través del conocimiento de contenidos y también inculcar, durante el proceso formativo, competencias, capacidades, actitudes y aptitudes que permitan generar un profesional de alta capacitación técnica que,

también, tenga compromiso social, conciencia ambiental y capacidad de liderazgo”

Para ello la mejora será posible desde el lugar íntimo y esencial de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, valorizando al equipo docente como protagonista de las acciones desde el inicio mismo de la planificación, la identificación de los problemas relevantes, el diseño de las estrategias de cambio y mejora, el seguimiento y la evaluación de procesos y resultados. El equipo docente, en principio a través de los Jefes de Cátedra, constituyó parte activa del diseño del proyecto, su implementación, monitoreo y evaluación.

El trabajo realizado por cada equipo docente de cátedra se refleja en esta obra. Cada capítulo es narrado por quienes intervinieron en forma directa en el proyecto y se comprometieron con sus reflexiones y sus acciones en el devenir de propuestas renovadas, a veces recibidas con asombro y temor, a veces acogidas con alegría y entusiasmo. En cada apartado son los profesores quienes expresan un sentir y un decir acerca del proceso transitado.

Vincular a los docentes en esta red colaborativa de trabajo pedagógico y disciplinar nos permitió, en nuestro rol de asesoras pedagógicas y coordinadoras del PEICB, potenciar el diálogo intercátedras, trabajar sobre los contenidos mínimos de cada materia, posibilitar la articulación horizontal y vertical de los contenidos trabajados y disminuir la cantidad de temas reiterados, adecuar a cada asignatura metodologías activas de enseñanza, en función de las reales posibilidades de ejecución y las condiciones mínimas para garantizar el trabajo.

Además, fue posible reflexionar acerca del perfil profesional que se impone en la formación de los futuros ingenieros, tema que se desarrolla en cada capítulo y en especial en “La Formación de Ingenieros para el nuevo siglo” de Ing. Carlos Lerch y el Ing. Andrés Dimitruk, quienes fueron invitados a reflexionar junto al equipo PEICB sobre este tópico.

Centrar la mirada en la enseñanza, nos sitúa en el espacio y en los tiempos del aula, favorece el trabajo con todos y desde todos. Los profesores comprenden la importancia de diagnosticar la situación de partida del alumnado, identificando las potencialidades y las falencias, ajustando las propuestas de enseñanza al alumnado que habita nuestras aulas y no a otro idealizado. Se trata entonces de generar oportunidades de aprendizaje que posibiliten la inclusión educativa real. Se trata de planificar una diversidad de propuestas didácticas que amplíen las vías de acceso al conocimiento científico y tecnológico. Son los equipos docentes, con



el apoyo de las autoridades institucionales y el asesoramiento pedagógico necesario, quienes promueven las estrategias necesarias para propiciar la verdadera inclusión educativa.

## El contexto de surgimiento del PEICB

La Universidad Nacional de La Matanza<sup>2</sup> es una institución de educación superior de gestión estatal que fue creada en la década del '90. Se sitúa en el Partido de La Matanza, zona oeste de la provincia de Buenos Aires. La Universidad se crea hace más de dos décadas y, actualmente, cuenta con 40.000 alumnos aproximadamente. Ofrece una diversificada oferta académica y recibe estudiantes de la zona aledaña.

La Universidad ofrece diversas ofertas académicas, entre ellas las referidas a la formación Ingenieril a través del DIIT, que ofrece actualmente las siguientes carreras: Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática, Ingeniería Civil e Ingeniería en Electrónica, así como diversas Tecnicaturas. Actualmente se cuenta con dos nuevas carreras: Arquitectura e Ingeniería Mecánica. La carrera de Ingeniería en Informática reúne aproximadamente 70% de la matrícula del DIIT, razón por la cual el proyecto focaliza sobre asignaturas relacionadas con el área de programación. El crecimiento continuo del Departamento habla por sí mismo de la relevancia que estas carreras tienen en el entorno local y nacional. Habida cuenta de la necesidad de ingenieros que tiene hoy la industria y el sector empresarial y que muchas veces se ven insatisfechas por la falta de graduados de ingenierías.

Atravesada una primera etapa de transformaciones y cambios, devenidos de los procesos de acreditación y mejoramiento de las carreras de ingeniería en nuestro país, que propiciaron sentar algunas condiciones de partida: incorporar equipamiento, incrementar el plantel docente, la formación de posgrado, programas de investigación y formación de recursos humanos, otorgamiento de becas, crear equipos de tutores, entre otros aspectos; nos encontramos en ese momento (2012) y en la actualidad (2017) en otra etapa en la cual es preciso fortalecer y profundizar algunos aspectos de la gestión institucional y pedagógica.

Cuando surge el PEICB, el DIIT ya contaba con un Plan Estratégico, en el mismo se considera como misión “Formar profesionales de la in-

---

<sup>2</sup> Universidad Nacional de La Matanza para más información: [www.unlam.edu.ar](http://www.unlam.edu.ar)

geniería comprometidos con el entorno social y productivo, destacados en su formación teórica y sus experiencias prácticas, capaces de formular y desarrollar proyectos innovadores en los diversos ámbitos de su desempeño,” para lo cual se incorpora como eje central la mejora de la enseñanza y un cambio profundo en las concepciones pedagógicas que transformen la formación.

En el Plan Estratégico del DIIT se incluyen algunos aspectos sustantivos sobre los ejes pedagógico y curricular:

### **La estrategia pedagógica**

*“Se considera indispensable realizar un análisis, con visión de futuro, para determinar la factibilidad de la implementación del “aprendizaje basado en problemas” (o proyectos). Este proceso de aprendizaje se trata de una metodología integradora de conocimientos diversos, superadora de la actual, en la que prima el fraccionamiento disciplinario, por una donde el estudiante tendría un rol muy activo, para lo que se requiere de un sistema de tutorías integral de todo el proceso. Este análisis se realizará para determinar si esta metodología resulta deseable, para establecerla entonces como un objetivo de largo plazo del Departamento. Para ello el análisis de la factibilidad a hacer de ese tipo de aprendizaje contemplará, por ejemplo: la necesidad de adecuación de la infraestructura, de la planta docente, la capacitación y recalcificación que resultare necesaria, así como el ritmo y secuencia más apropiada para su implementación (por ejemplo, si sería conveniente hacerlo primero en alguna carrera de especialización, o en los últimos años de alguna de las carreras, etc.)”.*

### **La dimensión curricular**

*“Se quiere determinar los futuros deseables para las carreras: analizando la necesidad de introducir cambios sustanciales en ellas, más allá de la práctica de la mejora continua de lo existente. Para dicho análisis se creará un grupo asesor de las Comisiones de Seguimiento de las Carreras para que realice un análisis en prospectivo de la currícula. Se analizarán no sólo las carreras sino también los sectores con los que cada carrera se vincula temáticamente, para que coordinadamente luego con las Comisiones de Seguimiento de las Carreras se proponga a las autoridades las necesidades de introducir cambios, así como también los posibles caminos a seguir para la implementación de sus propuestas.*

*Las razones para este análisis es el cambio acelerado que tienen las tecnologías actuales, que lleva aparejada la necesidad de modificar las carreras periódicamente, o de crear otras nuevas y también de nuevos cursos de actualización para los egresados. Egresados que ahora están sometidos a la necesidad de un proceso de aprendizaje continuo en toda su vida profesional, lo que demanda al Departamento un nuevo desafío, como es detectar y reforzar los aprendizajes significativos que les permitan “aprender a aprender”, destacando dichos aprendizajes por sobre lo que es sólo “información”, o detalles de las denominadas “tecnologías aplicadas” que suelen ser muy rápidamente superados por las nuevas tecnologías emergentes.”*

De este modo, se propone el desarrollo de estrategias pedagógicas superadoras, que favorezcan procesos de aprendizaje significativos, la incorporación de enfoques basados en la formación por competencias, y el aprendizaje basado en problemas como metodología pedagógica central en el desarrollo de las asignaturas. Se trata de una estrategia que ubica al sujeto de aprendizaje en el centro de la escena pedagógica y supera el fraccionamiento disciplinario. La idea de incorporar el ABP como estrategia central se correlaciona con experiencias extranjeras en la enseñanza de la ingeniería que han resultado exitosas<sup>3</sup>, pero que requieren una reorganización no sólo de la gestión de la enseñanza sino profundos cambios curriculares e institucionales.

Cuando los problemas y no los contenidos protagonizan el proyecto pedagógico, las competencias que los alumnos adquieren son bien diferentes al modelo disciplinar basado en la centralidad del conocimiento teórico. Este cambio significa un giro de 180 grados y supone reflexión, diálogo y el establecimiento de múltiples acuerdos.

En este sentido, las acciones iniciales del proyecto se fundaron en la convicción de la centralidad del trabajo colaborativo de autoridades, equipo docente de Ciencias Básicas y de programación juntamente con el equipo de coordinación pedagógica. Sin lugar a duda, la clave de la transformación curricular, pedagógica y didáctica está en la participación de todos los actores educativos, se trata de involucrar a los equipos docentes y atender a sus propuestas, sugerencias e inquietudes al momento de planificar mejoras.

---

<sup>3</sup> Universidad de Aalborg en Dinamarca, el ITEMS en México, Universidad Mc Master en Canadá, Universidad Maastricht en Holanda.

## La gestión y gestación pedagógica de un proyecto participativo y situado

El proyecto inicia su desarrollo en el año 2011, tal como ya se señaló, a partir de actividades de sensibilización al grupo de gestión departamental y de los jefes de cátedra. Las materias que se incorporan al proyecto en su primera etapa son: Análisis Matemático I, Análisis Matemático II, Álgebra I, Matemática Discreta, Elementos de programación, Programación II y Programación Avanzada. En 2012 se conforma un equipo base de trabajo integrado por, aproximadamente, quince profesores de las diferentes materias involucradas en la actividad. Los integrantes del equipo han sido seleccionados por los jefes de cátedra y, a su vez, en el equipo se incorporaron tres jefes de cátedra.

Una vez analizados los datos de rendimiento de los estudiantes y establecida la línea de base o punto de partida, se propone, en forma conjunta con el grupo de trabajo, un primer diagnóstico que permite formular hipótesis acerca de los datos de rendimiento relevados y otros con los que cuenta el DIIT como, por ejemplo, encuestas a alumnos.

Los datos revelaban altos índices de abandono y bajo rendimiento en el desempeño en las materias del ciclo básico. Las cifras no difieren en demasía respecto de las estadísticas en ingeniería a nivel nacional, sin embargo y considerando la importancia que en contexto de la Universidad de la Matanza tienen los estudios superiores para poblaciones que otrora no tenían ningún tipo de acceso al nivel universitario, los esfuerzos de retención en el sistema de educación superior resultan imprescindibles.

El DIIT recoge datos del ciclo básico desde el año 2006 - 2012 (tarea que se continua en la actualidad) en el marco del Programa de seguimiento de cohortes que juntamente con el sistema de tutorías, desarrollan estrategias de relevamiento y análisis de información de rendimiento de los estudiantes. Las estrategias de recolección, así como los instrumentos diseñados, se han mejorado progresivamente a los efectos de fortalecer las acciones tendientes al logro de la calidad educativa. Todos los datos se encuentran sistematizados y los informes elaborados están a disposición de las autoridades, y en esta oportunidad, con la finalidad de enriquecer la mirada y objetivar las impresiones se puso a disposición del equipo docente conformado.

## Etapas de implementación del PEICB:

La figura 1 describe las etapas de trabajo desarrolladas durante el proyecto:

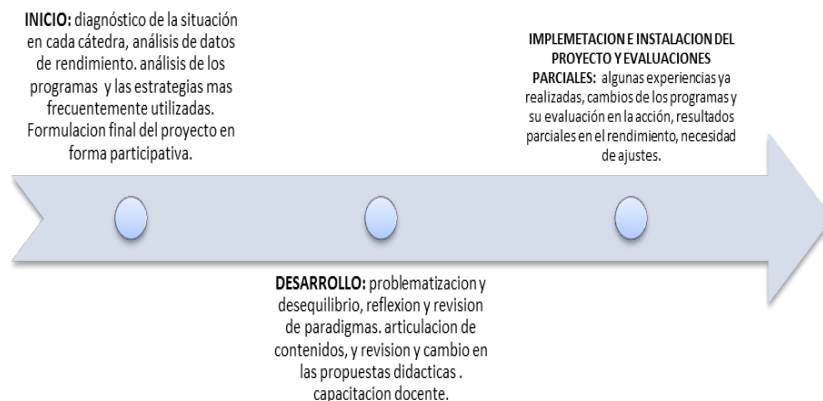


Fig. 1. Etapas del trabajo

### El inicio de las acciones: Diagnóstico de la situación

En una primera etapa se realizaron reuniones con el equipo docente con una frecuencia quincenal, de cara a conformar el grupo de trabajo, en estas reuniones se trabajó sobre dos tareas simultáneas, la explícita relacionada con el diseño del proyecto de innovación y otra, la implícita que consistió en la conformación de un equipo de trabajo, la generación de compromisos con el cambio, deconstrucción de concepciones acerca de la enseñanza de los estudiantes de la institución.

El equipo de trabajo requería un clima de confianza, dado que se formó con profesores que no habían trabajado juntos hasta ahora, y esto suele ser frecuente en instituciones universitarias en las cuales las cátedras se constituyen en espacios disciplinares y académicos que no siempre articulan con otras instancias institucionales, ni siquiera tampoco con otras cátedras. Por ello los procesos de articulación de propósitos, de contenidos y de actividades resultan tan costosos de encarar y no pueden ser resueltos sólo ni exclusivamente en el plan de estudios.

Para que pudiera encararse como un proyecto institucional la idea de equipo de trabajo intercátedras resultó fundamental y una de las bases del trabajo que permitió el reconocimiento del otro, el intercambio de

experiencias, la posibilidad de compartir problemas, ideas, concepciones y prácticas. Aproximadamente un cuatrimestre demandó la fase de diagnóstico y de conformación del equipo, ambas tareas realizadas en forma simultánea.

Una vez realizado el primer diagnóstico se diseñó el proyecto innovador.

El diagnóstico registra en términos muy globales hacia 2012 indicadores deficientes respecto a las trayectorias de los estudiantes en los primeros años y da cuenta de bajas tasas de graduación. El proyecto tiene como propósito principal intervenir en las asignaturas que presentan mayor riesgo de abandono y recursada, con el fin de mejorar los índices de aprobación. Por supuesto cabe mencionar la necesaria articulación del mismo con otros proyectos y programas del DIIT, becas, tutorías, clases de apoyo, entre otros.

No obstante, los datos relevados que dan cuenta de la situación particular en cada asignatura, la selección de las materias incluidas en el proyecto no solo se realizó en función de los indicadores de rendimiento, sino además teniendo en cuenta el potencial de innovación y cambio disponible en las conducciones de las cátedras.

## **El desarrollo del proyecto**

En esta etapa se da lugar a un proceso profundo de análisis y de articulación de contenidos de las materias involucradas, lo cual generó la revisión de los mismos, en perspectiva comparativa: contenidos mínimos del plan de estudios en cada carrera de ingeniería, estándares definidos en resoluciones ministeriales, programas de las materias. Este análisis trajo como consecuencia una reorganización de los contenidos y sus secuencias en las diferentes materias permitiendo, por ejemplo, articular matemática discreta y elementos de programación dos materias que hasta el momento nunca habían articulado los contenidos entre sí, lo que facilitó la optimización de tiempos, estrategias y abordajes.

Si bien la idea inicial de las autoridades del DIIT era modificar metodologías de enseñanza sin duda la revisión de contenidos y secuencias del plan de estudios y el enfoque hacia el perfil formativo resultó fundamental para poder encarar un proceso de cambio metodológico.

Al finalizar el primer cuatrimestre de trabajo el equipo se encontraba ya consolidado y comprometido con la actividad dispuesto a reelaborar

sus propuestas de enseñanza y con un proyecto de reorganización de contenidos cuasi definido.

Las acciones iniciales del proyecto se fundaron en la convicción de la centralidad del trabajo colaborativo de autoridades, equipo docente de Ciencias Básicas y equipo de coordinación pedagógica tal como se señaló con anterioridad. La clave de la transformación curricular, pedagógica y didáctica reside en la participación de todos los actores, se trata de involucrar a los equipos docentes y atender a sus propuestas, sugerencias e inquietudes al momento de planificar las mejoras.

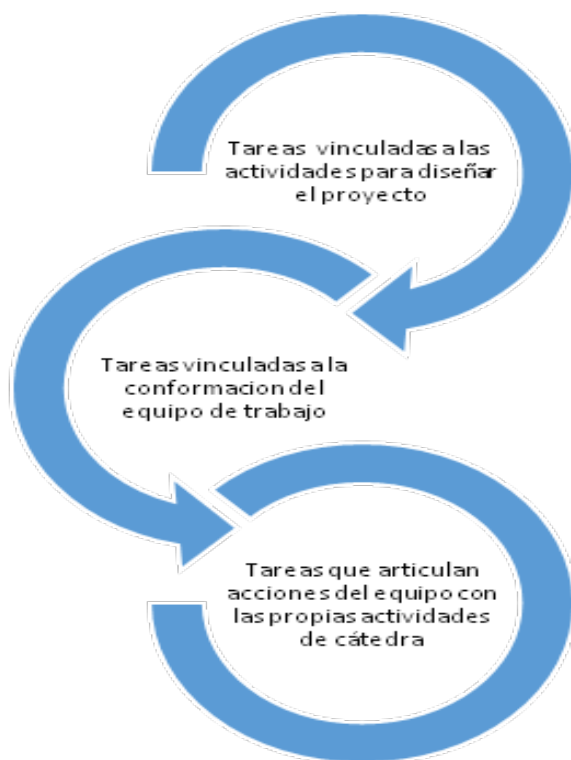


Fig. 2. Tareas del equipo de trabajo

El Objetivo General del PEICB es:

- Diseñar e implementar un proyecto formativo centrado en las metodologías activas de enseñanza y de evaluación en las materias

que han sido identificadas con altos índices de desgranamiento y desaprobación en los primeros años.

También se plantearon Objetivos Específicos:

- Planificar una reorganización de los equipos docentes para favorecer la implementación de las metodologías activas de enseñanza.
- Desarrollar tres aulas dinámicas para ciencias básicas equipadas con recursos tecnológicos
- Diseñar nuevos espacios y ambientes, a partir de la infraestructura existente, a fin de posibilitar el desarrollo de las metodologías activas de enseñanza.
- Producir materiales didácticos y guías de aprendizaje que fomenten el aprendizaje autónomo y la enseñanza activa.

Las principales acciones involucradas han sido:

- Sensibilizar a las autoridades y al equipo docente (jefes de cátedra y auxiliares)
- Identificar las fortalezas y las debilidades del perfil de los estudiantes del primer año.
- Registrar las apreciaciones de los docentes de las materias involucradas acerca de cuestiones metodológicas y curriculares a mejorar.
- Brindar espacios de actualización y capacitación inicial a los docentes involucrados en el marco de las metodologías activas de enseñanza.
- Identificar iniciativas individuales de trabajo por parte de docentes del DIIT con métodos activos de enseñanza con el fin de colaborar e insertar institucionalmente las propuestas en un proyecto que las aglutine y las potencie.
- Planificar necesidades de recursos físicos materiales y humanos necesarios para el desarrollo.

Los ámbitos de impacto de las acciones del proyecto se concibieron como curriculares y metodológicos, se propuso así impactar en los índices de retención de alumnos de los primeros años.

Desde la dimensión curricular las acciones han consistido en:



- Analizar los programas actuales de las materias.
- Reestructurar contenidos teniendo en cuenta las articulaciones necesarias y las prioridades en consonancia con los estándares de las resoluciones ministeriales de las ingenierías (Industrial, Electrónica, Informática y Civil) y con los contenidos mínimos indicados en los Planes de Estudio vigentes.
- Identificar los problemas claves del ciclo básico desde la perspectiva docente y desde el análisis de datos de rendimiento.
- Hallar potencialidades de articulación entre las materias.
- Revisar cargas horarias, correlatividades y regímenes de evaluación.

Desde la dimensión metodológico-didáctica las acciones han sido:

- Revisar los propósitos de la enseñanza en cada materia y en su conjunto en el campo de la ingeniería.
- Valorizar las prácticas de enseñanza activa.
- Planificar estrategias que impliquen la participación activa de los estudiantes.
- Diseñar materiales didácticos innovadores.
- Propiciar la evaluación auténtica, diseñar instrumentos de evaluación coherentes con el enfoque activo.

El diseño del proyecto preveía además actividades de capacitación docente específicas, las mismas se desarrollaron durante el año 2012 y fueron las siguientes:

1. Intercambio de experiencias con carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata quienes presentaron su propia experiencia de cambio en el área de matemática.
2. Desarrollo de tres cursos de capacitación: Estrategias de enseñanza activas e instrumentos innovadores de evaluación. Estrategia (ABP) Aprendizaje Basado en Problemas en matemática y Diseño de materiales didácticos. Luego se sumó la conferencia/intercambio con el Ing. Boch de la UTN y su equipo de investigación a propósito del concepto y experiencias de STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática)

La gestión del proyecto implica un proceso de seguimiento permanente en el diseño y en la implementación de las acciones programadas,

atendiendo a las necesidades y a las responsabilidades de cada actor involucrado. Siendo clave el estudio del impacto sobre las autoridades departamentales, los docentes y los estudiantes.

Para ello se diseñaron instrumentos específicos que permitieron por un lado elaborar en cada cátedra la propuesta pedagógica a encarar y los requerimientos mínimos para su implementación, y por otro, la evaluación de la tarea realizada.

Cada año se realizó una presentación global al DIIT (autoridades y docentes) con el fin de difundir la propuesta, e intercambiar ideas que de alguna manera legitimaran y ampliaran la mirada sobre el proyecto en marcha. Su consolidación ha dependido tanto de la tarea al interior del grupo de trabajo como del apoyo institucional

### **Implementación y seguimiento del proyecto:**

En el siguiente cuadro comparativo se expresan las diversas discusiones grupales que se suscitaron y que generaron nuevos aprendizajes en el cuerpo docente de cara a la implementación del proyecto innovador en la enseñanza, fue necesario recurrir al establecimiento de comparaciones, así como el análisis de ventajas y desventajas en cada caso y para cada materia:

Dimensiones	Enseñanza Activa	Enseñanza Tradicional
Profesores	Facilitador del aprendizaje Guía y orienta la tarea Diseña el proceso y los instrumentos Promueve la autonomía Abre fuentes de información. Selecciona contenidos y fuentes con alta significación.	Centro del proceso Transmiten aquello que saben Acotadas fuentes de información.
Estudiantes	Centralidad en el proceso Aprendiz activo y participativo Construye significados Generador de sentido	Receptores pasivos de la información Trabajo aislado Estudio memorístico y fraccionado
Contenidos	Acordados entre profesores del ciclo de ciencias básicas Relacionados con los contenidos mínimos del Plan del Estudios de cada carrera de ingeniería Orientados al perfil de graduado Articulación horizontal y vertical de contenidos	Seleccionados y jerarquizados por el profesor Fragmentados Escasa reflexión sobre los mismos Escasa articulación.
Estrategias de enseñanza	ABP/ Estudio de casos/ Aprendizaje colaborativo/ Proyectos / Aprendizaje servicio/ Uso de TIC/proyectos colaborativos	Exposición magistral/ exposición dialogada/ Enseñanza directa (ejercitación)
Evaluación	Evaluación Formativa de progreso y desempeño. Evaluación entre pares. Resolución de situaciones complejas y auténticas. Aplicación a situaciones de la vida real. Rúbricas/ Portafolio/ Autoevaluación/ Guías de estudio	Evidencia una foto, un recorte del proceso. Pruebas objetivas No se acuerdan criterios de evaluación. Los evaluados son los estudiantes. Los estudiantes no conocen criterios de evaluación.

Tabla 1. Implementación e instalación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Durante 2013 se procede a implementar el proyecto diseñado en cada cátedra. La gestión propuso una presentación del mismo en un marco de difusión amplia invitando a participar a autoridades y otros docentes. La experiencia de socialización del diseño resultaría un factor fundamental de cara a legitimar las acciones a emprender.

Es interesante apreciar en las presentaciones realizadas por cada cátedra un enriquecimiento de las propuestas de enseñanza, las clases previstas aparecen como más potentes o poderosas, Maggio (2012). Llamamos clase poderosa a aquella en la cual se favorecen los modos de pensar de una disciplina comprendiendo los marcos teóricos y epistemológicos de la misma, una clase que mira en perspectiva porque enseña a cambiar puntos de vista, una clase que se piensa en tiempo presente y se piensa a su vez como acto de creación. Los docentes propusieron en sus diseños formatos más ricos y potentes en comprensión, que permitieran a los estudiantes aprender haciendo, pensando, discutiendo en grupo y activando sus estructuras de pensamiento en forma más compleja, menos mecánica, más comprensiva, para lo cual debieron diseñar estrategias que activen el hacer del alumno en la propia clase.

De este modo se plantearon propuestas más interesantes para los alumnos, pero también para los propios docentes, ya que hacer de nuevo las clases implica un desafío intelectual y práctico.

Desde la perspectiva pedagógica pensamos en un aula en la que docentes y estudiantes se reúnan para la indagación, que los equipos de profesores exploren metodologías de enseñanza alternativas que posibiliten la participación de los estudiantes y el aprendizaje profundo y significativo. Desde la gestión pedagógica del proyecto se ofrecieron herramientas y un marco de confianza para que los profesores diseñen propuestas de enseñanza focalizadas en el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por proyectos, aprendizaje colaborativo, estudio de casos e implementación de metodologías ágiles propias de las materias de programación.

Estas estrategias mencionadas apuestan a trascender el fraccionamiento disciplinario, la enseñanza centrada en los contenidos y el protagonismo exclusivo del profesor en el proceso. Por el contrario, las estrategias de enseñanza activa se sustentan en los siguientes principios:

- Compromete activamente a los alumnos.
- Propone el abordaje de problemas y/o casos auténticos y complejos que promueven el aprendizaje significativo y profundo.

- Se trabaja en forma interdisciplinaria con problemas de la vida real.
- Crea un ambiente ameno y de confianza, los docentes alientan a los estudiantes a pensar y los guían en su indagación, para incentivar su comprensión.
- Las aulas constituyen comunidades de aprendizaje, se potencia el trabajo en pequeños grupos, se valora la intervención de cada uno.
- Se conforman redes de aprendizaje y redes de enseñanza.
- Se favorece el desarrollo de habilidades complejas, tales como: abstracción, reflexión, adquisición y manejo de información, comprensión de sistemas complejos, experimentación, respeto por la opinión de los pares, desarrollo de actitudes de solidaridad y compromiso, entre otros.

Cabe destacar que los diseños incluyen equipamiento e infraestructura para el desarrollo de clases ricas en recursos y materiales didácticos disponibles, lo cual no indica que sean los propios recursos las estrellas de esas clases, pero en una lógica de la persona + , es decir persona y entorno como parte de un continuum, en el cual los materiales, recursos, objetos físicos y simbólicos que rodean al sujeto configuran una situación en la cual el sujeto que aprende no cuenta solo con su memoria o sus saberes previos, sino que se vale de múltiples y variados recursos disponibles en su entorno. Tal y como lo propone Perkins (1993) comprender el aprendizaje como una experiencia enriquecida por los otros y por el entorno resulta sustantivo en las propuestas.

Una vez que se avanzó en un primer año de trabajo juntamente con el equipo docente se decidió presentar en el año 2012 el PEICB a la SPU con el fin de poder obtener un financiamiento que permitiera el desarrollo de las aulas dinámicas. En el marco de contrato-programa la SPU se aprueba el proyecto y eso garantiza un presupuesto base para continuar acciones y para diseñar aulas dinámicas que propicien la configuración de un ambiente tecnológico potente que favorezca prácticas más acordes con las necesidades del conjunto de las materias involucradas.

Es preciso mencionar al respecto que el diseño del proyecto presentado al Ministerio de Educación fue ampliamente consensuado por el grupo de docentes participantes. Este aspecto no es de menor importancia, por lo general las oficinas académicas las facultades en las instituciones universitarias suelen realizar este tipo de propuestas, pero integrar en el diseño a los docentes supone una tarea adicional de consenso y decisión

colegiada. Este tipo de modelo de gestión se aprecia particularmente como un valor agregado en esta propuesta.

En el mismo año 2012, la SPU lanza el PEFI Plan estratégico para la formación de ingenieros con una perspectiva a más largo plazo. Este lanzamiento permite concebir el proyecto institucional de manera articulada con los lineamientos nacionales, consolidando aún más la propuesta.

## **Exploración de nuevos enfoques para el diseño y el desarrollo de la formación ingenieril**

Es interesante revisar los nuevos enfoques que se abordan en el ámbito internacional para el diseño y el desarrollo de la formación ingenieril. Se trata de enfoques integradores que propician la formación en ciencias básicas e ingeniería centrandos sus procesos en la resolución de problemas, el diseño de proyectos innovadores y colaborativos, así como en la utilización de diversas tecnologías (multimediales y multimodales).

En 2017 se vislumbró la relevancia de brindarle continuidad al PEICB en el marco de un proyecto de investigación que reúna las líneas de desarrollo curricular y de renovación de la enseñanza sostenidas desde el año 2011. Considerando la exitosa experiencia desarrollada hasta hoy se apostó nuevamente a la constitución de un equipo colaborativo de docentes del ciclo de ciencias básicas.

El proyecto impulsado indaga acerca de los “Procesos de experimentación de propuestas pedagógicas que integren los enfoques de CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) y STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática) en las carreras de Ingeniería del DIIT UNLaM en los próximos 5 años”.

La investigación cuenta con el aporte de los profesores del ciclo de ciencias básicas, quienes actualmente trabajan en la revisión de nuevas metodologías y enfoques, y en el diseño de secuencias formativas integradas.

EL CDIO (Syllabus) se trata de un marco desarrollado a comienzos del 2000 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: concebir, desarrollar, implementar y operar, como acciones que son propias del campo de actuación ingenieril, implica como sostiene (Ulloa, 2013) realizar una reforma integral a los currículos de ingeniería, incluyendo

cambios en las metodologías de enseñanza, la evaluación del proceso de aprendizaje, la formación docente y la dotación de espacios y condiciones de trabajo, entre otros.

El STEM: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática, es un enfoque pedagógico que se presenta como un nuevo paradigma en la enseñanza de las ciencias y matemática. Para las carreras de ingeniería es una interesante perspectiva que motoriza nuevos modos de enseñanza. De acuerdo con el análisis de Boch (2011) en la reciente Novena Conferencia sobre Educación en Ingeniería llevada a cabo en Singapur se ha enfatizado la necesidad de que los estudiantes tengan una sólida preparación en los temas STEM, pues en el futuro necesitarán comprender acabadamente las situaciones relacionadas con la tecnología. También se destacó la necesidad de tener una robusta educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática no sólo para cumplir los estudios universitarios sino para preparar a los estudiantes para la resolución de los problemas y desafíos de la ingeniería del presente siglo (Waters, 2010; Terry, 2010).

A continuación, se profundizan los aspectos más sustantivos que dan cuenta del desarrollo del PEICB en su segunda fase: La formación de estudiantes de ingeniería involucra un riguroso y extenso componente de matemáticas y ciencias en los primeros años de las carreras. Habitualmente este aspecto de la formación suele ser una de las razones de la baja matriculación de aspirantes a las carreras de ingeniería, producto de una formación previa que se percibe como deficitaria, las carreras de ingeniería son visualizadas socialmente como dificultosas y largas.

La importancia que reviste el aprendizaje y la comprensión significativa de conceptos matemáticos y vinculados a ciencias básicas como la física o la química son asuntos de una larga discusión en el campo de la enseñanza de la ingeniería. Nadie pondrá en duda su importancia, sin embargo, pensar los modos más potentes para su incorporación en una etapa inicial de formación universitaria supone no pocos desafíos, por cuanto en general esta es una etapa en la cual se producen las mayores deserciones y rezagos.

Entre otras ideas Parra Castrillón (2010) plantea para la ingeniería en sistemas: “las ciencias básicas cumplen tres funciones dentro del objeto de formación de la ingeniería de sistemas: primero, son herramientas concretas e inmediatas para el modelado de sistemas inteligentes para la toma de decisiones; segundo, subyacen al interior de los procesos cognitivos que sistemáticamente aplican los ingenieros en la planeación, análisis, diseño y evaluación de sistemas de información y tercero, apor-

tan conceptos para comprender la automatización de procesos de otras disciplinas y áreas del saber distintas a la ingeniería”

Revisar la enseñanza en estos primeros años puede permitir encontrar respuestas más adecuadas que permitan a los estudiantes avanzar de manera progresiva en su formación y mejorar así sus trayectorias. Sin embargo, depositar solo en las estrategias didácticas la solución de los problemas para la comprensión de las ciencias básicas y en la falta de motivación o las deserciones iniciales no resulta suficiente. Es preciso introducir algunas variables externas al propio proceso, así como algunas variables de carácter curricular e institucional. Fundamentalmente en cuanto a favorecer la instalación de una cultura de la innovación pedagógica, la idea de la dinamización de las clases mediante el uso de diversos recursos en ambientes de alta disposición tecnológica, y apostando a diseñar e implementar secuencias formativas integradas.

Progresivamente se trabajará en torno a experiencias colaborativas que integren los nuevos enfoques de forma paulatina y ajustada a las necesidades y posibilidades de las carreras del DIIT. 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, la curiosidad, 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 y solo disciplinar. Entendiendo además que la universidad tiene como misión descubrir, integrar, aplicar y representar el conocimiento de sus campos académicos Edgerton (2005)

La función académica de la integración Boyer (1999) busca los vínculos presentes dentro y entre disciplinas no importa cuán distantes puedan parecer, para poder derivar significados a partir de esa complejidad.

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

Se identifican cuatro tipos de competencias en esta perspectiva conceptual: (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. Competencias 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.

Tal como fue desarrollado en el PEICB, es posible iniciar un camino que active procesos de pensamiento de orden superior en los cuales los estudiantes no resulten meros repetidores de contenidos o de ejercicios prácticos, sino que sean protagonistas en la elaboración de estrategias de resolución, análisis posteriores, síntesis complejas. Lo que resulta altamente motivador y auspicioso para la comprensión. Estas competencias sólo pueden ponerse en juego e incorporarse si existen oportunidades formativas que lo favorezcan.

## Conclusiones y prospectiva

Entre los alcances e impactos iniciales, aunque se anticipan leves mejoras en los rendimientos parciales de los estudiantes, la instalación y apropiación de una nueva mirada sobre los alumnos a partir de un proceso de concientización e incorporación de nuevas claves para la docencia, ya implica un resultado altamente satisfactorio y motivador.

Se están implementando instrumentos de evaluación que puedan dar cuenta con indicadores cuantitativos y cualitativos de estos primeros indicios de buenas prácticas que permiten un mejor rendimiento y retención de estudiantes en los primeros años de las carreras de ingeniería.

Se destacan como resultados iniciales del proyecto los siguientes componentes - que a su vez se conciben como condiciones indispensables para su desarrollo,

- Compromiso institucional.
- Proyecto altamente participativo.
- Introducción de procesos reflexivos en el cuerpo docente que concienticen acerca del cambio y sus sentidos.
- Alta motivación en docentes y autoridades.
- Generación de condiciones simbólicas y materiales de realización.
- Implementación a mediano y largo plazo.
- Seguimiento y apoyo técnico permanente.

En términos de prospectiva se prevé,

- Difusión permanente del proyecto en el DIIT para conocimiento de todos los docentes, incluyendo aquellos que se desempeñan en materias que no participan en forma directa.
- Inclusión de materias del ciclo básico no incluidas en la primera etapa (iniciado con la incorporación de Física)
- Diseño de proyecto estratégico de mejora destinado al ciclo superior (iniciado con una primera etapa de relevamiento de opiniones de alumnos mediante focus groups)
- Continuidad del PEICB mediante propuestas de aprendizaje integrado CDIO y STEM a través de un proyecto de investigación- acción

Este trabajo nos invita a reflexionar acerca de la relevancia de la gestión pedagógica en las instituciones de educación superior que desean encarar proyectos de mejora de las estrategias de enseñanza. En el mismo sentido, nos permite observar con optimismo las posibilidades de intervención centradas en el acuerdo y el diálogo como eje de la gestión, los proyectos de mejora solo pueden tener éxito si cuentan con el trabajo colaborativo de autoridades, docentes y asesores pedagógicos.

La tarea de conducir el proceso, planificar los instrumentos y recursos de intervención, sostener la fase de implementación y diseñar la instancia de evaluación y seguimiento es compleja y exige suma atención y disposición a la resolución permanente de problemas. Vale destacar que los pequeños logros que se obtienen contagian entusiasmo, reconducen las acciones y alientan a la difusión y comunicación de la experiencia para que pueda replicarse, con los ajustes necesarios, en otras instituciones.

Una reflexión que resulta del proceso desarrollado de gestión en el DIIT es la importancia de establecer un marco de participación y decisión que fluya de abajo a arriba, tal y como lo postula Hargreaves (2003) cuando sostiene la importancia de combinar modelos top down y bottom up, en la gestión de las innovaciones. Las instituciones educativas universitarias para poder enfrentar el mundo del mañana requieren de iniciativas y de decisiones que no siempre surgen en las cúpulas del poder académico.

Las innovaciones habitualmente se gestan en los márgenes y la sabiduría del funcionario o directivo es captar las mejores opciones y propiciar a través de apoyos concretos que se faciliten los esfuerzos para el cambio. Cuando las iniciativas surgen de arriba hacia abajo, es

preciso revisarlas y apropiarlas de manera tal que resulte viable realizar las modificaciones que permitan a los que tienen la responsabilidad de gestionarlas un margen de autonomía y libertad de creación indispensable en los ámbitos académicos. Una institución tan hostil a los cambios como lo es la universidad sólo puede transformarse a sí misma revisando sus propios presupuestos y esto incluye a la enseñanza. El cambio planificado cuando empodera a quienes tienen la responsabilidad de implementación resulta posible, viable, campea los problemas u obstáculos y logra institucionalizar nuevas prácticas.

Por otra parte, es preciso mencionar en el contexto de un Estado evaluador, que autoevaluar las instituciones educativas de nivel superior y acreditar las carreras como garantía de calidad no necesariamente impacta en los procesos de enseñanza. Para ello se requiere decisión y autonomía y modelar procesos y experiencias exitosas que conduzcan efectivamente a la mejora de las prácticas, reconociendo saberes implícitos y combinando teorías de la enseñanza con las condiciones y posibilidades reales de las instituciones educativas de nivel superior universitario.

Estos cambios no pueden esperar puesto que las nuevas generaciones de estudiantes así lo reclaman y hace casi un siglo atrás en la Reforma Universitaria del 18 los estudiantes también bregaban además de cambios políticos, por cambios en las modalidades de enseñar. Es una deuda pendiente que ya no puede demorarse.

Organizar y planificar el cambio es parte del desafío de la gestión pedagógica de un proyecto innovador en la docencia y se enmarca en las llamadas pedagogías valientes Barnett (2008)

## Bibliografía

- Araujo, U y Sastre, G. (2008) El Aprendizaje Basado en Problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad. Barcelona: Gedisa.
- Barnett, Ronald (2008) PARA una transformación de la Universidad. Nuevas relaciones entre investigación, saber y docencia. Barcelona: Octaedro.
- Bosch H. (2011) Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. Avances en ciencias e ingeniería. Universidad Tecnológica Nacional, Grupo de Investigación Educativa en Ciencias Básicas. Red de Investigación Educativa en Matemática Experimental para Ingeniería y Tecnología. pp. 131-140.
- Escribano, A. y Del Valle, Á. (2008) El Aprendizaje Basado en Problemas. Una propuesta metodológica en educación superior. Narcea ediciones. Madrid. España
- Ezcurra, A. M. (2011) Igualdad en Educación Superior: un desafío mundial. 1ra Ed. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento; Buenos Aires: IEC – CONADU.
- Hargreaves, A. (Comp.) (2003) Replantear el cambio educativo. Un enfoque innovador. Amorrortu, Buenos Aires
- Instituto Tecnológico de Monterrey. Vicerrectorado Académico (2006): El ABP como técnica didáctica. México ITEMS.
- Maggio, M. (2012) Enriquecer la enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad. Buenos Aires: Edit. Paidós.
- Ossorio, A. (2003) Planeamiento Estratégico. Dirección de Planeamiento y Reingeniería Organizacional Oficina Nacional de Innovación de Gestión e Instituto Nacional de la Administración Pública Subsecretaría de la Gestión Pública. INAP. Buenos Aires.
- Eucario Parra Castrillón (2010) Las ciencias básicas en ingeniería de sistemas: justificaciones gnoseológicas desde los objetos de estudio y de conocimiento. Fundación Universitaria Luis Amigó, Medellín (Colombia) pp. 74-84. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- [www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co)
- Pages, T. (2010) Buenas Prácticas docentes en la Universidad Modelos y experiencias en la Universidad de Barcelona. ICE UB, Barcelona: Octaedro.
- Panaia M. Coord. (2013) Abandonar la universidad con o sin título. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Perkins, D. (1993) Cogniciones Distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas. Gavriel Salomon (Comp) Impreso en Argentina. Inglaterra edición Original. Editorial Amorrortu.

- Terry, R.; Shumway, S.; Vargas, C.; Wright, G. (2010) A collaborative effort to teach technology and engineering concepts to middle school and high school students in the Dominican Republic. Proceedings of ASEE: 9th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education. Singapore. [www.soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505](http://www.soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505). pp. 3 – 13. Acceso: octubre de 2010.
- Ulloa, Pachón, Arboleda (2013) Proceso de implementación de CDIO en programas de tecnologías de información y comunicaciones. Universidad Icesi. WEEF Cartagena Cali, Colombia.
- Waters, C.; Krause, S.; Kelly, J. (2010) “It’s so easy a cavernman can do it: Teaching introductory material science for increased student engagement”, Proceedings of ASEE: 9th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Singapore. [www.soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505](http://www.soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505), pp 2-15. Acceso: octubre de 2010.
- Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012 -2016.Ministerio de Educación. SPU
- Plan estratégico Ingeniería. DIIT-UNLaM. 2010-2016



# CAPÍTULO 2

## LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA EN INGENIERÍA

### CAMBIO DE METODOLOGÍA DIDÁCTICA EN CURSOS DE ANÁLISIS MATEMÁTICO I: FUNDAMENTOS, IMPLEMENTACIÓN Y PRIMERA EVALUACIÓN

*Betina Williner*

#### **Introducción**

A partir del año 2013 en la asignatura Análisis Matemático I del primer año de carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Matanza se puso en marcha una metodología didáctica con el objetivo principal de lograr en los alumnos una participación activa en su aprendizaje. La iniciativa de este cambio y los fundamentos de la propuesta se realizaron bajo el proyecto PEICB: Plan Estratégico de Ingeniería para las Ciencias Básicas que se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de dicha universidad.

Ante índices cada vez mayores de abandono principalmente en las materias de los primeros años y altos porcentajes de reprobados en los exámenes, las autoridades del DIIT a través de su equipo pedagógico, convocaron a varios profesores a cargo de dichas asignaturas para reflexionar sobre distintos aspectos: contenidos mínimos, metodología de enseñanza e instrumentos de evaluación. En cada una de las reuniones se orientó a los profesores en el análisis de las cuestiones mencionadas y en la búsqueda de alguna propuesta que trate de revertir la situación planteada.

Como fruto del estudio realizado indagamos que el contexto de la cátedra de Análisis Matemático I del Departamento de Ingeniería de la

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), en el cual existen graves problemas de comprensión de los conceptos principales del Cálculo por parte de los alumnos, escasos niveles de aprobación de la materia, gran deserción y una marcada dependencia del profesor a la hora de “hacer” o “resolver”, no es ajeno al contexto mundial. En efecto: un gran número de investigaciones en Educación Matemática tratan sobre la enseñanza y el aprendizaje del Cálculo a nivel universitario, debido, entre otras causas, a los serios problemas de comprensión por parte de los alumnos de conceptos como límite, derivada e integral (Artigue, 1995). Salinas y Alanís (2009) advierten que el paradigma tradicional de enseñanza del Cálculo deja como consecuencias elevados índices de reprobación, aprendizaje sin comprensión y actitud negativa hacia la Matemática.

A esto se suma que la enseñanza tradicional universitaria tiende a evaluar este tipo de competencias algorítmicas y algebraicas, entrando así en un círculo vicioso: “para tener niveles aceptables de éxito, se evalúa aquello que los estudiantes pueden hacer mejor, y esto es, a su vez, considerado por los estudiantes como lo esencial, ya que es lo que se evalúa” (Artigue, 1995, p. 97). Otros autores como Dolores (2000), Cantoral y Mirón (2000) reafirman esta situación señalando que se logra un dominio razonable de técnicas para calcular límites y derivadas pero existen serias dificultades en comprender el significado de estos conceptos o de identificar cuándo un problema requiere, por ejemplo, calcular una derivada.

La enseñanza de la Matemática se caracteriza, en general, por presentar aspectos teóricos básicos (definiciones, enunciados de teoremas o propiedades), desarrollar ejemplos prototípicos y dejar a los estudiantes ejercicios más o menos parecidos para que resuelvan solos (en clase o en forma particular). Se acuerda con Okulik (2009) que es importante establecer elementos teóricos, pero una excesiva dependencia de ejemplos paradigmáticos y ejercicios rutinarios impide flexibilizar el pensamiento y adquirir modos diferentes de razonar. Esta autora establece que es posible desarrollar un mejor aprendizaje dando la oportunidad al estudiante de adquirir habilidades para resolver problemas.

Guzmán (2003) indica que hay que hacer hincapié en la trasmisión de los procesos de pensamiento propios de la Matemática (que tienen que ver con la resolución de problemas), más que en el mero traspaso de contenido.

Basados en estas consideraciones se planteó como objetivo general para la asignatura:



- Que el alumno adquiriera un conjunto de conocimientos propios del Análisis Matemático en una variable (conceptos, definiciones, teoremas y técnicas), desarrolle estrategias generales para el abordaje de problemas relacionados con el Cálculo, para luego hacerlas extensivas a problemas referidos a otras disciplinas y logre la capacidad de trabajar responsablemente en forma independiente y grupal.

Teniendo como meta el objetivo general y las cuestiones anteriormente explicitadas, se comenzó un proceso de indagación sobre el enfoque de Resolución de Problemas y su implementación en el aula universitaria de este contexto.

## MARCO TEÓRICO

### **La resolución de problemas. Generalidades.**

La terminología “Resolución de Problemas” como elemento teórico tiene distintos usos de acuerdo se encuadre en la Teoría de Situaciones Didácticas, el enfoque Ontosemiótico o la Escuela Anglosajona (Pochulu y Rodríguez, 2012). Tomamos las ideas de ésta última, cuyo pionero fue Polya.

Muy sintéticamente el enfoque de Resolución de Problemas pone especial énfasis en que los estudiantes se conviertan en buenos resolutores de problemas, dejando en segundo plano la enseñanza de un contenido matemático específico (Rodríguez, 2012). De la variedad de definiciones de problema, adoptamos la de Krulik y Rudnik (1987, citado en Rodríguez, 2012), quienes establecen:

Un problema es una situación, cuantitativa o de otra clase, a la que se enfrenta un individuo o un grupo, que requiere solución, y para la cual no se vislumbra un medio o camino aparente y obvio que conduzca a la misma (Op. Cit. p.3)

De esta definición y las de otros autores se contemplan características en común, como ser: existe una persona que ha de resolver una actividad (resolutor); existe un punto de partida y un objetivo a alcanzar y existe un cierto bloqueo que no permite llegar a la meta en forma inmediata. Se

destaca que se define un problema para un sujeto, ya que lo que puede ser una situación problemática para uno, puede dejarlo de ser para otro.

Polya (1965) plantea cuatro etapas en la resolución de un problema matemático, a las que agrega cuestionamientos para orientar su realización:

- Comprender el problema: ¿cuál es la incógnita?, ¿cuáles son los datos?, ¿cuáles son las condiciones?, ¿es posible satisfacerlas?, ¿son suficientes para determinar la incógnita, o no lo son? ¿son irrelevantes, o contradictorias?, etc.
- Concebir un plan: ¿se conoce un problema relacionado?, ¿se puede replantear el problema?, ¿se puede convertir en un problema más simple?, ¿se pueden introducir elementos auxiliares?, etc.
- Ejecutar el plan: aplicar el plan, controlar cada paso, comprobar que cada paso es correcto, etc.
- Examinar la solución obtenida: ¿se puede verificar el resultado? ¿se puede verificar el razonamiento? ¿se puede haber resuelto de otra manera?

El término heurísticas característico de este enfoque, se refiere a las estrategias, medios o métodos para resolver un problema (que no siempre son exitosas). Entre ellas: razonar por analogía, recurrir a dibujos o esquemas, considerar casos particulares, verificar usando casos particulares, dividir el problema en subproblemas, realizar una demostración indirecta, entre otros (Polya, 1965).

Cabe agregar que al resolver problemas y aplicar heurísticas el alumno logra conocer cómo trabaja, controlar sus acciones y, en función de los resultados que va obteniendo, cambiar la técnica, ajustarla, etc., es decir, realiza una autorregulación de su aprendizaje, proceso conocido como metacognición (Rodríguez, 2012). El docente, por su parte, tiene un rol fundamental, como guía y orientador no sólo en las tareas para lograr el objetivo buscado, sino también, en la reflexión metacognitiva del estudiante.

## **La Resolución de problemas en contexto**

De acuerdo al objetivo general planteando en la asignatura y a ciertas características del contexto universitario mencionado, no se pretende una aplicación ortodoxa de este enfoque en el aprendizaje de la asignatura

Análisis Matemático I en carreras de Ingeniería en UNLaM. Entre esas características mencionamos:

- Interés y necesidad de enseñar gran cantidad de contenidos de tipo conceptual y no sólo heurísticas para la resolución de problemas (objetivo principal del enfoque).
- Carga horaria destinada a la materia (ocho horas reloj semanales durante 16 semanas).
- Cantidad de alumnos en cada comisión (aproximadamente 90 alumnos).
- Tiempo que demanda lograr en los alumnos la participación activa en tareas de clase.
- Infraestructura poco adecuada para el trabajo en grupo (las clases se dictan en aulas con pizarrón al frente y disposición de bancos usual).

En efecto, teniendo en cuenta el objetivo general establecido, la cantidad de contenidos a impartir, considerando la carga horaria destinada, no se puede dedicar la clase totalmente a la resolución de problemas. Cuando los alumnos trabajan en el aula bajo modalidad taller, el tiempo que se necesita para desarrollar un contenido es mayor al de una clase expositiva tradicional. Asimismo la cantidad de alumnos, el tiempo que demanda lograr un trabajo independiente por parte de los estudiantes y la necesidad de contar con espacios didácticos adecuados, son otros obstáculos a sortear si se desea trabajar con Resolución de Problemas en nuestra universidad.

### **Propuesta metodológica**

Para incorporar la Resolución de Problemas al contexto mencionado, se adoptó la metodología propuesta por Rodríguez (2012) que se basa en establecer una Unidad Transversal de Resolución de Problemas, que acompaña al desarrollo de los contenidos de las otras unidades.

De esta forma el programa analítico de la materia consta de ocho unidades tradicionales referidas al Análisis Matemático I y de una unidad más: la Unidad Transversal de Resolución de Problemas que tiene los siguientes objetivos propios:

- Utilizar diferentes técnicas o heurísticas en la resolución de problemas.

- Trabajar en grupo en la resolución de problemas, fundamentando decisiones y aceptando las de los demás miembros con un espíritu crítico y de respeto.
- Identificar fortalezas y debilidades en el proceso propio de resolución de problemas (reflexión metacognitiva).

Se propuso combinar clases teórico-prácticas desarrolladas en forma tradicional, expositiva-dialogada, con una clase de Resolución de Problemas en la que se trabaja bajo modalidad taller. Los objetivos principales que se persiguen con esta metodología son:

- Motivar al alumno involucrándolo en un reto (problema, situación o tarea) con iniciativa y entusiasmo.
- Desarrollar un razonamiento creativo de acuerdo a una base de conocimiento integrada y flexible.
- Promover en el alumno la responsabilidad de su propio aprendizaje y la participación activa en las tareas de la clase.
- Desarrollar habilidades para la evaluación crítica y la adquisición de nuevos conocimientos con un compromiso de capacitación continua.
- Promover el trabajo en equipo, la discusión de ideas y su fundamentación.

En la clase teórico-práctica tradicional, el docente presenta los objetivos a lograr, así como un breve esquema de las tareas necesarias para conseguirlos. Se exponen los principales conceptos de los bloques temáticos, intercalando ejemplos que clarifiquen los temas explicados. Se fomenta la participación del alumno aportando respuestas a preguntas del profesor o ideas para la resolución de los ejercicios propuestos. Cuando el docente resuelve los ejercicios en el pizarrón, repasa la teoría, refuerza conceptos, estimula el empleo de heurísticas en la resolución de problemas, el control de lo realizado y la verificación de los resultados cuando esto sea posible.

Respecto a la clase de Resolución de Problemas, si bien Rodríguez (2012) enfatiza que la escuela anglosajona se basa en el trabajo individual, ya que es la persona la que se enfrenta al problema, organiza sus estrategias y hace su propia reflexión metacognitiva, se propuso, para esta planificación, el trabajo en grupo. Esta decisión está basada en la

experiencia propia de docencia (los estudiantes tienden a ayudarse mutuamente, aunque sea en equipos de dos personas) y a la importancia que tiene el trabajo colaborativo. Es así que la modalidad empleada es la de taller, formando grupos de al menos dos personas con la orientación de por lo menos dos docentes: el docente a cargo del curso y el ayudante de cátedra. Se presenta a cada equipo una Guía de Actividades (formada por tres o cuatro problemas) para resolver en clase. En este espacio se trata que los alumnos sean activos e independientes, en lugar de ser los tradicionales receptores pasivos de información y que organicen el trabajo grupal a fin de lograr la producción a ser presentada en cada sesión de trabajo.

## PRIMERA EXPERIENCIA

### **Trabajo con el equipo docente previo a la puesta en marcha del proyecto**

El equipo docente de la cátedra está formado por 29 profesores entre adjuntos, jefes de trabajos prácticos y ayudantes. Una vez concluida la planificación anteriormente expuesta, efectuamos diversas reuniones con los profesores de la cátedra anteriores al comienzo del año lectivo.

En la primera reunión comunicamos el cambio de metodología, tratamos los contenidos de la asignatura (en los que hubo una leve modificación en cuanto al orden, a la profundidad y al enfoque de los mismos) y anticipamos la incorporación de la Unidad Transversal de Resolución de Problemas.

En el segundo encuentro el equipo docente contó con una capacitación a cargo de la Dra. Mabel Rodríguez en la cual se expusieron los aspectos principales de la Resolución de Problemas, haciendo hincapié en la gestión de la clase y el papel del profesor como guía u orientador. Esta capacitación se extendió a profesores de otras cátedras que estuvieran interesados.

En una tercera reunión presentamos la nueva metodología en forma completa, con todos los detalles diseñados, nueva guía de trabajos prácticos y guía de actividades de Resolución de problemas. Pusimos en consenso la evaluación de la asignatura.

## Planificación didáctica

Efectuamos la planificación de la asignatura teniendo en cuenta la metodología descripta. En la misma establecimos:

Objetivos generales

Pretendemos que el alumno logre:

- Aprender definiciones, propiedades, enunciados y demostraciones de teoremas referentes a los temas del Análisis Matemático en una variable.
- Desarrollar estrategias generales para el abordaje de problemas relacionados con el Cálculo, para luego hacerlas extensivas a problemas referidos a otras disciplinas.
- Adquirir habilidades, técnicas, métodos, actitudes y valores que le posibiliten llevar a cabo un estudio independiente con capacidad de reflexionar sobre las fortalezas y debilidades en su aprendizaje.
- Trabajar en equipo, valorando la contribución de todos sus integrantes y la suya propia para el logro del objetivo buscado.
- Conocer y utilizar herramientas informáticas relacionadas con la asignatura y aquellas vinculadas con la búsqueda de información y con la comunicación con los docentes y los demás compañeros de clase.

Programa analítico (sintéticamente sólo el título de cada unidad)

- Unidad 1: Funciones.
- Unidad 2: Límite funcional.
- Unidad 3: Derivada de una función. Diferencial.
- Unidad 4: Aplicaciones del Cálculo Diferencial.
- Unidad 5: Polinomios de Taylor.
- Unidad 6: Primitivas o integrales indefinidas.
- Unidad 7: Integrales definidas.
- Unidad 8: Sucesiones y series numéricas.
- Unidad Transversal de Resolución de Problemas.

## Secuencia de clases

Distribuimos clases destinadas a la Resolución de Problemas y a clases expositivas dialogadas de metodología tradicional, teniendo en cuenta que dispusimos seis actividades para la Unidad Transversal. Este cronograma

se incorporó a la Guía de Trabajos Prácticos para que los alumnos tengan presente cómo se trabajaría cada día de cursada.

## **Actividades para la clase de Resolución de Problemas**

La materia se desarrolla alternando clases teórico prácticas expositivas-dialogadas con clases de Resolución de Problemas. Establecimos tres clases de Resolución de Problemas antes del primer parcial y tres luego del primer parcial y antes del segundo. Nos centramos en las tres primeras actividades, cuyos contenidos y objetivos fueron los siguientes:

- Actividad 1: funciones como modelos matemáticos. Esta actividad contó con tres ejercicios sobre modelos matemáticos dados en diferentes registros de representación: uno verbal y analítico, otro numérico y otro gráfico. Los objetivos propuestos fueron: trabajar con problemas que involucren magnitudes variables de manera tal de poder resolverlos utilizando el concepto de función y funciones prototipos, reconocer distintos registros de representación de una función y estudiar el dominio de una función dada bajo un contexto de problema.
- Actividad 2: noción intuitiva del concepto de límite funcional finito de variable finita. Se presentaron ejercicios que introducen de una manera intuitiva el concepto de límite desde un punto de vista numérico y gráfico. Los propósitos establecidos para la misma fueron: conocer el concepto intuitivo de límite funcional y su definición formal, calcular límites a través de registros gráficos y reconocer que el armado de tablas numéricas no es suficiente para determinar el valor del límite de una función en un punto.
- Actividad 3: razones de cambio promedio e instantánea. Recta tangente a una curva. Se trabajó con ejercicios definiendo el concepto de razón de cambio promedio e instantánea bajo el contexto de la posición de un objeto en un determinado tiempo (sin explicación previa del docente). También se hizo un paralelo de dichos conceptos con su interpretación geométrica (pendiente de la recta secante y pendiente de la recta tangente, respectivamente). Los objetivos propuestos para la misma fueron: distinguir entre razón de cambio promedio e instantánea de una función en un punto, interpretar geoméricamente los dos conceptos y calcular pendientes y ecuaciones de rectas secantes y tangente a una curva dada en un punto dado.

## Implementación de instrumentos de evaluación del proyecto. triangulación de datos

En el cuatrimestre del que data la experiencia que se vuelca en este artículo, la cátedra contaba con 854 alumnos distribuidos en 11 comisiones. El plantel docente estaba formado por 29 profesores entre adjuntos, jefes de trabajos prácticos y ayudantes.

Durante la primera implementación del proyecto (primer cuatrimestre de 2013) se hizo una evaluación de diferentes aspectos: distribución de tiempos, consignas de actividades, evaluación de actividades, acreditación de la materia, entre otros. Luego de realizadas las tres primeras actividades y tomado el primer parcial, se implementaron dos instrumentos de evaluación: una encuesta a alumnos y otra a docentes a fin de poder reunir información sobre las actividades y el trabajo en clase.

La encuesta que contestaron los alumnos se hizo en un formulario Google. Se recopilaban mails al azar de alumnos de las distintas comisiones y se les envió la dirección de dicho formulario por correo electrónico. La contestaron 137 alumnos y estaba formada por 15 ítems. Los primeros orientados a características del encuestado para conocer el contexto de la muestra (edad, sexo, lugar de procedencia, etc.). Luego se trataron cuestiones relativas a las actividades realizadas en clase (consignas, tiempos, trabajo en equipo, entre otras) dando una oración y los alumnos debían expresar su conformidad con escala Likert. Por último el alumno debía contestar si prefería la metodología tradicional (expositiva dialogada) o la nueva metodología implementada y dar la justificación de su elección (pregunta abierta).

Respecto a las encuestas destinadas a los docentes de la cátedra (una por actividad), también se hicieron en formulario Google y se evaluaron aspectos como: tiempo que llevó cada actividad, comprensión de las consignas por parte de los alumnos, gestión de la clase, trabajo por parte de los alumnos, cantidad de equipos que participaron, cantidad de equipos que aprobaron, entre otros. Se solicitó una respuesta por comisión.



## RESULTADOS

### Características de la muestra de la población estudiantil

Como se indicó anteriormente, las primeras preguntas de la encuesta estaban orientadas a recabar datos sobre el contexto de la muestra. Se obtuvieron los siguientes resultados principales:

La mayoría de los alumnos encuestados (137 personas) son del turno mañana (73%), con edades entre 18 y 20 años (60%); varones (79%), recursantes (58%), de ingeniería en Informática (75%), del Partido de La Matanza (43%) y no trabajan (53%).

Los datos obtenidos en los dos instrumentos, permitieron analizar dos tipos de cuestiones: una referente a aspectos de organización (cantidad de actividades, duración de la misma, consignas, formación de equipos, criterios de evaluación) y otra relativa a los objetivos específicos planteados de la Unidad Transversal.

### Aspectos organizativos de las actividades

En el cuatrimestre evaluado las tres primeras actividades tuvieron una duración de 4 horas (un día de clase). Los alumnos y los docentes coincidieron que el tiempo fue excesivo, no sólo porque luego se debió ajustar el cronograma de la materia sino también porque los alumnos perdieron la concentración y el entusiasmo hacia el trabajo durante una jornada tan larga.

Respecto a las consignas de los problemas, la oración de la encuesta a los alumnos ligada a este aspecto era: “Las consignas de las Actividades son claras”. Los estudiantes debían responder con escala Likert según a su nivel de conformidad con esta oración, siendo 1 la escala menos favorable y 5 la más favorable. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Puntaje	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	3	2%
2	8	6%
3	55	40%
4	53	39%
5	18	13%

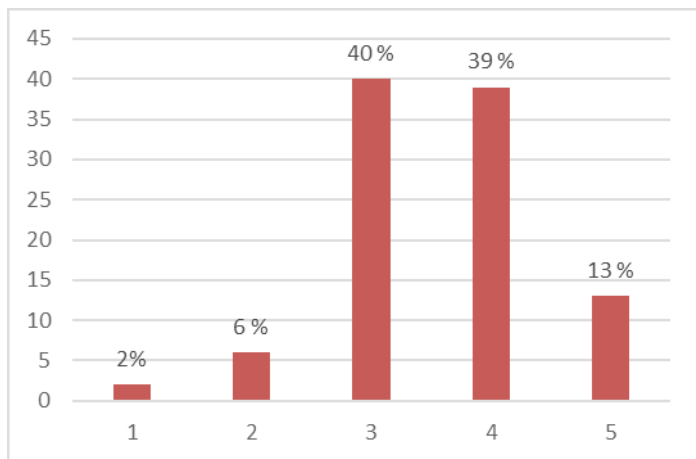


Tabla 1. Fuente: Elaboración propia

Es decir, el 40% de los alumnos tiene una conformidad regular, en tanto que el 52% está de acuerdo con dicha afirmación (considerando una valoración de 4 y 5 puntos)

En las respuestas abiertas los alumnos manifestaron que tuvieron dificultades en comprender las indicaciones en la actividad sobre límite y sobre derivada. Estas dos actividades estaban diseñadas para llevar al alumno a una idea intuitiva de límite y a la definición de derivada, respectivamente. Los estudiantes que ya habían cursado la materia expresaron que no podían resolver la actividad sin previa explicación del profesor, ya que trataban sobre “temas nuevos”. Los docentes a su vez observaron gran cantidad de consultas y pedidos de orientación durante las mismas. Inclusive algunos profesores notificaron haber dado una explicación general para facilitar la resolución y reconocieron que les resultó difícil a ellos llevar a cabo una guía adecuada.

Otro aspecto a tener en cuenta sobre las consignas es que varios ejercicios de las actividades tratan sobre problemas de aplicación. Por ejemplo se trabajó con modelo de crecimiento poblacional, de posición de un objeto que se mueve, de decrecimiento radiactivo, etc. En las respuestas abiertas algunos alumnos manifestaron que este tipo de problemas les sirvió para poder vislumbrar la conexión de los conceptos principales del Cálculo en diversas disciplinas. Se transcribe la opinión de un alumno al respecto:

“Me agrada -y me parece necesario para la carrera- el realizar actividades que me ayuden a comprender la relación entre los hechos prácticos de la vida con lo aprendido en Análisis. Además de mostrar qué aplicaciones puede tener cada concepto aprendido (más allá de la puramente matemática), las Actividades contribuyen a mantener la materia “al día” y a retener los conceptos en sí (es más sencillo aprender entendiendo, pensando, analizando, llevándolos a la práctica; y los problemas dados “fuerzan” a uno a pensar en lo que está haciendo)”

Este mismo tema se evaluaba en la encuesta a alumnos a través de la oración: “Las Actividades me ayudaron a resolver ejercicios de aplicación”, en la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Puntaje	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	10	7%
2	28	20%
3	34	25%
4	35	26%
5	30	22%

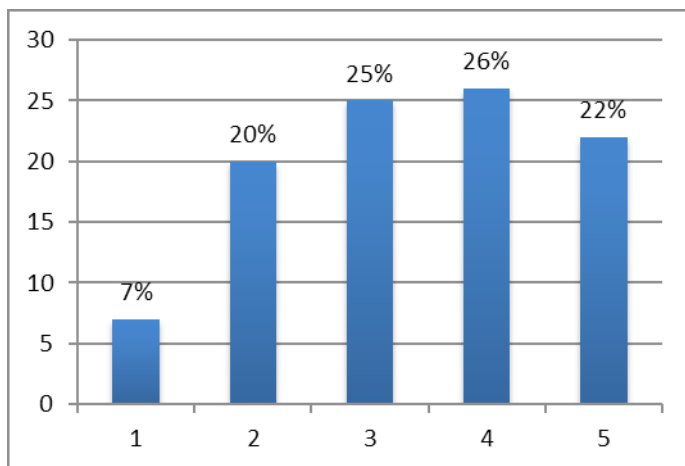


Tabla2 1. Fuente: Elaboración propia

Un 25% tiene una conformidad regular y un 48% está de acuerdo con la misma. En este caso el porcentaje de los que valoraron con puntaje 2 o 1 es mayor que en las otras oportunidades: 27%.

En cuanto a los criterios de evaluación de las actividades se estableció una lista de cotejo por actividad. La mayoría de los docentes manifestó que este tipo de evaluación le resultó muy compleja de realizar debido a la cantidad de aspectos a ser valorados. En cuanto a la opinión de los alumnos, el hecho de recibir su producción corregida y recibir una devolución al respecto, ayudó a detectar errores previos a rendir el parcial, aspecto valorado muy positivamente por los encuestados.

### Objetivos de la unidad transversal

Cabe aclarar que previo a la implementación de la metodología propuesta se efectuaron varias reuniones con el equipo docente. En una de ellas se realizó una capacitación de tres horas de duración en la cual se expusieron los aspectos principales de la Resolución de Problemas, se explicaron las etapas establecidas por Polya, se dieron ejemplos de heurísticas y se discutió cómo gestionar la clase ante este tipo de metodología.

En la encuesta a los profesores se consultó sobre qué tipo de orientación le brindaban a los alumnos. Como resultado se obtuvo que en la mayoría de las comisiones los profesores se sintieron abrumados ante la gran cantidad de preguntas por parte de los alumnos y que práctica-

mente los ayudaban a resolver los problemas. Sólo en dos comisiones los profesores, previo a la actividad, explicaron los pasos propuestos por Polya para resolver un problema y escribieron algunas preguntas orientadoras en el pizarrón. Esta situación también se vio reflejada en la encuesta a los alumnos, en donde un 83% de los encuestados afirma que las explicaciones del profesor lo ayudaron a resolver la actividad. La oración planteada en este caso fue: “Los temas explicados por el profesor en clase me ayudan a resolver las actividades” y los resultados:

Puntaje	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	0	0%
2	1	1%
3	22	16%
4	54	39%
5	60	44%

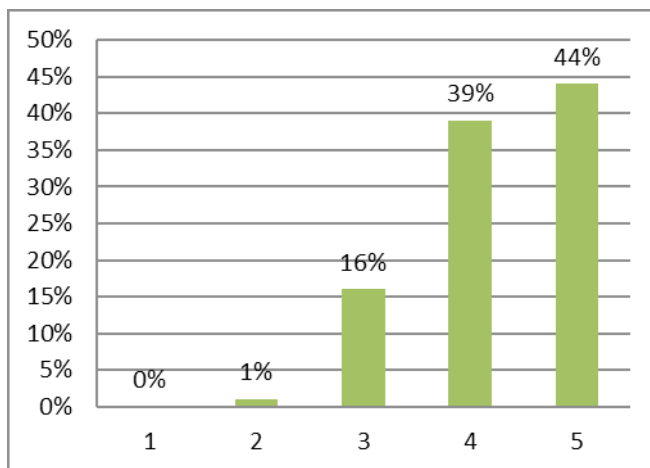


Tabla 3. Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia

A su vez se transcribe una respuesta de un alumno en la pregunta abierta al respecto:

“Me parece que lo mejor no es la actividad en sí, sino que uno tiene la posibilidad de hacer práctica en clase y con ayuda de los profesores, uno en casa hace pero tener a los profesores con tiempo para preguntas es excelente! “

Uno de los objetivos de la Unidad Transversal es lograr un trabajo en equipo por parte de los alumnos. La oración de la encuesta que evaluaba este aspecto era: “Las actividades me ayudaron a trabajar en grupo”. Los resultados obtenidos fueron:

Puntaje	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	5	4%
2	12	9%
3	35	26%
4	34	25%
5	51	37%

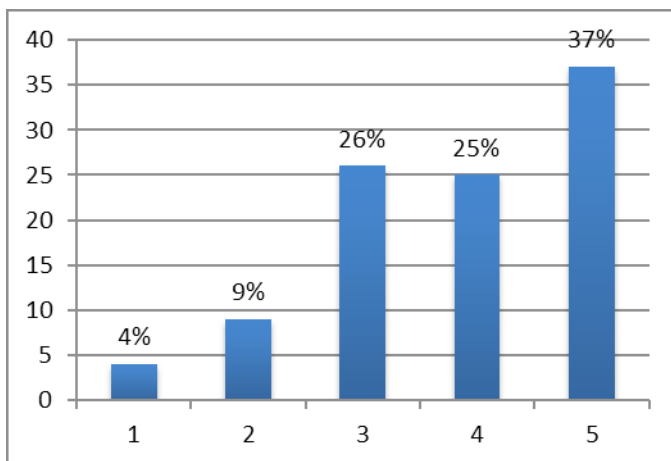


Tabla 4. Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Fuente: Elaboración propia

Se observa que un 62% de los alumnos encuestado aprueba el trabajo en grupo durante las actividades. En algunas opiniones expresan que este tipo de modalidad les permite debatir con el compañero, crear vin-

culos, pensar un ejercicio de varias maneras, entre otros. Se transcribe la opinión de un alumno sobre este tópico:

“Me parece un trabajo muy productivo y bueno ya que no son ejercicios tradicionales y al realizarlo fuera del examen y en grupo puedes pensarlo más fríamente y razonarlo de diferentes maneras logrando un buen trabajo en equipo”

Algunos alumnos objetaron que en sus equipos algunos integrantes no trabajaban. También comentaron que luego de las primeras actividades algunos estudiantes abandonaron la materia y debían cambiar de equipo, cuestión que no les fue de agrado.

Los docentes coincidieron que en todas las actividades los alumnos trabajaron motivados en un muy buen clima de cooperación. También observaron que si el equipo formado es de tres o más alumnos, varios de ellos no intervienen ni producen, quedando la resolución en manos de pocos. Otra situación planteada por los profesores es que al ser tantos alumnos en el aula, no pueden observar a todos y que en muchas ocasiones los equipos también se consultan entre sí. Esto también se refleja en producciones prácticamente idénticas entre equipos.

Al ser las primeras actividades y un cambio tan pronunciado en toda la comunidad de la cátedra, quedó pendiente evaluar las heurísticas utilizadas por los alumnos y dar orientaciones para que ellos puedan realizar una reflexión metacognitiva sobre su proceso de resolución de problemas. Estos aspectos se profundizaron en el cuatrimestre siguiente.

## **REFLEXIONES. AJUSTES DEL PROYECTO**

Según Gento (1998) la valoración de un proyecto durante su ejecución (lo que el autor llama evaluación interactiva) utilizando distintos instrumentos puede desembocar en un ajuste con lo planificado. La triangulación de los resultados obtenidos en la encuesta a los alumnos con la encuesta a docentes, permitieron realizar las siguientes modificaciones respecto a:

- Tiempos. Lo ideal para poder completar el cronograma de la asignatura y lograr un trabajo provechoso por parte de los alumnos, es que cada actividad demande dos horas de la clase. Esta situación

provocó que recortemos ejercicios de las actividades siguientes previas al segundo parcial de manera tal de poder tener tiempo para completar el programa de la materia. A su vez esta apreciación será tomada en cuenta para el diseño de futuros problemas.

- Consignas de las actividades. Por ahora diseñaremos problemas de aplicación de conceptos ya desarrollados en clase. Los problemas que llevan a “descubrir” un nuevo concepto (por ejemplo el concepto de límite que se trabajó en la actividad 2 y el de derivada de la actividad 3) demandan mucho tiempo, cuestión que fue comentada por varios alumnos y docentes. Somos conscientes que la relación entre la cantidad de contenido que tiene la asignatura respecto al tiempo asignado por semana a la misma no nos es favorable y es un punto importante a considerar a la hora de diseñar este tipo de actividades. Además muchos estudiantes, sobre todo aquellos que ya habían cursado la asignatura, sintieron que no podían realizar una actividad de introducción sin que el profesor haya explicado algo al respecto, sólo utilizando conocimientos previos. También varios docentes manifestaron que tuvieron dificultad en la gestión de la clase donde se ponía en juego este tipo de actividades. Consideremos que la mayoría de los profesores no está habituado a tomar el rol de orientador, entonces debemos dar tiempo a que lo logre.
- Gestión de la clase. Los resultados de la encuesta a docentes y de la reunión de cátedra donde se expusieron, nos permitieron percibir que varios docentes se sintieron inseguros sobre qué consultas contestar y cuáles no. Asimismo tuvieron dificultades para poder construir orientaciones sin dar la solución buscada y reconocieron que ante las continuas preguntas de los alumnos le terminaban solucionándoles el problema.

Además entre todo el equipo de profesores consensuamos que si bien es importante orientar y guiar a los alumnos en las primeras actividades, luego hay que tratar de independizarlos del visto constante del docente.

A su vez la mayoría de los docentes no se había enfrentado hasta el momento con una modalidad de este tipo, la que requiere capacitación sobre el tema y también, por qué no, un aprendizaje. Si bien fue importante la instancia de capacitación previa al inicio del cuatrimestre, debemos reforzarla y crear espacios de discusión que nos orienten a nosotros mismos sobre nuestro nuevo rol en el aula.



Respecto a uno de los objetivos planteados en la Unidad Transversal:

- Trabajo en grupo: los docentes percibieron que uno de los objetivos de la Unidad Transversal que es el del trabajo en equipo se está logrando paulatinamente. Las encuestas reflejaron que a la mayoría de los alumnos les interesa trabajar con su compañero y discutir diferentes procesos de resolución de las situaciones planteadas.

Cuando se pone en marcha un proyecto educativo de tanta envergadura, en este caso por las modificaciones establecidas en la metodología tradicional y por la cantidad de personas que involucra, es necesario incorporar al mismo una evaluación organizada y sistemática haciendo uso de distintos instrumentos. Lo deseable es que se pueda planificar cómo se va a proceder para llevar adelante dicha evaluación, sobre qué aspectos indagar, con qué herramientas, etc.

En nuestro caso fueron diversos los instrumentos de evaluación usados, ya que no sólo se hicieron las encuestas presentadas en este artículo sino también se establecieron reuniones con el plantel de profesores, se recolectaron datos de otros cuatrimestres para hacer una comparación intra-cuatrimstral, entre otros. Lo importante es que cada una de estas herramientas brinde información que pueda ser de ayuda para realizar modificaciones o ajustes al proyecto implementado sobre la marcha del mismo.

## Bibliografía

- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En M. Artigue, R. Douady, L. Moreno y P. Gómez, (eds), *Ingeniería didáctica en educación matemática* (97-140). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Cantoral, R. y Miron, H. (2000). Sobre el estatus de la noción de derivada: de la epistemología de Joseph Louis Lagrange al diseño de una situación didáctica. *Revista latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 3(3), 265-292 [].
- Dolores, C. (2000). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la derivada. En R. Cantoral (ed), *El futuro del Cálculo Infinitesimal*, ICME 8, 155-181. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gento, S. (1998). Marco referencial para la evaluación de un proyecto educativo. *Revista de Educación XXI* 1, 93-127.
- Guzman, M. (2003). *Tendencias Innovadoras en Educación Matemática*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [] Editorial Popular.
- Okulik, N. (2009). Aprendizaje basado en problemas. Una experiencia con alumnos de carreras de Ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería* 19, 65-73 [].
- Pochulu, M. y Rodríguez, M. (2012). ¿Cómo implementar la resolución de problemas en la clase de Matemática? *Memorias del SEM 2012 Simposio de Educación Matemática*, Chivilcoy, 196-200 [].
- Polya, G. (1965). *¿Cómo plantear y resolver problemas?* México: Editorial Trillas.
- Rodríguez, M. (2012). Resolución de Problemas. En M. Pochulu y M. Rodríguez (Comp.), *Educación Matemática. Aportes a la Formación Docente desde distintos Enfoques Teóricos* (153-174). Buenos Aires: Eduvim-Ediciones UNGS.
- Salinas, P. y Alanís, J. (2009). Hacia un nuevo paradigma en la enseñanza del Cálculo dentro de una institución educativa. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 12 (3), 355-382 []

# MODIFICACIÓN METODOLÓGICA Y DE CONTENIDOS EN ALGEBRA LINEAL Y GEOMETRÍA ANALÍTICA I

*Bertúa, Julio Carlos;  
Denenberg, Marcelo Gustavo;  
Meneguzzo, Patricio Enrique*

## Introducción

A partir del año 2012 en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica I del primer año de carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Matanza se realizaron dos actividades simultáneas: el desarrollo de un Proyecto de Investigación (PROINCE- C126) titulado “Nueva propuesta para la enseñanza del Álgebra Lineal en el contexto de las carreras de Ingeniería de la UNLAM” y por otro lado la participación en el PEICB: Plan Estratégico de Ingeniería para las Ciencias Básicas que se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de dicha universidad.

En el proyecto, dirigido en forma conjunta por María Eugenia Ángel y Julio Carlos Bertúa participaron los siguientes docentes de la materia: Pérez, Silvia Noemí; Sancho, Eduardo Guillermo; Bertolé, Estela Mónica; Denenberg, Marcelo Gustavo; Gutiérrez, Edith Mabel; Mendoza, Sandra María; Meneguzzo, Patricio Enrique; Ocampo, Gabriela Mirta; y Rodríguez, Enrique Javier.

En el PEICB la representación de la materia estuvo a cargo de Julio Carlos Bertúa y Marcelo Gustavo Denenberg.

El proyecto y el trabajo desarrollado tuvieron por objeto estudiar el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal en los alumnos del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLAM con la finalidad de mejorarlo y adecuarlo a las necesidades de las carreras que se dictan en él.

Una de las motivaciones para realizar esta investigación es la dificultad que cotidianamente presentan los alumnos de álgebra en la apropiación, utilización, aplicación y transferencia inter e intradisciplinar de los conceptos que la conforman; por tal motivo, se pretendió indagar y seleccionar los contenidos necesarios y sus relaciones y diseñar e implementar en el proceso de su enseñanza-aprendizaje métodos de trabajo en el aula y actividades que facilitasen una conceptualización correcta e integral de los contenidos seleccionados.

## Tema de Estudio

La problemática en el aprendizaje del Algebra Lineal no es un tema nuevo, preocupa a varios educadores y se viene estudiando desde hace bastante tiempo.

En 1962 un grupo de matemáticos notables (Ahlfors, Bellman, Courant, Coxeter, Kac, Lax, Morse, Polya, Weil, entre otros) suscribieron un documento en el cual advertían el error de confeccionar un currículum escolar que privilegiara la abstracción en desmedro de las conexiones de la matemática con las otras ciencias. El documento en cuestión fue publicado en *The Mathematics Teacher* y en el *American Mathematical Monthly*.

En el mismo sentido, en el año 1990 se constituyó el Linear Algebra Curriculum Study Group (LACSG), conformado por David Carlson, Charles R. Johnson, David C. Lay y A. Duane Porter con el objetivo de mejorar el currículo de Algebra Lineal. Para este grupo de investigadores también es importante apartarse de la abstracción generada desde el formalismo en vías de un acercamiento a lo concreto, teniendo en cuenta la relación del álgebra con otras áreas del conocimiento. Por tal motivo recomiendan otorgarle una orientación matricial e incorporar la tecnología ya sea en las aplicaciones como en el proceso de enseñanza-aprendizaje en sí mismo.

Actualmente varios grupos de investigadores se encuentran trabajando sobre la didáctica del Algebra Lineal. En Francia existe un grupo integrado por Jean Luc Dorier, Aline Robert, Jacqueline Robinet, Marc Rogalski y Michele Artigue entre otros; en Canadá Anna Sierpinska y Joel Hillel y en EE.UU. Guershon Harel y Ed Dubinsky.

Por otro lado, varios estudios de diagnóstico dirigidos por Dorier, Robert, Robinet y Rogalski<sup>4</sup> entre 1987 y 1994 dan cuenta de un solo obstáculo macizo que aparece en todas las generaciones de estudiantes y para casi todos los modos de enseñar, lo que los autores llamaron el obstáculo del formalismo. De igual modo, investigaciones realizadas por Dorier y Sierpinska en torno al aprendizaje del Álgebra Lineal reportan que las dificultades se originan por los diversos lenguajes que se utilizan –geométrico, aritmético, algebraico– y muchas veces sin articulación.

Es desde esta perspectiva que se planteó la investigación cuya propuesta consistió en reformular los contenidos programáticos de la materia álgebra lineal tanto en su aspecto conceptual como metodológico desde una visión integradora y relacional, respetando los contenidos mínimos fijados por las Resoluciones de acreditación de las diferentes carreras de Ingeniería y en crear un ámbito de discusión en vías de perfeccionamiento del saber y de la práctica docente en éste área del conocimiento.

El trabajo se realizó a partir de una metodología tanto cualitativa como cuantitativa, utilizando datos primarios y secundarios extraídos de diversas fuentes y trabajando las dimensiones teóricas y prácticas de los distintos contenidos del álgebra a partir de los siguientes ejes interrelacionados:

- Contenidos y Bibliografía, este eje contempló varios aspectos: a) el buceo bibliográfico de contenidos del Álgebra Lineal desde la perspectiva de su génesis histórica y epistemológica que incumbran a la necesidad de formación de los ingenieros, b) las relaciones conceptuales entre los contenidos, c) el análisis de investigaciones realizadas sobre la enseñanza del Álgebra y d) la opinión de los docentes de las distintas áreas de conocimiento que conforman la currícula de las carreras de Ingeniería.
- Errores y dificultades, en este caso el estudio realizado consistió en la detección y sistematización de los errores comunes y dificultades presentadas por los alumnos en distintos temas de álgebra. El mismo se llevó a cabo a partir del análisis de evaluaciones previas de grupos de alumnos de 6 cursos y 3 cuatrimestres diferentes, de los 3 turnos, lo que permitió la aparición de mayor diversidad de errores al observar distinto tipo de ejercicios de cada tema.

---

<sup>4</sup> On the teaching of Linear Algebra, Mathematics Education Library, Volume 23. Jean Luc Dorier (editor), Kluwer Academic Publishers, 2002.

- Aplicaciones, este eje tuvo por finalidad la búsqueda y elaboración de problemas de aplicación para los distintos contenidos tratados con la finalidad de acercar al alumno a actividades específicas de la Ingeniería, que sean accesibles al nivel del desarrollo que éste posea y que permitan crear las condiciones de poder afrontar, en la medida de lo posible, actividades de aprendizaje basadas en la resolución de problemas reales vinculados con la formación profesional.
- Herramientas informáticas, consistió en el análisis de software –de uso libre o no– que pueda utilizarse en el desarrollo de la materia con la incorporación de actividades conexas, con el interés particular de que los alumnos puedan participar activamente en la resolución de problemas utilizando esos programas y que incorporen en forma natural la modalidad de trabajo con dichos auxiliares informáticos, de manera similar a lo que tendrán que hacer durante su futura vida profesional.

Estos ejes de estudio, confluyeron en la elaboración de un diseño curricular en el que la interrelación entre ellos tiende a favorecer el carácter dinámico de la ciencia.

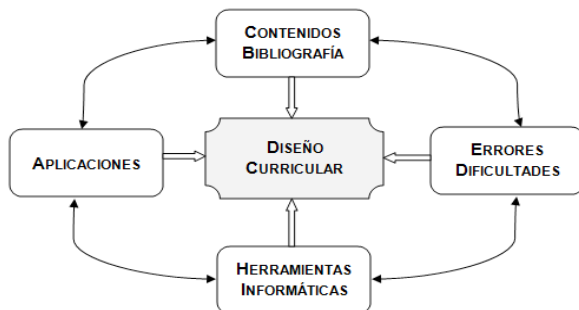


Figura 1. Fuente: Elaboración propia

Para probar el diseño elaborado, se tuvieron en cuenta tres etapas: previa, durante y posterior a la implementación.

En la etapa previa a la implementación:

- Se elaboraron y seleccionaron las estrategias referidas al proceso de enseñanza aprendizaje: las de motivación, las de elaboración, las de organización, las de recuperación y de evaluación.
- Se confeccionó el material teórico - práctico a utilizar en el aula y
- Se seleccionó y preparó a los docentes que formarían parte del proceso.

La etapa de implementación se llevó a cabo en dos cursos pilotos: uno del turno mañana y otro del turno noche. En la misma:

- Se trabajó con el material elaborado en la modalidad de aula taller.
- Se evaluó al alumno en forma permanente, antes, durante y al finalizar el proceso.
- Al terminar el curso se tomó una encuesta de opinión a los alumnos que intervinieron en la experiencia.

Finalmente, en la etapa posterior, se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos por los alumnos, de la encuesta de opinión y de la actividad realizada por los docentes.

Lo que sigue es una apretada síntesis del documento final (76 páginas) del proyecto de investigación oportunamente presentado ante las autoridades departamentales y los evaluadores externos<sup>5</sup>.

## DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### Contenidos y buceo bibliográfico

Se trabajó en el análisis del abordaje curricular y pedagógico efectuado por diferentes autores de textos accesibles a los alumnos para un curso de Álgebra Lineal (AL). Algunas de las ideas más destacadas extraídas hasta el momento se expresan a continuación.

En 1990 se forma el The Linear Algebra Curriculum Study (LACSG) con el fin de producir un currículo de Álgebra Lineal –AL– que culmina con las siguientes 5 recomendaciones:

---

<sup>5</sup> Dicho informe se puede consultar en la siguiente dirección: <http://miel.unlam.edu.ar/> - usuario:algebra1 – contraseña: algebra 1

- a) Los contenidos y su presentación deben responder a la necesidad de la disciplinas clientes (Física, Ingeniería, Economía, etc.). La generalización y profundización debe realizarse en la medida que el tiempo lo permita.
- b) Un primer curso de AL deberá estar fuertemente orientado a matrices. Se sugiere menos abstracción, más énfasis en la resolución de problemas y aplicaciones motivadoras, yendo desde lo concreto hacia lo más conceptual.
- c) Considerar las necesidades e intereses de los estudiantes como aprendices. Buscar una metodología de enseñanza-aprendizaje activa, sin olvidarse de los saberes previos de los alumnos.
- d) Usar tecnología.
- e) Un segundo curso de AL con un sesgo más conceptual y de mayor justificación teórica.

Harel (1997<sup>6</sup>), Dubinsky (1997<sup>7</sup>), Day y Kalman (1999<sup>8</sup>), Uhlig (2002<sup>9</sup>; 2010<sup>10</sup>) y Dorier (2002<sup>11</sup>) son algunos de los autores analizados en el proyecto. Se trabajó además sobre un método de instrucción desarrollado por Eric Mazur en Física, basado en el método de Instrucción de Peer, el cual a pesar de estar en un aula amplia y con muchos alumnos utiliza un eficaz método colaborativo.

---

<sup>6</sup> The Linear Algebra Currículo Study Group Recommendations: Moving beyond concept definition. Guershon Harel en Resources for Teaching Linear Algebra, David Carlson, Charles R. Johnson, David C. Lay, A. Duane Porter, Ann Watkins & William Watkins (editores), The Mathematical Association of America, 1997 (EE.UU.).

<sup>7</sup> Some thoughts on a first course in Linear Algebra at the Collage Level. Ed Dubinsky en Resources for Teaching Linear Algebra, David Carlson, Charles R. Johnson, David C. Lay, A. Duane Porter, Ann Watkins & William Watkins (editores), The Mathematical Association of America, 1997 (EE.UU.).

<sup>8</sup> Teaching Linear Algebra: What are the Questions? Jane Day & Dan Kalman (January, 19, 1999).

Descargado de <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/60/42> (17/12/12).

<sup>9</sup> A New unified, balanced, and conceptual approach to Teaching Linear Algebra. Frank Uhlig (2002).

Descargado de <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/57/54> (17/12/12).

<sup>10</sup> Questions about Teaching, Teaching Mathematics and Teaching Linear Algebra. Frank Uhlig (2010).

Descargado de <http://matrix.skku.ac.kr/ilas/2010-ILAS-Edu/FUhligh-ILAS-2010.pdf> (17/12/12).

<sup>11</sup> Ídem 1



En el análisis de los libros de textos adecuados a las nuevas pautas de enseñanza del Álgebra Lineal se pueden citar a: Poole (2004<sup>12</sup>), Nakos (1999<sup>13</sup>), Grossman (1988<sup>14</sup>), Lay (2012<sup>15</sup>).

## Encuesta a jefes de cátedra

Como complemento del buceo bibliográfico y con la finalidad de indagar en los contenidos de Álgebra Lineal que se necesitan y utilizan en las materias posteriores al Ciclo Básico Común de las carreras de Ingeniería del departamento, se confeccionó una encuesta dirigida a los Jefes de Cátedra. En la encuesta, se consultó sobre el tipo de contenido y la utilización que hacen de ellos: como conocimientos previos para avanzar o profundizar en otros temas, como herramienta matemática, ambos usos u otros no especificados.

Se decidió también consultar a los profesores por su percepción de los conocimientos de los alumnos sobre dichos temas.

De las respuestas obtenidas puede destacarse que los temas más requeridos por los profesores son: los métodos de resolución de un sistemas de ecuaciones en un 72,4%, la caracterización de las soluciones de un sistema de ecuaciones con el 51,7%, las operaciones entre matrices con el 62% y las operaciones entre vectores en un 51,7%. (Tabla 1).

Por otro lado, en relación a la utilización que los profesores pueden hacer de los contenidos consultados, en casi todos los casos predomina el uso de los mismos como herramienta.

---

<sup>12</sup> Álgebra lineal. Una introducción moderna. David Poole, International Thomson Editores, México, 2004.

<sup>13</sup> Álgebra Lineal con Aplicaciones, George Nakos & David Joyner, International Thomson Editores, México, 1999.

<sup>14</sup> Aplicaciones de Álgebra Lineal, Stanley Grossman, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1988.

<sup>15</sup> Álgebra Lineal y sus aplicaciones ; David Lay , Pearson , México , 2012

TEMA	CANTIDAD DE RESPUESTAS				PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE ENCUESTAS
	CONOCI- MIENTO PREVIO	HERRA- MIENTA	AMBOS	TO- TAL	
Números complejos					
Diferentes representa- ciones	3	6	4	13	44,83
Operaciones	3	6	4	13	44,83
Polinomios					
Operaciones	2	5	6	13	44,83
Raíces	2	6	6	14	48,28
Factorización	2	6	5	13	44,83
Sistemas de ecuaciones lineales					
Métodos de resolución	5	8	8	21	72,41
Caracterización de las soluciones	5	4	6	15	51,72
Matrices					
Operaciones	4	9	5	18	62,07
Reales y/o complejas	4	5	4	13	44,83
Cálculo Inversa	4	6	4	14	48,28
Autovalores y autovectores	2	7	3	12	41,38
Forma de Jordan	0	1	3	4	13,79
Diagonalización	2	5	3	10	34,48
Factorización LU	1	2	3	6	20,69
Factorización QR	0	2	3	5	17,24
Descomposición en valo- res singulares (SVD)	0	1	3	4	13,79
Determinantes					
Propiedades	2	5	1	8	27,59
Cálculo 2x2	3	3	2	8	27,59
Cálculo 3x3	3	5	2	10	34,48
Cálculo rangos superiores	3	5	1	9	31,03
Vectores geométricos y cartesianos					
Operaciones	3	7	5	15	51,72
Norma	3	4	5	12	41,38
Producto escalar	3	6	5	14	48,28
Producto vectorial	2	6	5	13	44,83
Producto mixto	2	4	5	11	37,93
Proyecciones	3	5	5	13	44,83
Planos y rectas					
Ecuaciones en R2 y R3	3	2	3	8	27,59
Ángulos y distancias	3	3	2	8	27,59
Paralelismo y ortogona- lidad	3	3	2	8	27,59
Cónicas					

Circunferencia, elipse, hipérbola, parábola	3	5	5	13	44,83
Focos, vértices, directrices, excentricidad	0	3	4	7	24,14
Espacios Vectoriales					
Subespacios	5	0	0	5	17,24
Intersección , suma y suma directa	5	0	0	5	17,24
Independencia lineal	4	2	0	6	20,69
Bases	5	2	1	8	27,59
Coordenadas	3	3	1	7	24,14
Cambio de bases	3	3	0	6	20,69
Transformaciones lineales					
Núcleo e imagen	2	1	1	4	13,79
Matriz representativa	2	2	0	4	13,79
Clasificación	2	0	0	2	6,90
Espacios Euclídeos					
Producto interior o euclídeo	3	2	1	6	20,69
Bases ortonormales	2	3	1	6	20,69
Complementos ortogonales. Proyecciones	2	2	0	4	13,79
Aplicación de proyecciones ortogonales a la aproximación de funciones					
Aproximación de Fourier	2	2	0	4	13,79
Aplicación de polinomios ortogonales	2	0	0	2	6,90
Aproximaciones discretas	2	0	0	2	6,90
Sistema lineal de ecuaciones diferenciales					
Métodos de resolución	5	1	0	6	20,69
Análisis de las soluciones	5	1	0	6	20,69
Sistemas Dinámicos					
Sistemas dinámicos discretos	2	1	0	3	10,34
Sistemas dinámicos continuos	2	0	1	3	10,34

Tabla 1. Fuente: Elaboración propia

## Análisis de errores

Los errores son parte indispensable del proceso de aprendizaje. Identificar los cometidos por sus alumnos le permite al docente replantear estrategias de enseñanza e intervenir de una manera más eficaz sobre las dificultades observadas.

Entre diversas categorizaciones o clasificaciones de errores, se tomaron como referencia a la dada por Radatz (1979, 1980) y recuperada por Rico (1995), así como también la debida a Mosvshovitz-Hadar, N.; Inbar, S.; Zaslavsky, O. (1987).

En este trabajo se propone una nueva clasificación de errores que si bien está relacionada con las anteriores, consideramos se adecúa mejor a los errores observados y permite un análisis transversal sobre los contenidos evaluados.

Además, se propuso tipificar los errores más comunes en algunos contenidos de Álgebra Lineal tomando en cuenta dos grandes grupos: errores en los conceptos teóricos involucrados y errores debido a los procedimientos utilizados por los alumnos.

Se procedió a elaborar dimensiones a modo de ítems de análisis en los que se observaron los exámenes de la asignatura sobre los temas Polinomios, Números Complejos, Matrices y determinantes, Sistemas lineales y Vectores y Geometría en  $R^3$ . Estos ítems se utilizaron para distintos grupos de alumnos.

Las dimensiones de análisis se elaboraron a partir de la experiencia docente y se contrastaron con los errores observados, por lo que hubo modificaciones y redefiniciones hasta lograr abarcar las expectativas docentes y lo efectivamente realizado por los alumnos.

En las Tablas 2, 3 y 4 se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tema analizado	Cantidad total de casos	Alumnos que no resolvieron (%)	Alumnos que resolvieron correctamente (%)
Números Complejos	200	27	16
Polinomios	116	20	9
Matrices y determinantes	129	17	13
Sistemas lineales	88	18	7
Vectores y Geometría en $R^3$	161	17	6

Tabla 2: Resumen de casos analizados. Fuente: Elaboración propia.

Tipología	Características
E1	Errores derivados de conocimientos previos insuficientes o erróneos
E2	Errores específicos del tema
E3	Errores debido a inferencias o lógicas erróneas

E4	Errores de interpretación o expresión incorrecta (lenguaje)
E5	De resolución inconclusa o nula

Tabla 3: Tipología de errores. Fuente: Elaboración propia.

	E1	E2	E3	E4	E5
Números Complejos	22%	54%	13%	10%	4%
Polinomios	9%	50%	30%	1%	10%
Sistemas Lineales	8%	53%	10%	7%	21%
Matrices y determinantes	2%	58%	18%	10%	11%
Vectores y Geometría	11%	61%	10%	14%	4%

Tabla 4: Porcentaje de errores. Fuente: Elaboración propia.

## Herramientas informáticas

Analizar los recursos informáticos del tipo CAS (sistemas algebraicos de computación) ha llevado a confeccionar un breve informe sobre aproximadamente 10 o 12 de todos los que se encuentran disponibles.

Como el abanico de elección es muy amplio, el análisis fue reducido a un subconjunto pequeño en cuanto a posibilidades de evaluación, experiencia de trabajo sobre los mismos, pros y contras pensadas en función de las limitaciones del lenguaje de programación que pueden conocer los alumnos, accesibilidad a los recursos, etc. Ellos son: Mathematica, MathLab, SAGE, Maxima, Derive, SCILAB. En función de la utilidad de la herramienta y del uso posterior en la actividad ingenieril, se recomendó el uso del MathLab.

## Aplicaciones

En el área de aplicaciones, se ha evaluado la siguiente bibliografía con sus respectivos enfoques:

Cálculo con Geometría Analítica, Vol. II, Thomas/Finney; Álgebra Lineal con Aplicaciones y Matlab, 6ª. Edición, B. Kolman; Tratamiento digital de Imágenes, R.González / R.Woods; Cálculo con Geometría Analítica, Edwards / Penney; Problemas de Álgebra Lineal, Cuestiones, Ejercicios y tratamiento en Derive, Paloma Sanz y otros; Física Universitaria, 6ª. Edición, Sears / Zemansky / Young; Introduction to Signals and Systems, D.Lindner; Electromagnetismo con aplicaciones; Kraus /

Fleisch; Álgebra Lineal y sus aplicaciones; D. Lay; Tecnología Eléctrica, R. Guirado Torres y otros; Análisis de redes, Van Valkenburg.

En el Anexo III del informe del proyecto de investigación se presentan algunos de los ejemplos seleccionados para su uso en la materia

## **Pre diseño curricular**

Este diseño, resultado de los estudios desarrollados en la presente investigación, se presentó, a instancias del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLAM, al Grupo de Trabajo del “Diseño de un proyecto formativo para el ciclo de ciencias básicas en el marco de las metodologías activas de enseñanza” (PEICB 2013); con el fin de actualizar las metodologías y los recorridos didácticos en las materias de Ciencias Básicas del Ciclo Básico Común.

A partir del pre diseño curricular elaborado, se realizó la implementación en el aula. La misma se llevó a cabo en dos comisiones de Álgebra Lineal, una del turno mañana y otra del turno noche con respectivamente 81 alumnos inscriptos y 4 docentes y 59 alumnos y 3 docentes. Para garantizar la implementación de la nueva metodología de trabajo se eligió como docentes responsables de cada una de las comisiones a integrantes del grupo de investigación.

El diseño sobre el que se trabajó fue denominado Tejiendo el Álgebra Lineal en consonancia con la idea de una construcción continua, trabajosa y en forma de red de los contenidos a abordar en un curso inicial de Álgebra Lineal y Geometría Analítica.

En esta primera versión (luego del análisis de la bibliografía pedagógica y de textos efectuado) tuvieron un lugar preponderante las ideas extraídas y adaptadas de los autores anteriormente citados en página 4 y<sup>16</sup>. El Prediseño Curricular forma parte del Anexo IV del informe final del proyecto de investigación.

## **La modalidad de trabajo en el aula**

La modalidad de trabajo en el aula para las tres primeras unidades: Introducción al Álgebra Lineal, La Geometría y el Álgebra Lineal en  $\mathbb{R}^2$  y La Geometría y el Álgebra Lineal en  $\mathbb{R}^3$ , que contienen los temas más requeridos por los profesores consultados y en menor medida para las

---

<sup>16</sup> Álgebra Lineal con aplicaciones, G. Williams ; Linear Algebra W.L. Chen; Álgebra Lineal y sus aplicaciones , G. Strang ; Álgebra Lineal , J.L. Boldrini

unidades 4 y la 5 - Espacios vectoriales y subespacios y Las transformaciones entre espacios vectoriales-, se basó en la aplicación de un aprendizaje autorregulado.

Con el objeto de lograr este tipo de aprendizaje, se elaboraron las guías de trabajo práctico-teórico para cada una de las unidades y las mismas se implementaron en el aula utilizando la metodología de aula taller con trabajos grupales dentro y fuera de ella. En el Anexo V del informe del proyecto de investigación, se encuentra el material utilizado para la Unidad 1.

Tanto el material utilizado como el accionar en el aula se sustentaron en la premisa de favorecer conductas apropiadas para el aprender a aprender, con sistemática realimentación para resolver dudas, orientar aprendizajes y sincronizar tiempos de avance en los contenidos y en el nivel de profundidad con el cual abordarlos.

La evaluación del aprendizaje se realizó durante todo el proceso por medio de parcialitos periódicos (a carpeta abierta) en casi todas las clases (en total se tomaron 20), de trabajos grupales (inicialmente en clase y luego como tarea para la clase siguiente, en total 18) y de una calificación que asignó el docente al desempeño de cada grupo. Todas las instancias de evaluación conformaron una nota de laboratorio que se promedió con la nota obtenida en cada uno de los dos parciales formales. De esta manera se logró implementar una evaluación permanente.

Se buscó que el alumno internalice la necesidad de ser autoexigente y que la vinculación con las aplicaciones de la propia Ingeniería, de la Vida Diaria, de la Tecnología y disciplinas vecinas ayudaran en motivarlo al estudio y en su seguridad sobre la carrera elegida.

El diseño de los contenidos se pensó espiralado en la complejidad y cercano a la idea que las guías de trabajo sucesivas tratan de ampliar, contener, generalizar y en algunos casos reformular lo ya visto; simultáneo en el abordaje de los ejes conceptuales del Álgebra Lineal ya que desde el comienzo se trabajaron cuestiones geométricas como los movimientos en el plano, sistemas de ecuaciones, nociones de transformación lineal, vectores y espacios vectoriales.

Se buscó generar en el aula un ambiente de aprendizaje-enseñanza (no es antojadiza la inversión en la palabra compuesta como no lo es en clase práctico-teórica) dinámico, alegre, con un efervescente trabajo intergrupal, con docentes y alumnos que interactuaran de una manera viva.

Para evaluar la modalidad de trabajo en el aula, al finalizar el período de clases se encuestó a los alumnos sobre su opinión respecto a: la

metodología utilizada, el material de trabajo, la evaluación, el ambiente generado y la labor docente. En el Anexo VI del informe del proyecto de investigación se encuentra la encuesta tomada a los alumnos.

## El recorrido conceptual

Para el recorrido conceptual, plasmado en el material elaborado y en el trabajo en el aula se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

a) El mismo se inició desde las cuestiones geométricas en el plano como lo son las traslaciones, simetrías centrales y axiales, las rotaciones y las proyecciones ya que:

- en el curso de ingreso se ha abordado a través de construcciones con lo cual se facilita la indagación de ideas previas y sirve como base para nuestra construcción teórica –subsumidor ausubeliano-;
- ayuda en la visualización y ejemplificación de otros conceptos (como ser transformaciones lineales);
- a pesar de que en la escuela media la Geometría está un tanto relegada, facilita el acercamiento del alumno hacia lo abstracto desde algo más concreto (cerca sería una palabra más acorde);
- sirve como soporte para la presentación de nuevos entes matemáticos y sus operaciones –por ejemplo, vectores-.

b) El segundo mojón fue vincular las transformaciones geométricas con sistemas de ecuaciones lineales y con transformaciones lineales; a los vectores sus propiedades y sus operaciones –distintas a las de los números reales- como casos especiales de otras estructuras más generales (los espacios vectoriales).

c) A partir de vectores se desarrolló el estudio de rectas (en el plano y en el espacio) y el plano (incluyendo intersección, inclusión, paralelismo, perpendicularidad, distancia). Se muestra la pertinencia de trabajar más sistemáticamente al resolver sistemas de ecuaciones lineales (lo que hace preciso introducir matrices con sus operaciones y conformando nuevos espacios vectoriales) y cómo éstas tiene una mirada geométrica en el espacio (como planos), otra como combinación lineal de vectores, una tercera matricial y una cuarta como transformación lineal (se puede pensar si el vector de términos independientes está o no en la imagen de la transformación, o como ceros de ésta para sistema de homogéneos).

d) La vinculación de los conceptos del Álgebra y otras disciplinas: Criptografía, Economía (ingreso, costo; modelo de Leontief), Sociología,



Cadenas de Markov (flujo poblacional, preferencias, etc.), Física (descomposición de fuerzas, trabajo, electricidad, transmisión de calor), Química (equilibrio de ecuaciones), Matemática (interpolación por polinomios), Meteorología, Tránsito en la ciudad y Genética.

## Resultados de las encuestas<sup>17</sup>

La encuesta fue respondida por 38 alumnos del turno Noche mañana y 38 del turno noche.

Los alumnos del turno mañana tenían hasta 10 materias aprobadas, el 25% sólo 2. En el turno noche la cantidad de materias aprobadas es más heterogénea, el 32% tenían aprobadas 6 ó 7 materias.

## Metodología de trabajo

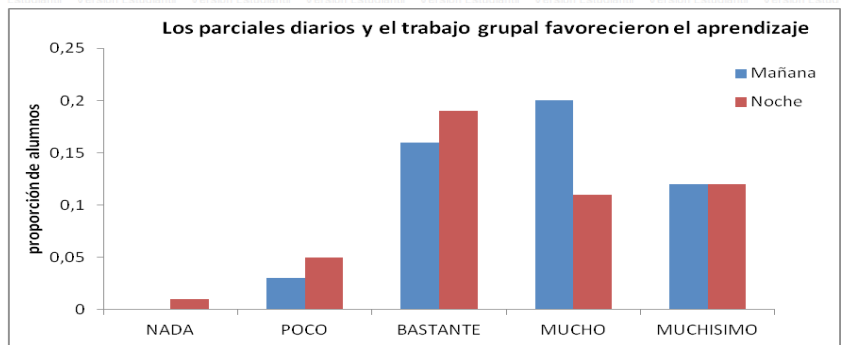
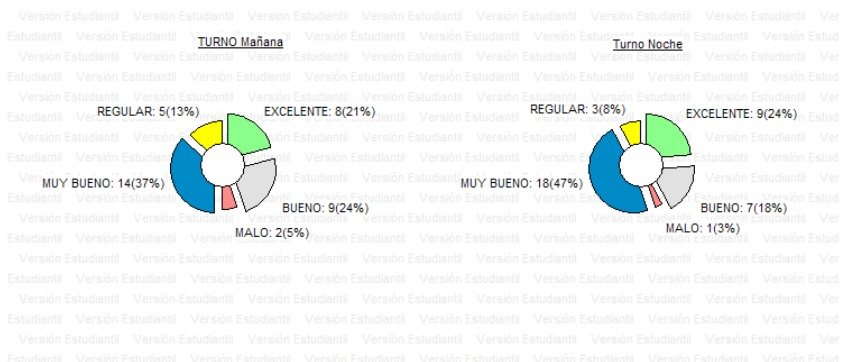


Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia.

<sup>17</sup> Los resultados generales pueden ser consultados en el informe final del proyecto de investigación.

## Bibliografía general

- Berriochoa, Elías; Cachafeiro, Alicia; Illán, Jesús (2009): An Approach for teaching the Linear Algebra for students of Engineering, Proceedings of ICERI 2009 Conference, Madrid.
- Carlson, David; Johnson, Charles; Lay, David; Cuane Porter, A.; Watkins, Ann; Watkins, William (editores), (1997): Resources for teaching Linear Algebra, MAA Notes, Vol. 42, [] Mathematica Association of America.
- Carlson, David; Johnson, Charles; Lay, David; Porter, A. Duane, and (Jan., 1993): The Linear Algebra Curriculum Study Group Recommendations for the First Course in Linear Algebra. The College Mathematics Journal, Vol. 24, No. 1, pp. 41-46 Published by: Mathematical Association of America Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2686430> Accessed: 04/11/2008 02:17
- Dikovic, Ljubica (2007): Interactive Learning and Teaching of Linear Algebra by WEB Technologies: Some Examples, The Teaching of Mathematics 2007, Vol. X, 2, pp. 109–116.
- Dorier, Jean Luc (editor), (2002): On the Teaching of Linear Algebra, [] Mathematics Education Library – Vol. 23, [] Kluwer.
- Gershon (1999): Student's understanding of proofs: a historical analysis and implications for the teaching of geometry and linear algebra en [] Linear Algebra and its applications, 302-303, 601-613, [] Elsevier.
- Harel, Guershon; Sowder, Larry (1998): Students's proofs schemes: results from exploratory Studies; en [] CBMS Issues in Mathematics Education – Vol. 7 [].
- Peg-Foo, Siew (2003): Flexible on-line assessment and feedback for teaching linear algebra, International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, Volume 34, Issue 1, 43–51, []
- Sierpinska, Anna; Nnadozie, Alfred & Asuman, Okta (2002): A study of relationships between theoretical thinkings and high achievement in linear algebra, [] Concordia University.

## Contenidos

- Anton, Howard (2000): Introducción al Algebra Lineal. México, Limusa.
- Day, Jane y Kalman, Dan (1999): Teaching Linear Algebra: What are the Questions? Consultado el 17/12/12 de: <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/60/42>

- Dorier, Jean Luc (editor) (2002): On the teaching of Linear Algebra, Mathematics Education Library, Volume 23, [] Kluwer Academic Publishers.
- Dubinsky, Ed (1997): Some thoughts on a first course in Linear Algebra at the Collage Level en Carlson, David, Johnson, Charles R, Lay, David C., Porter, A. Duane, Watkins, Ann y Watkins, William (editores) Resources for Teaching Linear Algebra, [] The Mathematical Association of America.
- Grossman, Stanley (1988): Aplicaciones de Algebra Lineal. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Harel, Herson (1997): The Linear Algebra Currículo Study Group Recommendations: Moving beyond concept definition en Carlson, David, Johnson, Charles R, Lay, David C., Porter, A. Duane, Watkins, Ann y Watkins, William (editores) Resources for Teaching Linear Algebra, [], The Mathematical Association of America.
- Kozak, Ana María (2007): Nociones de geometría analítica y álgebra lineal. Buenos Aires: Mc Graw-Hill/ Interamericana Editores.
- Nakos, George; Joyner, David (1988): Algebra Lineal con Aplicaciones. México: International Thomson Editores.
- Poole, David (2004): Algebra lineal. Una introducción moderna. México: International Thomson Editores.
- Uhlig, Frank (2002): A New unified, balanced, and conceptual approach to Teaching Linear Algebra consultado el 17/12/12 de <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/57/54> .
- Uhlig, Frank (2010): Questions about Teaching, Teaching Mathematics and Teaching Linear Algebra, consultado el 17/12/12 de <http://matrix.skku.ac.kr/ilas/2010-ILAS-Edu/FUhligh-ILAS-2010.pdf>

## **Análisis de errores.**

- Caronia, S.; Zoppi, A. N.; Polasek, M.; Rivero, M.; Schwieters, H. (2006). Los conocimientos matemáticos en el umbral de la universidad. Premisa - Año 8 - N° 30, 13-23, [].
- Del Puerto, S.; Minnaard, C., y Seminara, S. (2004-2005): Errores en el aprendizaje de las Matemáticas, Elementos de Matemática, 1ª parte: 19 (74), pp. 5-18, 2ª parte: 19(75), pp. 17-32. Buenos Aires: Universidad CAECE.
- Rico, L. (1995): Errores y dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas, en Kilpatrik, J.; Gómez, P, y Rico, L.: Educación Matemática cap. 3. pp. 69-108. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

- Socas, M. (2007). Dificultades y errores en el aprendizaje de las matemáticas. Análisis desde el enfoque lógico semiótico, en [] Investigación de Educación Matemática XI. Pp. 19-52. []
- Vera, L.; Volta L. Análisis de errores en evaluaciones de suficiencia. Ingreso a la Universidad Nacional de Quilmes. Eje lógico matemático departamento de Ciencia y Tecnología. En II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. La Plata: UNPL - FAHCE

## Aplicaciones

- Edwards C. H.; Penney, David (1996): Cálculo con Geometría Analítica, México, Prentice Hall Hispanoamericana.
- González, Rafael; Woods, Richard (1996): Tratamiento digital de Imágenes, [] Addison-Wesley.
- Kolman, Bernard (2002): Algebra Lineal con Aplicaciones y Matlab. [] Editorial Prentice Hall.
- Kraus, John; Fleisch, Daniel (2000): Electromagnetismo con aplicaciones. México: McGraw Hill.
- Lay, David (1999): Algebra Lineal y sus Aplicaciones. México: Addison Wesley-Longman.
- Lindner, Douglas K (1999): Introduction to Signals and Systems. [] McGraw Hill Higher Education.
- Sanz, Paloma et al (1998) Problemas de Algebra Lineal: Cuestiones, Ejercicios y tratamiento en Derive. Un enfoque práctico. Madrid: Prentice Hall.
- Sears, Francis; Zemansky, Mark; Young, Hugh (2005): Física Universitaria. México: Pearson.
- Thomas, George; Finney, Ross (1987): Cálculo con Geometría Analítica. Vol. II. México: Addison-Wesley Iberoamericana.

## Herramientas informáticas

- Dikovic, Ljubica (2007): Interactive learning and teaching of linear algebra by web technologies: some examples. En The teaching of mathematics, 2007, Vol. X, 2, pp. 109–116 [].
- Hill, David (2009): Teaching Introductory Linear Algebra Incorporating MATLAB. Philadelphia: Temple University Press.

- Hogben, Leslie (2007): Teaching Linear Algebra: Technology and Resources, 3rd University Mathematics Courses Forum, [] Chengdu, China.
- Huibin, Wu (2004): Computer aided teaching in Linear Algebra, The China Papers, School of Science. Beijing: Institute of Technology.
- Ortega Pulido, Pedro (2002): Una estrategia didáctica para la enseñanza del Álgebra lineal con el uso del sistema de cálculo algebraico DERIVE, Revista Complutense de Educación Vol. 13 N° 2 (2002) 645-675. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Vílchez Quesada, Enrique (2008): Material educativo computarizado para la enseñanza del álgebra lineal utilizando MATHEMATICA. Costa Rica: Universidad Nacional.
- Xiaoxu, Han (2009): Teaching Elementary Linear Algebra Using Matlab: An Initial Investigation, en [] The Scholarship of Teaching and Learning at EMU, Volume 2 Making Learning Visible Article 9, disponible [] en: <http://commons.emich.edu/sotl/vol2/iss1/9>

## Pre Diseño Curricular

- Kolman, Bernard; Hill, Davis (2006): Algebra Lineal. México, Pearson Educación.
- Lay, David (1999): Algebra Lineal y sus Aplicaciones. México: Addison Wesley-Longman.
- Lay, David; Mc Donald, Judith (2012): Study Guide of Linear Algebra and Its Applications [] Pearson Addison-Wesley.
- Meyer, Carl (2000): Matrix Analysis and Applied Linear Algebra, [] SIAM -Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Nakos, George; Joyner, David (1999): Algebra Lineal con Aplicaciones. México: International Thomson Editores.
- Shores, Thomas (2007): Applied linear Algebra and Matrix Analysis, [] Springer Science Business Media.
- Strang, Gilbert (2007): Algebra Lineal y sus aplicaciones. México: International Thomson Editores.
- Uhlig, Frank (2002): Transform Linear Algebra. [] Prentice Hall.
- Williams, Gareth (2002): Algebra Lineal con aplicaciones. México: Mc Graw-Hill, Interamericana Editores.



# MATEMÁTICA DISCRETA PARA INGENIERÍA: NUEVOS DESAFÍOS

*Marcela Bellani  
Teresa Fernández  
Ma. Liliana Mazzi*

## Introducción

A partir del 2009 se inició un nuevo plan de estudios en la UNLaM en el cual Matemática Discreta pasó a formar parte del ciclo general de conocimientos básicos correspondiente al área de tecnologías básicas de las carreras de ingeniería electrónica, industrial e informática y posteriormente se incorporó ingeniería civil.

La misma es una asignatura del primer nivel de los diseños curriculares de las carreras mencionadas habiendo sido en el plan anterior materia de segundo año.

En el marco del PEICB UNLaM y tras varias reuniones realizadas entre distintas asignaturas, para lograr la articulación de las mismas, surgió la importancia de la integración entre Matemática Discreta y Programación. Convenido eso y respetando lo conversado, se realizó un análisis de los contenidos del plan 2009 de Matemática Discreta y Elementos de Programación como también de las materias horizontales de primer año y sus correlativas.

Se estudiaron secuencias alternativas de contenidos para el estudio de la materia a fin de disminuir la deserción que se registra a partir de las primeras clases al comenzar con los fundamentos del razonamiento matemático y se indagaron modificaciones que favorezcan el ingreso al estudio de la misma.

Para la selección de contenidos se tuvo en cuenta a las materias horizontales como Álgebra y TIC con el fin de no reiterar contenidos y de satisfacer requerimientos conceptuales básicos de las materias correlati-

vas los contenidos mínimos requeridos para la acreditación los cuales de acuerdo a la resolución 786\_09 folio 337 consisten en: lógica simbólica estructuras Discretas Álgebra de Boole y sistemas de numeración. La carga horaria es un factor determinante para la selección de los contenidos máxime con 4 horas semanales y distinguiendo que Matemática Discreta es la base matemática para programación.

Si bien Matemática Discreta es la que proporciona los contenidos matemáticos necesarios para la comprensión, aplicación y resolución de problemas vinculados con las Ciencias de la Computación y la informática debido a las diferentes especialidades de los estudiantes se insistió en el carácter formativo e instrumental de la Matemática para un ingeniero. Entendemos que la matemática es el lenguaje de las ingenierías ya que todo lo que se formula en ingeniería se puede expresar a través de simbología matemática.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se planteó una nueva propuesta que consistió en un cambio en la secuencia organización y modalidad de presentación de los contenidos para favorecer la motivación de los estudiantes su actitud frente al estudio y sus posibilidades de aprendizaje. Esto implicó realizar tanto modificaciones curriculares como modificaciones metodológicas.

## DESARROLLO

### Modificaciones Curriculares

No se pretende dar una visión exhaustiva de la Matemática Discreta, sino más bien mostrar sus fundamentos básicos a partir de los lenguajes formales.

- Considerando a Matemática Discreta como la base matemática para programación, se seleccionaron aquellos contenidos que permitan desarrollar en los estudiantes el pensamiento algorítmico, el razonamiento lógico y la formalización de soluciones.
- Se priorizaron temas tales como conjuntos, relaciones, permutaciones, grafos, árboles, lenguajes formales y autómatas finitos.
- Se utilizó a la “Teoría de los lenguajes formales” como eje conductor ejemplificando con la Teoría de conjuntos los Lenguajes



regulares y Lógica dejando la formalización y argumentación de los conceptos al final de la materia.

- Se incluyó para cada tema una aplicación práctica mostrando como los contenidos teóricos desarrollados en esa unidad se aplican en problemas ingenieriles , estableciendo de esta forma las bases matemáticas para la resolución de problemas inherentes con el fin de que los estudiantes encuentren sentido a la asignatura, entiendan porqué se le imparte, y cómo y dónde lo aplicará.

## **Modificaciones metodológicas**

Se combinaron las clases teóricoprácticas tradicionales expositivas y dialogadas con clases de prácticas activas en las cuales el estudiante se involucró en una actividad específica.

En las clases de prácticas activas el estudiante realizó una actividad previamente planificada respecto a temas anteriormente desarrollados en las clases teóricoprácticas agrupándose de a dos, tres o como máximo cuatro estudiantes. Las actividades consistieron en: ejercicios problemas verdaderos o falsos juegos de ingenio y problemas de pensamiento lateral.

Todas se desarrollaron en el aula y los estudiantes debieron entregar el trabajo desarrollado al finalizar las mismas para su valoración.

También se pidió la entrega de aplicaciones prácticas no desarrolladas en las clases teóricoprácticas para fomentar el empleo de recursos didácticos tradicionales (por ejemplo, libros de texto como ser el libro guía Matemática Discreta y sus aplicaciones de Kenneth Rosen quinta edición) e internet como alternativas de autoaprendizaje.

- Las clases se alternaron entre clases teóricoprácticas tradicionales y clases de prácticas activas.
- Para las aplicaciones prácticas y las clases de prácticas activas se utilizaron metodologías activas de enseñanza como ser: trabajo cooperativo ABP miniproyectos de investigación.

Se apuntó, en definitiva, a la búsqueda permanente de la motivación, ofreciendo al estudiante la oportunidad de involucrarse en actividades que le resulten interesantes, significativas y accesibles a sus habilidades y que le permitan obtener una visión trascendente acerca de su desempeño profesional.

La meta central fue lograr una mejor comprensión y rendimiento de los estudiantes, que provocara un mayor porcentaje de aprobados y disminución del índice de ausentismo.

## Implementación

La implementación se ejecutó en dos etapas y con la totalidad de los docentes de la cátedra para todos los cursos por igual.

En la primera etapa, que se llevó a cabo durante el 1<sup>er</sup> cuatrimestre del 2013, sólo se desarrollaron las clases de prácticas activas manteniendo la secuencia de contenidos tradicional.

Las actividades en clase fueron en total dos pues el tiempo que se empleó para su desarrollo en clase superó ampliamente el tiempo estimado (15 minutos).

En los cursos del turno mañana y tarde se desarrollaron las actividades durante los últimos 15 minutos de clase y en los primeros 15 minutos de clase para el turno noche organizando a los estudiantes en grupos de 4 o 5 para la realización de las mismas.

Los contenidos teóricos de las actividades fueron impartidos por el docente del curso, la clase anterior a la actividad. Cabe señalar que las actividades fueron programadas dentro del cronograma de clases que fue puesto en conocimiento a los alumnos al inicio del cuatrimestre.

1 <sup>er</sup> Cuatrimestre2013		
Nº de actividad	Tema	Cronograma
1	“EjercitaciónConjuntos”	Clase nº 2
2	“ABPClausuras”	Clase nº 8

Tabla 1. Fuente: Elaboración propia

Luego de la entrega, los docentes designados para la corrección, devolvieron la actividad a los grupos de alumnos con la evaluación realizada por objetivos.

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos en el primer cuatrimestre de 2013 comparados con los resultados del primer cuatrimestre del 2012 y 2011 de la cantidad de alumnos aprobados con 4 o más, reprobados y ausentes respecto del total de alumnos formalmente inscriptos.

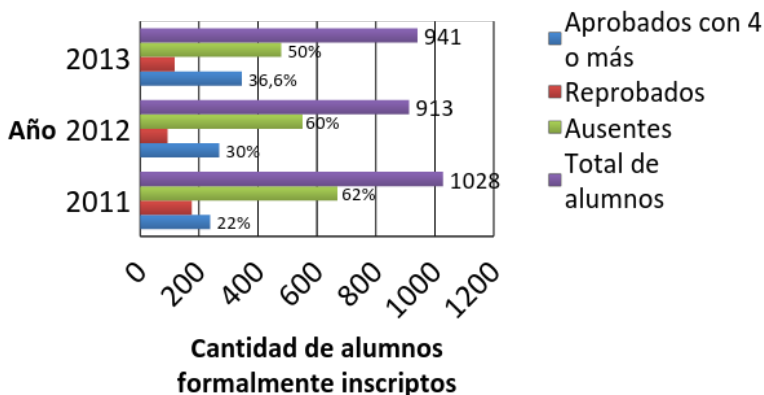


Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 1 pueden verse las variaciones entre los años 2011 y 2013, observando que en 2011 se inscribieron en Matemática Discreta 1000 alumnos, 900 en 2012 y en 2013.

También se sacaron las siguientes conclusiones:

- Disminuyó gradualmente el porcentaje de ausentismo respecto al total de alumnos formalmente inscritos en la materia.

Año	% de Ausentismo respecto al total de alumnos formalmente inscritos
2011	62
2012	60
2013	50

Tabla N°2. Fuente: elaboración propia

- Aumentó gradualmente el porcentaje de aprobados con 4 o más respecto al total de alumnos formalmente inscritos en la materia.

Año	% de aprobados con 4 o más respecto al total de alumnos formalmente inscritos
2011	22
2012	30
2013	36,6

Tabla N°3. Fuente: elaboración propia

En la segunda etapa, que se desarrolló durante el 2<sup>do</sup> cuatrimestre del 2013, se efectuó el cambio en la secuencia de contenidos a desarrollar y se continuó con las actividades en clase a partir de metodologías activas de aprendizaje.

Se llevaron a cabo tres actividades, de las cuales dos se realizaron en clase, conjuntos y relaciones correspondiendo a temas teóricos dados en la clase anterior, de la misma forma que se hizo en el cuatrimestre anterior.

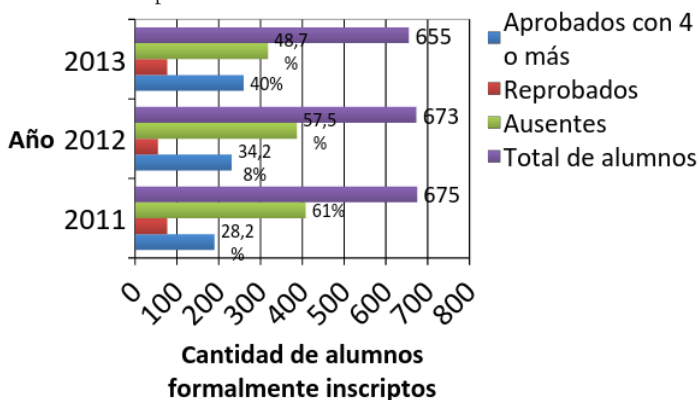
La tercera actividad consistió en un trabajo de investigación sobre coloración de grafos (Aplicación Práctica) con fecha de vencimiento de entrega a los quince días por su complejidad.

2doCuatrimestre		
N° de actividad	Tema	Cronograma
1	“Conjuntos”	Clase n° 2
2	“Relaciones”	Clase n° 4
3	“Coloración de grafos”	Clase n° 9

Tabla N°4. Fuente: elaboración propia

Al igual que en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre las actividades fueron programadas dentro del cronograma de clases que fue puesto en conocimiento a los alumnos al inicio del cuatrimestre.

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos en el segundo cuatrimestre de 2013 comparados con los resultados del segundo cuatrimestre del 2012 y 2011 de la cantidad de alumnos aprobados con 4 o más, cursados, reprobados y ausentes respecto del total de alumnos formalmente inscriptos.



De la gráfica se concluyó que:

- Disminuyó gradualmente el porcentaje de ausentismo respecto al total de alumnos formalmente inscriptos en la materia.

Año	% de Ausentismo respecto al total de alumnos formalmente inscriptos
2011	61
2012	57,5
2013	48,7

Tabla N°5. Fuente: elaboración propia.

- Aumentó gradualmente el porcentaje de aprobados con 4 o más respecto al total de alumnos formalmente inscriptos en la materia

Año	% de aprobados con 4 o más respecto al total de alumnos formalmente inscriptos
2011	28,2
2012	34,28
2013	40

Tabla N°6. Fuente: elaboración propia.

Los resultados del 2<sup>do</sup> cuatrimestre son siempre mejores que los del 1<sup>er</sup> cuatrimestre ya que en general los estudiantes se adaptan al ritmo de cursado universitario luego del 1<sup>er</sup> cuatrimestre.

Acompañando el cambio en la secuencia de contenidos se hizo un nuevo material didáctico que reemplazó a la tradicional guía de trabajos prácticos. Los cuadernillos de cada unidad temática son teórico prácticos con la finalidad de reforzar el trabajo integral que se debe dar en el aula donde cada contenido teórico que imparte el docente es acompañado por la aplicación práctica que ayuda al alumno a entender y asimilar los conceptos formales. Estos cuadernillos contienen teoría, ejercicios, aplicaciones, lecturas complementarias, algoritmos que permitan resaltar y justificar la selección del contenido teórico.

## Seguimiento /evaluación de la propuesta

Fue fundamental saber cuál era la actitud y opinión de los alumnos y los docentes frente a las actividades en clase para mejorarlas y/ o cambiarlas y ajustar los tiempos teniendo en cuenta que la materia tiene cuatro horas semanales.

Para esto se realizaron encuestas anónimas sobre las clases de Prácticas activas a los alumnos y a los docentes.

La encuesta para los alumnos reveló que:

- Los contenidos de las actividades fueron acordes a los temas y /o prácticas desarrolladas en clase.
- Un 22 % de los alumnos encuestados consideró que el trabajo en grupo no les ayudó a resolver la actividad.
- Un porcentaje muy alto reconocieron que resolver actividades en clase ayudan a estudiar y entender la asignatura.
- Los estudiantes concordaron en alternar clases tradicionales con clases con metodologías activas en un 71%.

La encuesta para los docentes reveló que:

- El plantel docente de la cátedra consideró importante el desarrollo de las actividades en clase.
- Con respecto a la frecuencia, algunos plantearon realizar una por cada unidad.
- Algunos docentes de la cátedra sostuvieron que las actividades son convenientes para los recursantes y no para los ingresantes para los cuales propusieron clases tradicionales.
- Recalaron el factor tiempo planteando la necesidad de repensar el cronograma de clases.

De la observación de las clases de prácticas activas surgió que:

- El alumnado trabajó entusiastamente en ellas. Cabe aclarar que en el caso de ingresantes lo hicieron de manera ruidosa e inmediatamente formaron grupos mientras que los cursos de recursantes fueron más silenciosos y renuentes a formar grupo prefirieron entregar el trabajo de manera individual.
- Un aspecto negativo de la ejecución de actividades en clase es que se necesitó mayor tiempo del planificado para lograr alcanzar

todos los contenidos mínimos. Por ese motivo muchas clases se prolongaron más del tiempo correspondiente se disminuyó en 10 minutos el tiempo de recreo o bien se recuperó durante las clases de resolución de problemas.

## Mejoras

Durante el 2014 se llevaron a cabo los siguientes progresos:

- Se rediseñaron las actividades para optimizar los tiempos de desarrollo y de corrección.
- La secuencia nueva de contenidos facilitó la comprensión de la asignatura, por lo que se repitió la experiencia para el nuevo ciclo lectivo.
- Se mejoró el material didáctico agregando más ejemplos y ejercicios resueltos.
- Se planificaron siete actividades en clase correspondientes a cada una de las unidades temáticas.

## Conclusiones

La aplicación de esta nueva propuesta arrojó resultados muy similares para el ciclo lectivo 2013 y 2014. Se logró un 39% de aprobados con más de 4 un 51% de ausentes y un 10% de reprobados en el año lectivo 2014.

El tipo de metodología utilizada aportó clases más dinámicas, con una mayor interacción docentealumno. Esto lo demostró el interés de la clase al realizar las diferentes actividades áulicas. En estas clases se siguió el método del aprendizaje cooperativo el ABP y la redacción de mini proyectos de investigación mostrándole al estudiante posibles áreas de estudio futuro.

Son clases con herramientas y aplicaciones para ejercer los conocimientos adquiridos y usarlos en entornos reales. Se pretendió construir conocimiento a través de la interacción y la actividad de los estudiantes y hacer que aprendan interactuando con sus compañeros. Se realizaron frecuentemente ejercicios con entrega individual y autocontrol y/o control cruzado entre estudiantes. Estas clases de metodologías activas, surtieron mejor resultado en comisiones de alumnos recursantes, en tanto que en las comisiones de alumnos ingresantes, el mismo fue de menor intensidad.

En relación con los temas donde no se aplican estas metodologías, se obtuvo una mejor respuesta de los alumnos.

La renovación del material teórico, fue recibida muy bien tanto por el plantel docente como por los alumnos, los cuales lograron seguir las clases en el caso de haberse ausentado. Los estudiantes ponderaron la claridad de las explicaciones de los nuevos apuntes y la ayuda que les proporcionan los ejercicios resueltos.

Esta propuesta se presentó en el Congreso “Compumat2013” que se llevó a cabo en la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCI, La Habana, Cuba entre el 25 y 29 de noviembre de 2013.



## Bibliografía

- Artigue, M., Douady, R., Moreno, L. (2003): Ingeniería didáctica en educación matemática un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Bain, Ken (2007): Lo que hacen los mejores profesores universitarios, Barcelona: Universidad de Valencia.
- Brousseau, G. (1983): Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. [] *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 2(3), 303346 [].
- Giné, N Parcerisa, A Quinquer, D. Llena M. París, E. (2006): Planificación y análisis de la práctica educativa. La secuencia formativa: fundamentos y aplicación. Barcelona: Editorial Graó.
- Guzmán, M. (1989): Tendencias actuales de la enseñanza de la matemática. *Studia Paedagogica. Revista de Ciencias de la Educación*, 21,1926 []
- Matoušek, J. y Nesetril, J. (2008): Invitación a la matemática discreta. Madrid: Reverte.
- Rosen, Kenneth H. (2012). *Discrete Mathematics and Its Applications*. [] McGrawHill College.



# CAPÍTULO 3

## LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN EN INGENIERÍA

### APRENDER ENTRE PARES A TRAVÉS DE E-GROUP EN LA UNIVERSIDAD. ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA

*Luis López  
Renata Guatelli  
Verónica Aubin*

#### Agradecimientos

A las autoridades del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM, por los cambios puestos en marcha durante estos últimos años. A Marcela Imperiale, Fabiana Grinsztajn y Leticia Tomás por sus sugerencias y comentarios.

#### Introducción

El escenario actual de la educación superior requiere cambiar la idea de la educación tradicional, donde el educador es el que sabe y el educando recibe todos los conocimientos del educador sin participar en el proceso, a una educación centrada en el discente y su aprendizaje, donde el estudiante debe asumir un papel más activo y responsable de su proceso formativo según indica García González, J. L. y García Ruíz, R. (2012). El docente debe ser más un guía que facilite el aprendizaje apoyándose en diferentes recursos.

La educación tradicional se refiere a la realidad como algo estático, detenido, dividido, con contenidos totalmente ajenos al educando. Los estudiantes desarrollarán menos la conciencia crítica cuanto más se les imponga pasividad, tanto más tenderán a adaptarse al mundo en vez de

transformarlo. Se estimula así su ingenuidad y no su criticidad tal como expresa P. Freire (1970).

Scagnoli (2006) expresa que el aprendizaje colaborativo es la instancia de aprendizaje que se concreta mediante la participación de dos o más individuos en la búsqueda de información, o en la exploración tendiente a lograr una mejor comprensión o entendimiento compartido de un concepto, problema o situación.

La colaboración en las aulas no es algo nuevo, Vigotsky en 1988, afirmaba que los procesos evolutivos internos son capaces de operar sólo cuando el sujeto está en interacción con las personas de su entorno y en cooperación con algún semejante.

La innovación esta dada por el soporte tecnológico para implementar la colaboración. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) dieron las bases para el desarrollo de las herramientas utilizadas para sustentar los entornos virtuales de aprendizaje, en especial la Web 2.0, la cual se caracteriza por fomentar la interactividad, colaboración, creación e intercambio de información entre los usuarios.

La presencia generalizada de las computadoras en nuestras vidas, con dispositivos cada vez más pequeños portátiles e interconectados hacen posible que cualquier persona pueda producir y diseminar información, de modo que el aprendizaje puede tener lugar “en cualquier momento y en cualquier lugar”. Se trata de una cultura en la que la distinción entre escritores y lectores, creadores y consumidores, es cada vez más difusa tal como afirma Cope, B., Kalantzis, M. (2009)

Según expresa Dussel, I. (2010) “El docente es el que propone nuevos usos para estas tecnologías mostrando que las mismas permiten crear nuevos vínculos con el conocimiento, a través de experiencias diversas y variados puntos de vista que amplíen el universo cultural de los estudiantes”.

El uso pedagógico de estas aplicaciones puede ser muy potente para llevar adelante actividades colaborativas en el aula, sin el condicionamiento de tiempo y espacio que exige la enseñanza presencial. En los procesos de enseñanza y aprendizaje on-line un grupo se reúne en el mismo entorno electrónico en un proceso de colaboración mutua. Los propios estudiantes son los protagonistas de su proceso de aprendizaje y los que regulan su propio ritmo de trabajo (Duart, J. M., Sangrà, A., 2000)

La cooperación en los contextos educativos virtuales no se da naturalmente, exige un proceso de construcción donde cada uno de los

integrantes del grupo aporta a éste conocimientos, modos de aprender, reelaboración de conceptos, lo que implica aprender con otros.

Desde la materia Programación II y en el marco del Proyecto Estratégico de Ingeniería para las Ciencias Básicas (PEICB) de la Universidad Nacional de La Matanza se inició un proceso de mejora de la enseñanza de la Programación centrado en el aprender entre pares a través de e-group.

Debido al carácter mayoritariamente práctico de la materia, la cátedra de Programación incrementó las horas de práctica en máquina, gracias a que le fueron asignadas más horas de laboratorio, esto favoreció la adquisición de competencias tales como planteamiento y desarrollo de ejercicios prácticos, analizar hipótesis, desarrollar la capacidad de razonamiento crítico y comprensión tanto de los problemas, como de los métodos de resolución planteados.

También modificó la forma de las evaluaciones, las cuales actualmente se desarrollan en laboratorios.

En el presente trabajo se describe la experiencia realizada en un curso piloto, basada en la implementación de metodologías activas con el soporte de la Web 2.0.

Lo que motivó esta experiencia fue mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, promoviendo la consolidación de aprendizajes de calidad y la participación de los mismos para convertirlos en protagonistas del proceso formativo de su propio aprendizaje. Los resultados obtenidos a partir de la incorporación de un e-group a las metodologías del trabajo en el aula marcaron una significativa relación entre la participación en el grupo y las mejoras en el rendimiento académico.

Esta forma de trabajo permitió a los alumnos crear su propio recorrido de aprendizaje, lo cual favoreció la apropiación de conocimientos en un proceso común, gracias al desarrollo de la inteligencia colectiva, que conduce a una movilización efectiva de las competencias.

El logro de esta experiencia demostró ser favorable, lo que lleva a pensar en extender la aplicación de esta metodología.

## **Metodología**

Esta experiencia forma parte del Proyecto Institucional de la UNLaM, PEICB, que abarca todas las materias de las ciencias básicas de las carreras de ingeniería de dicha Universidad, enmarcado dentro Plan Estratégico

de Formación de Ingenieros 2012/2016 lanzado por el Ministerio de Educación de la Nación Argentina.

Esta metodología se aplicó en un curso de verano de Programación, materia de segundo año de la carrera de Ingeniería en informática de la UNLaM. Los cursos de verano de esta asignatura, tienen una duración de 7 semanas, cada una con una carga horaria de 22 horas, concurriendo a clases de lunes a sábados. La distribución es de 20 horas dedicadas a la programación en lenguaje C y 2 horas destinadas a un Taller de Programación de Calificación Profesional. Las comparaciones<sup>18</sup> se establecen con un curso de la misma cátedra y características en el que se aplicó una metodología tradicional. Las evaluaciones tomadas fueron de un nivel similar en ambos cursos.

Una característica importante de los cursos de verano es que a pesar de tener la misma carga horaria que un curso dictado en modalidad cuatrimestral, el tiempo de asimilación de los contenidos es mucho menor, lo que implica que el compromiso de los estudiantes debe ser mayor, dado que el tiempo entre clases se reduce a horas. El curso se desarrolla con metodologías activas, en especial con aprendizaje basado en problemas diseñados especialmente por el cuerpo docente de forma que cubran la currícula de asignaturas y las necesidades del grupo particular.

La situación observada después de que los alumnos rindieran el primer parcial con resultados poco satisfactorios motivó a los docentes a buscar nuevas estrategias dentro de las metodologías activas, para aumentar la motivación, comunicación y participación de los estudiantes, con el fin de lograr un mejor rendimiento académico según indica Harris, J. (2007). Así surgió la creación de un grupo en Internet para que los estudiantes pudieran continuar trabajando en forma colaborativa con el proceso de aprendizaje, fuera del horario de clase.

La herramienta elegida fue un “grupo de Google” dado que brinda la posibilidad de compartir información, enlaces y documentos con listas de correos creadas previamente, de forma gratuita y de fácil acceso para todos los integrantes del curso.

El aprendizaje en grupo hace que los estudiantes funcionen como un equipo, donde es necesaria la participación directa y activa de todos los integrantes, que al igual que los alpinistas, citados por Johnson, los estudiantes escalan más fácilmente las cimas del aprendizaje cuando forman parte de un equipo cooperativo (Johnson, D.; Johnson, R. y Holubec, E,

<sup>18</sup> Curso con Met. Tradicional: Total de alumnos inscriptos 40 – Total de alumnos asientes 23. Curso con Met. Activa: Total de alumnos inscriptos 26 – Total de alumnos asientes 15

1999). En nuestro caso, más que un trabajo cooperativo planteamos un trabajo colaborativo, ya que el primero implica un ambiente cerrado y controlado, con reglas rígidas, definidas previamente donde el desarrollo personal está supeditado a los objetivos organizacionales, mientras que el segundo tiene un ambiente abierto, libre, que estimula la creatividad y la motivación está supeditada al compromiso personal.

Las diferencias esenciales entre estos dos procesos de aprendizaje es que en el trabajo cooperativo es el profesor quien diseña y mantiene casi por completo el control en la estructura de interacciones y de los resultados que se han de obtener, mientras que en el colaborativo, los alumnos son quienes diseñan su estructura de interacciones y mantienen el control sobre las diferentes decisiones que repercuten en su aprendizaje (Panitz T, 2001)

Por estos conceptos planteados anteriormente, el grupo que se creó no fue liderado por los docentes lo que permitió que se generara un clima de empatía y confianza entre los participantes, y contribuyó a que los estudiantes se sintiesen cómodos para expresar sus ideas, revisar ciertos conceptos, analizar los códigos generados por sus compañeros. La diversidad de pensamientos de los integrantes del grupo, los distintos bagajes de conocimientos y experiencias, las distintas formas de resolver un mismo ejercicio es lo que enriquece al grupo favoreciendo el aprendizaje.

Este entorno de trabajo de coordinación sin jerarquía favorece la creación de inteligencia colectiva. La inteligencia colectiva parte del principio de que cada persona sabe sobre algo, por tanto nadie tiene el conocimiento absoluto. Es por ello que resulta fundamental la inclusión y la participación de los conocimientos de todos. Haciendo una analogía cada estudiante puede haber comprendido partes distintas del tema dado en clase; el trabajo y discusión en grupo les hará comprender el todo.

La participación del docente consistió en provocar situaciones a través de preguntas movilizadoras, crear consignas para proponer tareas abiertas que favorezcan la producción divergente de respuestas, brindar orientaciones, supervisar la tarea, hacer un seguimiento de la actividad del grupo y diseña las evaluaciones.

Esta forma de trabajo hace que los alumnos necesiten escribir, leer y hacer una revisión de código, siendo esta última una práctica que permite mejorar las cualidades de los alumnos como desarrolladores, mediante la discusión abierta de posibles mejoras a la solución planteada.

El concepto aprendizaje entre pares implica la valoración del conocimiento generado en la práctica cotidiana, que es experiencial y personi-

ficado y que tiene sentido para quienes lo han producido y utilizado. En el caso particular de la programación este concepto tiene sentido cuando un individuo analiza una situación problemática, diseña una solución según su punto de vista, genera un código, lo prueba y lo comparte con el grupo, tanto para mostrar una solución que él cree correcta, o para consultar sobre errores que no puede resolver. Esto pone en juego sus habilidades y competencias, las que se incrementan producto de esa interacción. En la interacción todos los participantes en el proceso de co-aprendizaje, potencian sus aprendizajes y estimulan procesos similares en los otros tal como indican Cerda Taverne, A. M. y López L. I.

## **Avances del Proyecto y Resultados obtenidos**

En esta sección mostramos los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología descripta, en el curso de verano de Programación de la UNLaM. Se establece una comparación entre los resultados obtenidos con otro curso de la misma cátedra dictado en el mismo período en el que se aplicó una metodología tradicional.

Las referencias de los gráficos siguientes son: Aprobaron (alumnos con notas entre 7 y 10), Cursaron (alumnos con notas entre 4 y menores que 7), Reprobaron (alumnos con notas inferiores que 4) y Ausentes.

En el gráfico 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos en el primer parcial. Gráfico 1 - curso con Metodología Activa. Gráfico 2 - curso con Metodología Tradicional.

En ambos cursos observamos la misma tasa, del 43%, de alumnos que se inscriben y que nunca asisten a las clases.



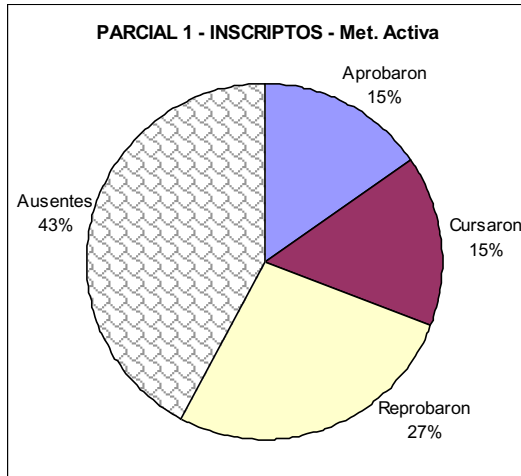


Gráfico 1 – Parcial 1 – Alumnos Inscriptos -Curso con Met. Activa

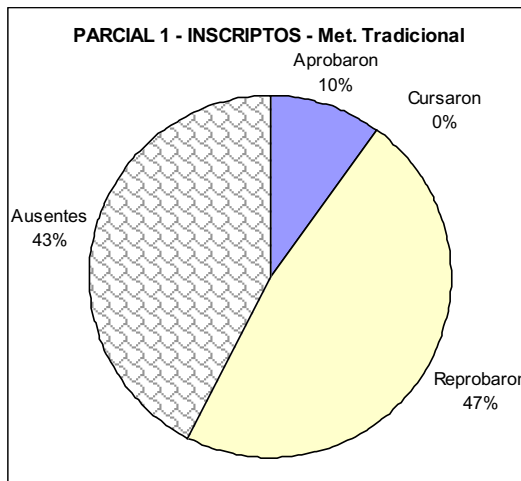


Gráfico 2 – Parcial 1 – Curso con Met. Tradicional

En los gráficos 3 y 4, se muestran los resultados obtenidos en el primer parcial calculando los porcentajes respecto de los alumnos asistentes al curso, no sobre la cantidad de inscriptos. De la comparación surge que las metodologías activas tienen un mayor porcentaje de alumnos con notas mayor o igual que cuatro.

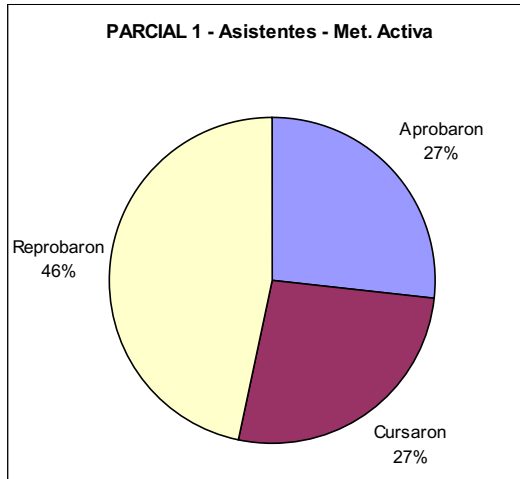


Gráfico 3 – Parcial 1 – Alumnos Asistentes – Met. Activa

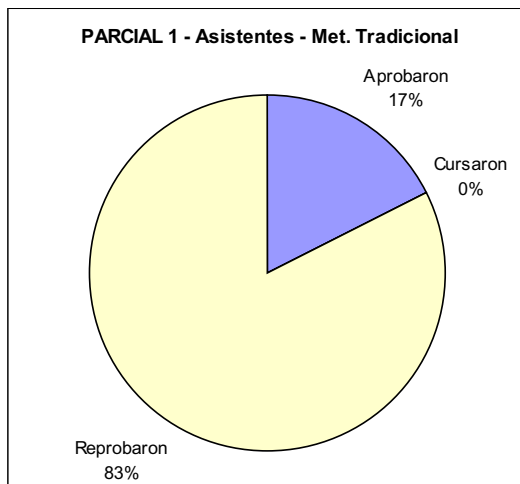


Gráfico 4 – Parcial 1 – Alumnos Asistentes – Met. Tradicional

En el curso de metodologías activas, después del primer parcial, con el objetivo de mejorar el rendimiento académico de los alumnos se implementó el uso del e-group. Los resultados obtenidos se muestran en el gráfico 5.

En el gráfico 6 se muestran los resultados del segundo parcial del curso dictado con metodologías tradicionales.

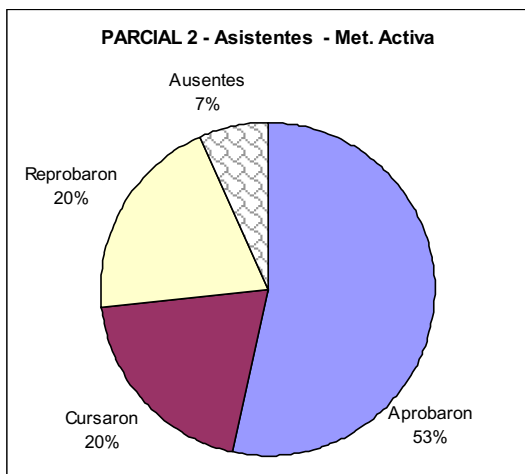


Gráfico 5 – Parcial 2 - Alumnos Asistentes – Met. Activas

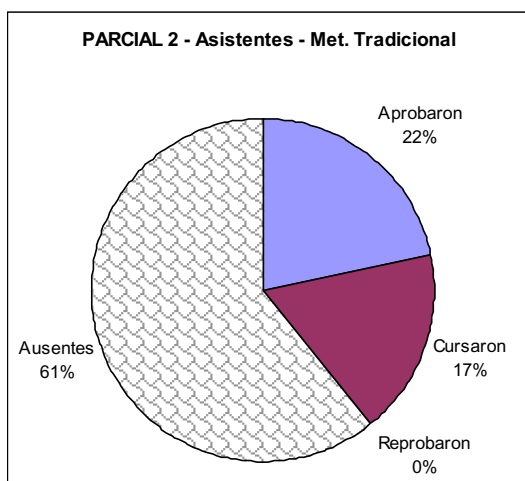


Gráfico 6 – Parcial 2 – Alumnos Asistentes – Met. Tradicional

La conjunción de las metodologías aplicadas permitió lograr mayor permanencia, se puede observar que solo hubo un 7% de deserción, mientras que en el curso donde se aplicaron las metodologías clásicas, la deserción fue mucho mayor, 61 %.

Obsérvese que los porcentajes presentados se calcularon con respecto a los alumnos que asistieron al curso.

Los gráficos 7 y 8 muestran la condición final de cada uno de los cursos, igual que en el caso anterior, los porcentajes sobre los alumnos que participaron de los mismos.

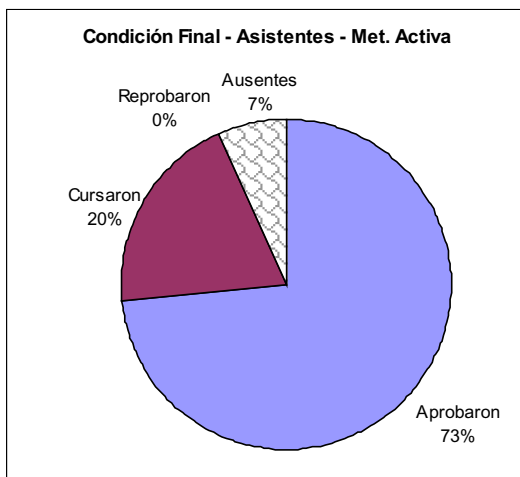


Gráfico 7 – Condición Final – Alumnos Asistentes – Met. Activas

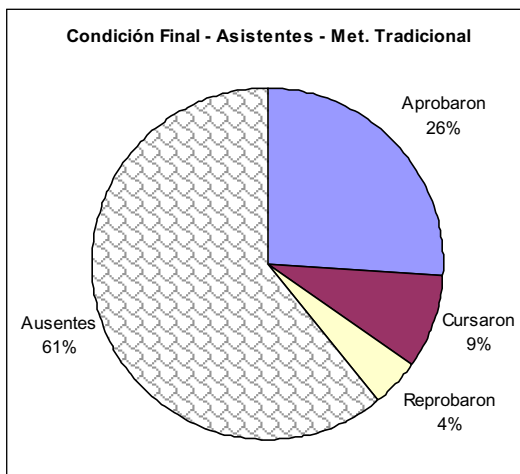


Gráfico 8 – Condición Final – Alumnos Asistentes – Met. Tradicional

Los gráficos 9 y 10 muestran la situación final de ambas comisiones, considerando al total de los alumnos inscriptos. Se puede notar que la deserción de alumnos con respecto a la situación inicial fue mínima y todos los alumnos lograron aprobar la materia.

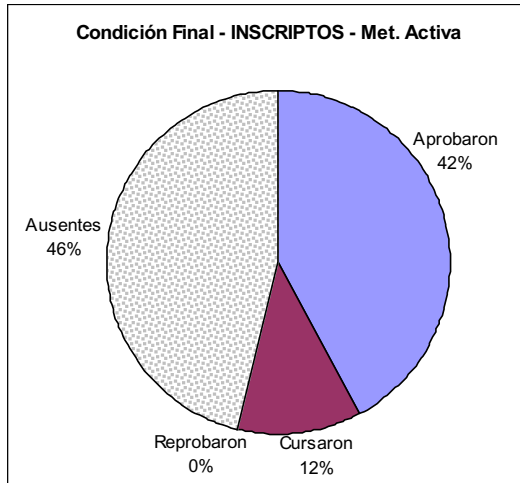


Gráfico 9 – Condición Final – Alumnos Inscriptos – Met. Activa

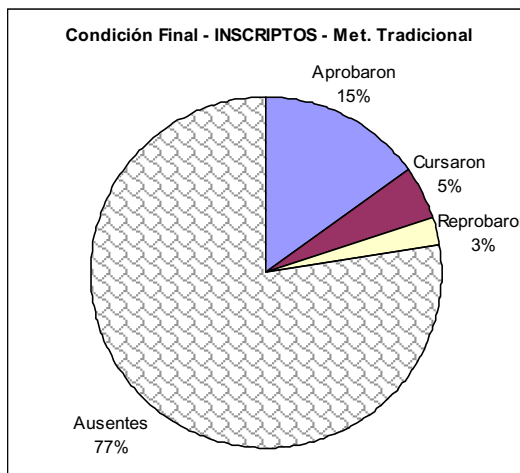


Gráfico 10 – Condición Final – Inscriptos – Met. Tradicional

En los siguientes gráficos vemos la evolución de las notas de los alumnos, según la participación en el grupo.

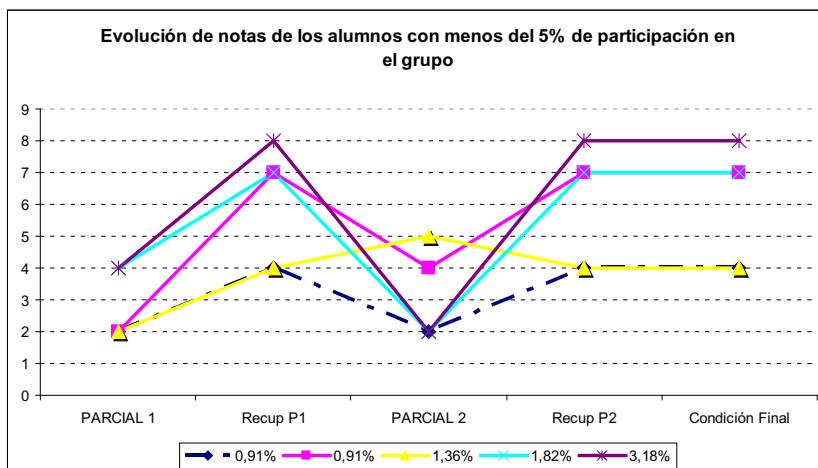


Gráfico 11 – Evolución de las notas de los alumnos con poca participación en el grupo.

El gráfico 11 muestra que los alumnos que tuvieron poca participación en el grupo, no pudieron aprobar los parciales, debiendo hacer uso de las instancias de recuperación para lograr la aprobación.

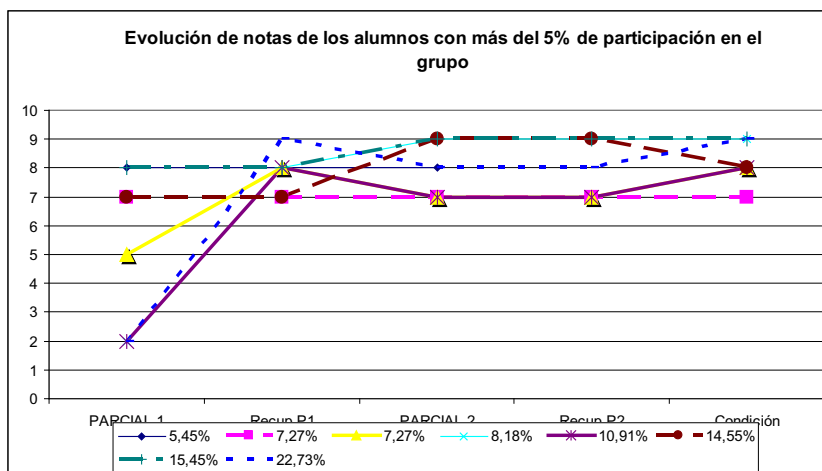


Gráfico 12 – Evolución de las notas de los alumnos que más participaron del grupo

Por el contrario en el gráfico 12 se ve que los alumnos que participaron del grupo lograron crear una conciencia de equipo, que les permitió

superar sus habilidades y competencias individuales, lo que se ve reflejado en la evolución de sus calificaciones.

## Discusión

En base a esta experiencia, se aborda una discusión que gira en torno al cambio de roles que deben asumir tanto los alumnos como los docentes. El uso de metodologías activas y del grupo on-line requieren que los estudiantes dejen de ser un agente pasivo, receptor de información, para convertirse en agentes activos, generadores de conocimiento en forma colaborativa. Este cambio en el rol del estudiante coincide con el observado en otras investigaciones, como la de Cascales, Real y Marcos (2011), en el sentido de haber aumentado la motivación, el dinamismo y la continuidad, en su caso a través de wikis.

El cambio de rol en el docente, radica en convertirse en dinamizador y guía del proceso de aprendizaje de sus estudiantes. Las TICs añaden más valor a la tarea del docente (Sigalés, 2004)

El éxito del aprendizaje colaborativo está relacionado con los progresos evolutivos en las “habilidades socio cognitivas” de los estudiantes, la interacción entre compañeros, como ámbito de aprendizaje, está relacionado con las destrezas y competencias que aportan los individuos al campo de la colaboración (Crook, 1998)

Esta metodología implica un cambio cultural en la comunidad educativa que involucra diferentes factores, la apertura de compartir el conocimiento de manera integral, la disposición de las instituciones para invertir en los recursos y tecnología necesarios, la disposición de los docentes para diseñar estrategias didácticas según expresa Rosenberg, M. J. (2001).

## Conclusión

Por las características de la muestra utilizada, los resultados no pueden generalizarse, pero marcan una tendencia favorable hacia el uso de metodologías activas y aprendizaje colaborativo con respecto a las metodologías tradicionales.

Las mejoras obtenidas en el rendimiento académico de los alumnos tuvieron una relación directamente proporcional a la participación en

el grupo on-line. Los resultados de aquellos alumnos que trabajaron en forma colaborativa, creando una inteligencia colectiva, mostraron un incremento en sus habilidades, superior a aquellos alumnos que trabajaron en forma individual.

La incorporación del e-group, como estrategia metodológica no afectó la asistencia de los alumnos al curso y aumentó la participación de los alumnos en clase.

El grupo resultó de gran utilidad también para los docentes como intermediarios críticos del conocimiento. Permitió detectar puntos débiles entre los alumnos, identificando fácilmente los temas que generaban mayor cantidad de dudas, pudiendo repasar los mismos en las clases presenciales.

Como consecuencia de la aplicación de la metodología planteada en este trabajo, podemos mencionar las siguientes ventajas para los alumnos:

- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo.
- Ser autodidactas y adquirir experiencias personales reforzando sus conocimientos.
- Considerar diferentes puntos de vista.
- Retroalimentar sus conocimientos gracias a la diversidad de ideas propuestas.
- Superarse individualmente.
- Encontrar con inmediatez respuesta a sus dudas.
- Enriquecimiento colectivo del proceso de aprendizaje.
- Eliminación de barreras espaciales y temporales.
- Gestión real del conocimiento: intercambiar ideas, opiniones, prácticas, experiencias.
- Aprender a desarrollar habilidades utilizando las diferentes herramientas en un entorno Web 2.0.
- Incrementar sus habilidades en la expresión escrita.

Los alumnos se vieron en la obligación de escribir, leer, inspeccionar código, generar lotes de prueba y pruebas de escritorio para evaluar las soluciones compartidas, dado que era la forma necesaria para comunicarse en el grupo. Esta situación los llevó a aumentar las competencias específicas de la asignatura. Bruner (1998) sostiene que estos métodos de aprendizaje en colaboración mejoran las estrategias para resolver problemas ya que los estudiantes son confrontados con diferentes interpretaciones de una situación dada. Creemos que esto fue la base del cambio en el rendimiento académico de los alumnos.



Concluimos que la utilización de un grupo on-line les permitió descubrir, tanto a alumnos como docentes, una nueva forma de trabajar y aprender que contribuyó a mejorar la motivación, a disminuir sensiblemente la deserción de quienes comienzan la cursada y aumentar la tasa de aprobados al final del curso.

## Bibliografía

- Bruner, J. S. (1988): Desarrollo cognitivo y educación. Ediciones Morata.
- Cascales Martínez, A., Real García J. J., Benedicto M. B. (2011): Las redes sociales en Internet. EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 38 / Diciembre 2011.
- Cerda Taverne, A. M. y López L. I. []: El grupo de aprendizaje entre pares una posibilidad de favorecer el cambio de la prácticas. []
- Cope, B., Kalantzis, M. (2009): Ubiquitous Learning. Exploring the anywhere/anytime possibilities for learning in the age of digital media. University of Illinois Press.
- Crook, C. (1998): Ordenadores y aprendizaje colaborativo. Vol. 33. Ediciones Morata.
- Duart, J. M., Sangrà, A. (2000): Formación universitaria por medio de la Web: un modelo integrador para el aprendizaje superior. Aprender en la Virtualidad. 23-49.
- Dussel, I. (2010): La escuela y los nuevos medios digitales. Notas para pensar las relaciones con el saber en la era digital. Buenos Aires: Sangari.
- Freire, P., Mellado, J. (1970): Pedagogía del oprimido. []
- García González, J. L. y García Ruíz, R. (2012): Aprender entre iguales con herramientas Web 2.0 y Twitter en la universidad. Análisis de un caso. EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 40 / Junio 2012.
- Harris, J. (2007): Promising practices: the pragmatics of educational telecooperation and telcollaboration. []
- Johnson, D.; Johnson, R. y Holubec, E. "El aprendizaje cooperativo en el aula". Buenos Aires. Piados. 1999.
- Panitz T. (2001): Collaborative versus cooperative learning-a comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning. []
- Rosenberg, M. J. (2001): E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age. Vol. 9. New York: McGraw-Hill.

- Rotstein B., Scassa, A. M. Sainz C. y Simesen de Bielke, A. M. (2006): El trabajo colaborativo en entornos virtuales de aprendizaje. Revista cognición, N° 7. 2006.
- Scagnoli, M. N. I. (2006): El Aprendizaje Colaborativo en Cursos a Distancia. Investigación y Ciencia, 14 (36), 39-47.
- Sigalés C. (2004): Formación universitaria y TIC: nuevos usos y nuevos roles. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 1, N° 1. 2004.
- Vigotsky, L. (1988): El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. España: Grijalbo.
- Vílchez, E. (2006): E-learning un Nuevo Concepto Educativo”. Memorias del V Festival de Matemática, 1(1), 276-285.

# MEJORAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN UTILIZANDO METODOLOGÍAS PROPIAS DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE COMO CASO PARTICULAR DE LAS METODOLOGÍAS ACTIVAS

*Verónica Aubin  
Leonardo Blautzik  
Gustavo Dejean*

## Introducción

Dentro del marco del Proyecto Estratégico en Ingeniería para Ciencias Básicas (PEICB) de la Universidad Nacional de La Matanza, la cátedra de Programación Avanzada de carrera de Ingeniería Informática, estableció una propuesta pedagógica basada en la incorporación de metodologías activas y metodologías utilizadas en la industria del software con el objetivo de incrementar las habilidades del estudiante en su desempeño académico y acercarlo en forma temprana a la actividad profesional.

En este capítulo se presentan los cambios implementados y los conceptos teóricos que los sustentan, así como la implementación de rúbricas creadas especialmente, de forma que contemplen la metodología aplicada y que colaboren con la evaluación de la adquisición de competencias en el área de programación, campo en el que su uso no está ampliamente difundido. Por último, la implementación de cuestionarios, encuestas de opinión, la observación en el aula y el rendimiento académico obtenido, permitieron la evaluación de las metodologías aplicadas.

La Educación y especialmente la Educación Superior deben mantenerse al día y someterse constantemente a un proceso de mejora continua, con el objetivo de formar profesionales que cuenten con las competencias requeridas en el ámbito laboral. Esto implica revisar los

conceptos y técnicas pedagógicas que se están utilizando. Requiere cambiar de la educación tradicional, donde el educador es el que sabe y el educando recibe todos los conocimientos del educador sin participar en el proceso, a una educación centrada en el discente y su aprendizaje, donde el estudiante debe asumir un papel más activo y responsable de su proceso formativo. El docente debe ser más un guía que facilite el aprendizaje apoyándose en diferentes recursos, definiendo las actividades y experiencias que se deben realizar para alcanzar los objetivos, debiendo precisar los métodos de enseñanza y de evaluación que sean útiles para lograr los aprendizajes propuestos.

En este proyecto se hizo foco en la aplicación de metodologías ágiles XP, aplicación de PSP y la creación y utilización de rúbricas, que contemplen la metodología aplicada y que colaboren con la evaluación de la adquisición de competencias en el área de programación.

Existe consenso en cuanto que un Ingeniero no solo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc., que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo según indica un documento elaborado por el CONFEDI (2007).

El desarrollo de dichas competencias implica un desafío desde el punto de vista de las estrategias didácticas, yendo más allá de las prácticas tradicionales de transmitir información, y requiere identificar estrategias que quizás no sean frecuentemente utilizadas.

Se presenta de esta manera el objetivo de encontrar las metodologías más efectivas que permitan aportar valores didácticos que incrementen las habilidades del estudiante en su desempeño académico y profesional.

En un trabajo reciente de Aubin, Blautzik y Dejean, (2013), se presentan resultados de la aplicación de metodologías de la industria del desarrollo de software a la enseñanza de la programación. Se muestran las ventajas de la incorporación de la programación de pares y la aplicación de la prueba primero, pertenecientes a Extreme Programming (XP) según indica Beck, K. (2000) y la utilización del Proceso Personal Software (PSP) al que hacen referencia los autores Cockbun, A y Williams, L. (2000)

Para lograr el objetivo, se plantea la utilización de metodologías de la industria del software junto con metodologías activas incorporando la elaboración y utilización de Rúbricas para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y el proceso de evaluación.

## Mejoras Introducidas en la Enseñanza

A continuación se describen brevemente las metodologías activas y las provenientes de la industria de software que se introdujeron en la cátedra de Programación Avanzada de la UNLaM como método de enseñanza-aprendizaje.

### Metodologías Activas Aplicadas

Las metodologías activas promueven habilidades que permiten al estudiante juzgar la dificultad de los problemas, detectar si entendieron un texto, saber cuándo utilizar estrategias alternativas para comprender la documentación y saber evaluar su progresión en la adquisición de conocimientos. Durante un aprendizaje auto-dirigido, los estudiantes trabajan en equipo, discuten, argumentan y evalúan constantemente lo que aprenden.

El aprendizaje en grupo hace que los estudiantes funcionen como un equipo, donde es necesaria la participación directa y activa de todos los integrantes, que al igual que los alpinistas, citados por Johnson, los estudiantes escalan más fácilmente las cimas del aprendizaje cuando forman parte de un equipo cooperativo. En nuestro caso, más que un trabajo cooperativo planteamos un trabajo colaborativo, ya que el primero implica un ambiente cerrado y controlado, con reglas rígidas, definidas previamente donde el desarrollo personal está supeditado a los objetivos organizacionales, mientras que el segundo tiene un ambiente abierto, libre, que estimula la creatividad y la motivación está supeditada al compromiso personal (Panitz T. 2001).

Dentro de las metodologías que requieren un aprendizaje activo, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) despierta en el estudiante la curiosidad, creatividad y razonamiento crítico a la vez que permite la integración de la teoría con la práctica, la habilidad para buscar información, y la capacidad de autoevaluar lo aprendido.

Actualmente, la tecnología ubicua permite la interacción con pares y el acceso en todo momento y en todo lugar a la información, ya no hace falta recurrir a un experto para conocer un tema, sólo hay que saber dónde y cómo buscar esa información

## Programación Extrema (XP)

Las metodologías ágiles de desarrollo de software, y en particular XP, constituyen una de las tendencias de mayor impacto en la industria del desarrollo de software en la última década, gracias a su enfoque centrado en la generación temprana de valor y en su acento en el aspecto humano del desarrollo de software.

En la materia se aplica, en especial, dos aspectos de las metodologías ágiles:

- Programación de a Pares

XP propone que el trabajo de desarrollo se lleve a cabo por grupos de trabajo compuestos por dos programadores, ambos trabajan juntos en un mismo ordenador, se complementan y ayudan para generar la solución a cada problema, escribir el código y/o las pruebas.

Los estudios demuestran que, contra lo que pudiera pensarse, dos programadores son más eficientes que uno solo para una tarea determinada, el resultado es mayor que la suma de las partes (Cockburn, A.; Laurie W. 2000)

- Preparación de las Pruebas Primero

La preparación temprana de la prueba mejora el análisis, hace que se comprenda mejor el problema pensando en los casos particulares y de fatiga. La prueba se hace inmediatamente después de la codificación de cada incremento o iteración. Al hacer la prueba de ésta manera se descubren errores que se corrigen con el código más “fresco”.

## Estimaciones y Métricas – PSP

El PSP consiste en un conjunto de métodos, formularios y guías que muestran a los desarrolladores, la forma de planificar, medir y administrar su trabajo (Humphrey, 2000).

La incorporación del PSP en la formación del profesional en la universidad, tiene como objetivo crear las bases para introducir métodos disciplinados de trabajo cumpliendo con los requerimientos de la industria. La toma permanente de métricas, fue quizás el cambio de más difícil aceptación, por parte de los estudiantes

## Rúbricas

Una rúbrica o matriz de valoración se define como “un descriptor cualitativo que establece la naturaleza de un desempeño” según expresan Marielle, S.; Forgette-Giroux, R. (2001). Son instrumentos de medición en los cuales se definen escalas de estándares, para los diferentes criterios a evaluar, de forma que permitan determinar la calidad con la cual los estudiantes resuelven una amplia variedad de tareas específicas (Vélez, Lamberto y Palomares, 2008)

El alumno puede observar sus avances en términos de competencias, saber en cualquier momento qué le queda por superar y qué ha superado y cómo”, por lo cual, son una herramienta de gran utilidad para dar soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje.

También demuestran su valor en el proceso de evaluación al permitir a los docentes especificar claramente que se espera de los estudiantes y cuáles son los criterios con los que se va a calificar un objetivo establecido.

## Modalidad de trabajo y propuesta de evaluación

La materia donde se aplican las prácticas metodológicas expuestas, tiene una carga horaria de 10 horas semanales con una modalidad cuatrimestral. Se dicta un curso por turno, mañana, tarde y noche, con aproximadamente 40 alumnos cada uno y 2 o 3 docentes por curso.

Durante la cursada los alumnos deben resolver una guía de ejercicios de 1600 líneas de código (LOC). Resolver entre 4 o 5 trabajos prácticos especiales de entrega obligatoria, que totalizan aproximadamente 1000 LOC, más una aplicación Cliente - Servidor de aproximadamente 1200, 1500 LOC, dependiendo de las funcionalidades solicitadas. Además, para completar la aprobación de la materia deben rendir dos evaluaciones parciales.

Los alumnos trabajan en parejas que se forman de manera espontánea. El grupo de trabajo debe seguir la siguiente metodología para la resolución de todas las actividades planteadas: debe completar la planilla de PSP con las estimaciones, confeccionar el lote de pruebas o programa probador de la solución general, codifica la solución correspondiente a la iteración actual, completa la planilla de PSP con los valores reales, realiza el testeo unitario de esa iteración, continua con el mismo proceso para las restantes iteraciones hasta lograr la solución final.

Todos los pares aplican ésta metodología, tanto durante el curso como en las evaluaciones. La evaluación se lleva a cabo en alguno de los laboratorios de la universidad, donde cada PC cuenta con todo el software necesario, entorno de programación, lenguaje Java y demás herramientas adecuadas para cumplir con la metodología, procesador de texto y planilla de cálculo. Los estudiantes se ubican de a dos por PC, se les entrega un problema nivel II o III seleccionado del banco de problemas de la O.I.A (Olimpiada Informática Argentina) los cuales se encuentran clasificados en tres niveles, según su dificultad, o un enunciado de nivel similar generado por los docentes de la cátedra.

Al finalizar el tiempo de la evaluación, generalmente de 2 a 3 horas, se le entrega a cada par de estudiantes, un lote de prueba confeccionado especialmente por el equipo docente. Se evalúa la salida obtenida para cada caso de prueba del lote entregado por el docente, la complejidad computacional del algoritmo que resuelve el problema, las estructuras de datos utilizadas, la eficiencia y la economía de recursos. Otro ítem evaluado es el la calidad del lote de prueba generado por los alumnos durante la evaluación, que contenga casos de fatiga y casos particulares e ingeniosos que demuestran que el problema ha sido comprendido en su totalidad y ha sido resuelto cubriendo todos los requerimientos del mismo. El lote de pruebas que generan los alumnos durante la evaluación es un lote reducido, en comparación con el que generan habitualmente en las otras actividades del curso.

La evaluación se efectúa de manera presencial y cada alumno tiene la posibilidad de defender su examen, transformando la evaluación en un acto más del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La diversidad de las respuestas planteadas por los alumnos frente a un mismo problema, lejos de ser un inconveniente, es fruto de la creatividad, de la falta de pre-conceptos y de una modalidad de trabajo activa.

¿Qué ocurre al momento de evaluar frente a esta diversidad de respuestas, algunas más eficientes que otras, algunas más creativas, otras triviales?

¿Cómo lograr unificar criterios de corrección y despojar a ésta de la mayor subjetividad posible?

¿Cómo contemplar en la evaluación el uso correcto de la metodología de trabajo y determinar si este buen uso conduce a los resultados esperados?



Objetivo	Carácter	Puntaje mínimo	Puntaje máximo
La Prueba Primero	Esencial	7	13

La Prueba Primero	Puntaje	0	1	2	3	4	5
	Objetivos evaluados						
	Cantidad y calidad de los casos de prueba	No realizado	Solo contempla casos incompletos o con muy pocos datos (uno o dos)	Los casos son variantes del mismo, sin creatividad ni ingenio	Hay poca diversidad pero las principales variantes son contempladas	Casos ingeniosos donde se tienen en cuenta la mayoría de las variantes del problema.	Ídem el anterior, pero agrega y genera los casos de fatiga.
	Archivos generados	No fueron generados	Fueron generados solo los archivos de entrada. No se corresponde con la documentación.	Fueron generados tanto entradas como salidas esperadas, pero los nombres no son descriptivos	Todos los casos fueron generados (IN/OUT). Los nombres son descriptivos y se corresponde con la documentación		
Documentación del Lote de Pruebas	No realizada	Solo es una enumeración de los casos de prueba	Solo presenta los datos de entrada y salida esperada, sin descripción	Datos de entrada, salidas esperadas pero las descripciones son muy deficientes.	Datos de entrada, salidas esperadas, buenas descripciones.	Buenas descripciones, claras y concretas. Muestra los datos de entrada y salida esperados. Indica ubicación de archivos	

Tratándose de la enseñanza de programación y sobre todo en las carreras de ingeniería informática, la respuesta que se propone en este trabajo a estas preguntas, es la aplicación de rúbricas, diseñadas especialmente para contemplar la totalidad de la metodología implementada y que aseguren la completa revisión de todos los objetivos buscados al momento de la evaluación, permitiendo que todas las estrategias de resolución válidas sean analizadas y ponderadas, siguiendo el mismo criterio objetivo. Estas rúbricas ponen de manifiesto para los alumnos la importancia del cumplimiento de la metodología para la aprobación de la materia.

Las rúbricas están implementadas en planillas de cálculo, se encuentran on-line y son de acceso libre para todos los alumnos.

En las rúbricas diseñadas se han definido dos tipos de objetivos:

- Objetivos esenciales: Serán aquellos que requieren un mínimo de cumplimiento para que la evaluación sea aprobada. En caso de no alcanzar este mínimo, la evaluación no podrá ser aprobada.
- Objetivos no esenciales: serán aquellos que pueden o no ser alcanzados hasta un mínimo. Influyen en la nota final, pero en caso de no ser alcanzados, no implica la desaprobación de la evaluación.

La Figura 1 muestra a modo de ejemplo, uno de los objetivos esenciales, “La Prueba Primero”, de la rúbrica correspondiente a la segunda evaluación parcial. Dicho objetivo tiene asignado un puntaje máximo

de 13 puntos, siendo indispensable alcanzar al menos 7 puntos (que representan más del 50% del puntaje máximo posible) para lograr la aprobación.

La nota de la evaluación se obtiene a partir de una fórmula matemática que contempla que se hayan alcanzado los objetivos esenciales. En el momento de definir esta fórmula, es cuando el cuerpo docente delibera sobre la ponderación de los objetivos y su peso o importancia en la nota final. Es de suma importancia que llegado el momento de la evaluación y estando frente a los alumnos, no queden dudas respecto a los criterios de evaluación, la rúbrica debe hablar por sí sola y es la que definirá la nota.

### **Avances del Proyecto y Resultados obtenidos**

Se han logrado avances significativos en cuanto al trabajo colaborativo y a la adaptación a los cambios. Los estudiantes son capaces de enfrentarse a situaciones problemáticas nuevas y lograr resolverlas exitosamente. El conocimiento de la rúbrica, la prueba continua, las estimaciones, registro de métricas y el trabajo de a pares hace que los alumnos conozcan antes que el docente el resultado de su propio trabajo. Se ha mejorado considerablemente el ambiente en el aula, los alumnos investigan y colaboran para lograr los objetivos y consignas planteadas.

En lo que respecta a las evaluaciones, éstas son tomadas por los alumnos de manera menos traumáticas y con menos presión al trabajar de a pares. Cada evaluación es claramente una experiencia motivadora y enriquecedora.

La rúbrica ayudo a eliminar subjetividades ya que le asegura a cada alumno ser evaluado con los mismos criterios que sus compañeros. El estudiante entiende porqué razón obtiene una nota determinada, ya que la rúbrica le proporciona información sobre los conocimientos que le faltan para alcanzar los distintos niveles de rendimiento esperados.

Todo esto ha contribuido a mejorar la motivación, a disminuir sensiblemente la deserción de quienes comienzan la cursada y finalmente a aumentar la tasa de aprobados al final del curso.

Para conocer el impacto que la corrección con rúbricas produjo en los alumnos se han elaborado encuestas anónimas, las cuales han sido respondidas al final del cuatrimestre.

## La percepción de los estudiantes sobre la propuesta de evaluación

Se muestran a continuación los resultados obtenidos:

En los Gráficos 1 y 2 se puede ver el impacto que produjo en los alumnos conocer de antemano y con claridad cuáles son los objetivos buscados y la ponderación de los mismos. La mayoría cambió su actitud frente a los objetivos no alcanzados.

¿Considera de utilidad conocer la rúbrica de corrección antes de la evaluación parcial?

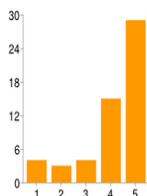


Gráfico 1

¿Modificó su actitud frente a la materia a partir de este conocimiento?



Gráfico 2

En los Gráficos 3 y 4 se presenta la valoración que hacen los alumnos de esta forma de corrección. De los comentarios analizados concluimos que el efecto es positivo. La devolución inmediata y la posibilidad de defender cada objetivo frente a una evaluación objetiva por parte de los docentes han sido bien valorada. Por otra parte, la utilización de la rúbrica permite conocer cuáles son las debilidades y fortalezas al momento de evaluar. Este conocimiento es de suma importancia en caso de tener que enfrentar posteriormente un recuperatorio.

¿En qué medida la rúbrica de corrección le permitió conocer sus debilidades y fortalezas?

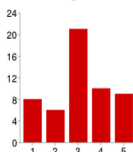


Gráfico 3

¿Considera de utilidad para su aprendizaje el hecho de haber sido corregida su evaluación mediante una rúbrica?

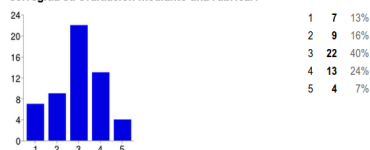


Gráfico 4

## Bibliografía

- Aubin, V.; Blautzik, L.; Dejean, G. (2013): Mejoras en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de Programación Utilizando Metodologías de la Industria Del Software, primera edición CoNAIISI Facultad regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional. Noviembre, 2013.
- Aubin, Verónica y cols. (2014): Metodologías activas y corrección por rúbricas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de programación. CONAIISI. San Luis
- Beck, K. (2000): Extreme Programming Explained: Embrace Change. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Cockburn, A.; Williams, L. []: The Costs and Benefits of Pair Programming. Humans and Technology Technical Report.
- Cockburn, A.; Laurie W. (2000): The costs and benefits of pair programming. Extreme programming examined 2000: 223-247.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2007): Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina. San Juan, Argentina: Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- Humphrey, W.S. (2000): The Personal Software Process (PSP) Technical Report. The Software Engineering Institute.
- Humphrey, Watts S. (1997): An Introduction to the Personal Software Process. Addison-Wesley
- Marielle, S.; Forgette-Giroux, R. (2001): A rubric for scoring postsecondary academic skills. Practical Assessment, Research & Evaluation 7.8.
- Panitz T. (2001): Collaborative versus cooperative learning-a comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning [].
- Vélez, Lamberto V.; Palomares, A. (2008): Medición, assessment y evaluación del aprendizaje. Publicaciones Puertorriqueñas.
- Zanga, Mabel y cols. (2014): Uso de nuevas métricas orientadas a las competencias en la gestión curricular. Jornada de Investigación Interdepartamental. UNLaM. Septiembre 2014.

## ACERCA DE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS PARA EL NUEVO SIGLO

*Ing. Carlos Lerch*  
*Ing. Andrés E. Dmitruk*

### Introducción

Desde hace algunos años en un número creciente de países se observa una progresiva toma de posición, por parte de los organismos interesados en el desarrollo industrial y el progreso tecnológico, respecto de la necesidad de aumentar de manera significativa la cantidad de graduados en las distintas ramas de la ingeniería como condición ineludible para garantizar y en lo posible acelerar ese proceso de desarrollo.

En Argentina, en el año 2012 y a través del Plan estratégico de Formación de Ingenieros, el Ministerio de Educación con el expreso aval de la presidencia de la Nación, fue propuesta la meta de graduar 1 nuevo ingeniero por año cada 4.000 habitantes, es decir, 10.000 nuevos graduados por año para el 2020, lo que implica, aproximadamente, duplicar la cantidad de graduados actuales. Existen condiciones favorables para lograrlo, ya que el país dispone de una gran cantidad de carreras de ingeniería acreditadas.

Si bien la demanda actual y proyectada indica la necesidad de incrementar la cantidad de profesionales del campo ingenieril, no se trata solamente de contar con un mayor número de graduados. Habida cuenta del cada vez más rápido proceso de creación de conocimiento y desarrollo tecnológico se trata también de lograr un perfil del profesional de la ingeniería mejor preparado para aportar y para adaptarse al referido proceso de desarrollo nacional, debiendo para ello aumentar sus competencias, particularmente logrando capacidades para aportar a la creación e incorporación de innovaciones.

Para poner en claro la amplitud de los alcances de la ingeniería y enfatizar su importancia en la sociedad moderna, conviene recordar al Ing. Marcelo Sobrevila cuando afirmaba: “Si todos los ingenieros del mundo en un acto demencial, durante una semana dejaran de trabajar, la humanidad se quedaría sin: energía eléctrica; agua potable; combustibles líquidos y gaseosos; transportes aéreos, marítimos y terrestres; comunicaciones telefónicas, televisión e internet; alimentos y bebidas industrializados, y todas las obras y las industrias se detendrían. La humanidad sería un caos. En el mundo moderno, son los ingenieros los responsables de que un país funcione normalmente”.

En su muy acertada afirmación Sobrevila (2001) puso el acento en la principal actividad que emplea a la gran mayoría de los ingenieros: la fabricación de los productos ya creados, mediante la operación de las facilidades ya existentes para la provisión de bienes y servicios.

También, aunque en una proporción bastante menor, -sobre todo en los países como el nuestro- existe otro tipo de ingenieros ocupados en el diseño de nuevos productos, Y procesos e instalaciones, los que serán objeto de su producción repetitiva. El país, para ese tipo de actividades, requiere más ingenieros preparados con aptitudes para la creación, el diseño y el impulso a la innovación.

Es indudable la necesidad de ambos tipos de ingenieros, sin embargo es necesario incrementar, en un país como el nuestro, sobre todo la cantidad de profesionales emprendedores y promotores del cambio de lo existente, mediante el diseño y las innovaciones tecnológicas, para contribuir a posibilitar y hacer sostenible, -en un mundo altamente competitivo como el actual- un mejor nivel de vida para el conjunto de la población.

En el marco de esta opinión, es que este trabajo trata de señalar los que serían hoy los aspectos relevantes del conocimiento ingenieril, así como su relación con la tecnología, la ciencia y la innovación, y cuál es la importancia que estos temas tienen en la formación profesional del ingeniero desde un punto de vista general, sin pretender abordar en detalle lo que podría ser un diseño curricular más apropiado.

Resulta muy dificultoso poder cumplir la ambiciosa meta de graduar a 10.000 ingenieros al año, considerando la matrícula actual de las carreras de ingeniería y sobre todo la alta permanencia y baja graduación.

Se requiere revisar los diseños curriculares haciendo explícitas las razones de incluir ciertos conocimientos ineludibles, relevantes, e in-

tentar dotarlos de significación e interés para el estudiante, tratando así de evitar su rechazo.

## **Una aproximación a conceptos tales como ingeniería, tecnología, ciencia pura, ciencia aplicada e innovaciones tecnológicas**

A fin de contribuir a explicitar cuáles serían los conocimientos considerados relevantes en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de la ingeniería actual, trataremos de hacerlo recordando qué es la ingeniería, así como otros conceptos que le son afines.

Consideramos que lo convenido sobre estos conceptos básicos, nos permitirán luego incursionar acerca de los conocimientos relevantes, que se entiende debieran integrar los contenidos curriculares de las carreras.

### **La “Ingeniería”**

Es una profesión, que -según las definiciones más consensuadas: se dedica al diseño de soluciones a problemas de la sociedad, empleando para ello en particular las fuerzas y los materiales que nos provee la naturaleza, considerando las restricciones presentes, sean físicas, ambientales, éticas, legales y culturales de dicha sociedad.

Dicha profesión, -como otras tiene sustento en algunas de las ciencias- se ocupa de dar solución a problemas complejos; problemas siempre mal o incompletamente definidos, aplicando para ello conocimientos diversos. Algunos provenientes de la ciencia, otros de la técnica y de la tecnología y otros propios de la ingeniería, muchos de los cuales resultan del ejercicio de la profesión; conocimientos que son los que le permiten a los ingenieros diagnosticar los problemas y diseñar soluciones a los mismos, soluciones que materializarán luego a través de la formulación y ejecución de proyectos, para dar así efectiva respuesta a los problemas prácticos que se presentan en la sociedad.

A los efectos de manejar un lenguaje común trataremos de aclarar a qué denominamos “conocimientos” que provienen de la ciencia y de la técnica y más adelante nos referiremos a los de la tecnología.

Cuando se habla por ejemplo de la “ciencia”, se suele hacer referencia ya sea a la actividad que desarrollan los científicos, como también a la acumulación de los resultados de su actividad, “la investigación científica”.

Mientras que al hablar de “técnica”, se hace referencia tanto a la actividad de los técnicos, como a lo que resulta de su actividad. Resultante, más bien empírica, de observar, estudiar y experimentar, que se conoce como las “técnicas”.

Técnicas que son una porción del conocimiento, la que expresa la manera cómo deben hacerse ciertas actividades para poder transformar algo, en otra cosa diferente, la deseada.

### **Acerca de la ciencia**

Expandiendo lo dicho señalaremos que se trata de la actividad humana que estudia hechos poco conocidos e insuficientemente explicados, actividad que tiene por objeto alcanzar el mayor conocimiento posible de la naturaleza de las cosas (el cosmos, el hombre y sus interacciones) para descubrir en ellas sus secretos, el “por qué” las cosas son como son y se comportan como se comportan, y por qué no son de otra manera.

Cuando se alcanza un conocimiento profundo (científico) se suelen establecer en él vínculos o relaciones, las que llaman teorías o leyes naturales; como podrían ser las de causa-efecto, -entre “la cosa” y lo que la origina- ya sea que se trate de un producto, una cuestión biológica o de un fenómeno de la naturaleza.

Mientras la ciencia pura, procura establecer, a través de la investigación científica, regularidades o leyes objetivas, la investigación orientada a la acción, “investigación tecnológica” procura encontrar normas estables de comportamiento humano exitoso, o reglas de acción.

Una regla prescribe un curso de acción: nos dice qué debemos hacer para alcanzar un cierto objetivo o resultado. O más explícitamente: una regla es una instrucción para efectuar una secuencia finita de acciones en un dado orden y con un fin determinado.

Las leyes científicas son descriptivas e interpretativas, mientras que las reglas son normativas, indican que hacer.

Consecuentemente, mientras que los enunciados de las leyes pueden ser más o menos verdaderos, las reglas deben ser más o menos efectivas o más bien eficientes, en el sentido de lograr hacer efectivo el propósito buscado con la menor cantidad de recursos posibles. El criterio de efi-



ciencia en general está ausente de las ciencias puras, o si está presente se lo utiliza con otro significado.

## **Ciencia pura & ciencia aplicada**

Existe con frecuencia una considerable confusión acerca de la distinción entre ciencia pura y ciencia aplicada, y más aún entre esta última y la tecnología.

El científico aplicado se ocupa de la tarea de descubrir aplicaciones para la teoría pura, mientras que el tecnólogo trata con problemas más cercanos a la vida práctica.

Subsiste sin embargo la dificultad de establecer los límites entre ciencia pura y aplicada. En tal sentido, el criterio muchas veces propuesto de caracterizar a la ciencia pura por un objetivo cognitivo, y a la aplicada por un objetivo de utilidad, no resulta enteramente satisfactorio ni riguroso.

Para ver que esto es así basta considerar que cuando un fisiólogo que estudia determinados aspectos del metabolismo celular, dice hacer investigación básica, un físico-químico experimental juzgará que se trata de físico-química aplicada de membranas, siendo la investigación físico-química que él realiza la que merece denominarse básica.

Por el contrario, un termodinámico teórico afirmará que el físico-químico experimenta termodinámica aplicada, y así sucesivamente hasta llegar a la teología pasando por la semántica.

Es fácil ver que el objetivo cognitivo se encuentra siempre presente, en todo caso conviviendo con el objetivo de utilidad.

En otras palabras, el encuadramiento de una porción de conocimiento como “ciencia pura” o como “ciencia aplicada” depende del punto de vista desde el cual se la considere: lo que sin lugar a dudas es ciencia pura para un investigador, puede ser claramente ciencia aplicada para otro.

## **Acerca de la técnica**

Se trata de otra actividad humana, en este caso dedicada a estudiar cómo hacer para dominar los fenómenos naturales, -o que ocurren en la vida cotidiana, mediante el empleo de los conocimientos que se tengan, sean estos de origen científico o no.

La técnica, -como actividad- busca crear reglas y desarrollar procedimientos que le permitan luego replicar, paso a paso, lo que hizo alguna vez con éxito, para darle solución a los problemas.

Podría decirse, que el hombre busca en general mediante las técnicas modificar su entorno para proveerse, adecuadamente de lo que necesita para dar cobertura a sus deseos o necesidades.

Si la ciencia, provee los “por qué” de los éxitos de las técnicas tanto mejor, porque si no la solución técnica a aplicar en el dominio de los fenómenos naturales será sólo un producto de la observación de ciertos comportamientos, de la intuición, las pruebas empíricas y del azar; cosa hoy cada vez más difícil, puesto que las técnicas más obvias y simples ya fueron casi todas inventadas.

En general, se suelen llamar “técnicas” al resultado o reglas creadas en esa actividad; así como también se suele llamar “ciencia” al conocimiento resultante de la actividad científica.

Es así que mientras alguien descubre por ejemplo que las huellas dactilares tienen una correlación biunívoca con quien las lleva en la punta de sus dedos, llegando hasta sus genes, otro individuo inventa con ello un sistema de identificación de personas, poniendo simplemente un dedo impregnado en tinta sobre un papel.

Alguien encuentra, o inventa que mezclando harina, azúcar, leche y huevos batidos con algunos saborizantes, Y a lo que resulta lo pone en un horno caliente por algún tiempo puede obtener un rico alimento, una torta; después de pruebas y ajustes varios le sale bien.

Si al hacerlo advierte que cada vez que repite esa forma de proceder obtiene el mismo producto, y que el procedimiento resulta eficaz para eso, lo deja sentado por escrito; texto que pasa a ser conocido como receta (por ejemplo de una torta), la que permitirá que otros, en otro momento y lugar- reproduciéndola puedan obtener un producto similar.

Ese procedimiento contempla los diversos elementos a emplear, sus cantidades así como las diferentes actividades a realizar -batir, mezclar, amasar, cocinar, cada una de ellas según alguna técnica particular establecida para hacerlas.

Es decir, la técnica resulta en un procedimiento, una forma de proceder (para cambiar lo natural, o lo disponible) que establece los pasos sucesivos a seguir, teniendo en consideración los insumos a emplear, la participación que le cabe en esas actividades a quien las realiza -el técnico-, así como las herramientas o utensilios de ayuda que se recomienda emplear.

Las “recetas de cocina” son el know how, los saberes del hacer, relativo al producto buscado, y al proceso de cómo hacerlo que ejecutan los cocineros.

En los casos, en que se trata de producciones individuales o domésticas no interesa la productividad de los factores que intervienen, sino sólo las técnicas básicas implicadas en el logro del producto, es decir importa sólo su eficacia.

Es decir, mientras que la ciencia “descubre” lo que existe, -pero se mantenía oculto- el por qué las cosas son como son, la actividad técnica “inventa” lo que no existe, las cosas “artificiales”, ya sean artefactos o artificios.

## **Acerca de la tecnología**

Término ambiguo, que como se dijo resulta difícil de explicar, sería algo así como “el resultado de estudiar las posibles técnicas involucradas en una producción, para poder seleccionarlas y combinar las que resulten más apropiadas, para lograr eficientemente lo que se quiere hacer, pero para hacerlo en forma repetitiva, sea esta masiva o no”.

Sean cuales sean las características distintivas de la ciencia pura, de la ciencia aplicada, de la técnica y de la tecnología, lo que resulta evidente es que existe entre las tres una estrecha relación dada por múltiples interconexiones.

Hay que señalar que una de las creencias más difundidas acerca de la tecnología, -que afortunadamente está siendo dejada de lado- consiste en identificarla como simplemente “ciencia aplicada” a la solución de un problema. Demás está decir que existen muchos ejemplos para inducir tal confusión.

Sin embargo, si se considera todo el espectro y la historia del avance tecnológico, se observa que la ciencia no siempre jugó un rol decisivo en el desarrollo de la tecnología. De hecho, han existido ocasiones en las que el avance tecnológico se ha producido sin el concurso del conocimiento científico y ha habido avances en el conocimiento científico impulsados por desarrollos tecnológicos.

La concepción habitual de la tecnología enfatiza que la misma se asienta sobre todo en la aplicación del conocimiento. Sin embargo, no todo ese conocimiento deriva de la investigación científica, sin por ello dejar de reconocer su creciente importancia, sobre todo a partir del siglo XIX.

Podemos definir tecnología siguiendo a Aquiles Gay “como el conjunto ordenado de conocimientos y los correspondientes procesos, que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia y los aspectos económicos, sociales y culturales involu-

crados. El término se hace extensivo a los productos resultantes de esos procesos, que deben responder a necesidades o deseos de la sociedad y como fin último, contribuir a mejorar la calidad de vida”.

La tecnología entonces, de algún modo relaciona la técnica con la ciencia y con la estructura económica y sociocultural del medio, abarcando: los conocimientos científicos y empíricos, las herramientas y la capacidad inventiva; las formas organizativas, los modos de producción, los aspectos económicos, la estructura cognoscitiva y el marco cultural.

A eso, siguiendo a Jorge Sábato (1960) se lo suele también denominar el “paquete tecnológico”, que es un conjunto de conocimientos ordenados intencionada y específicamente para lograr un determinado fin.

Los conocimientos que integran ese paquete son muy diversos y provienen de diferentes orígenes, no sólo porque tengan su base en diferentes disciplinas técnicas, ni porque su origen sea científico o empírico, sino también porque a los conocimientos técnicos, relativos al producto y al proceso de su elaboración, se le suman otros conocimientos relacionados con la organización de la producción, que hacen a su eficiencia.

Vemos entonces que el “know how” industrial, -aunque sea similar- es algo mucho más complejo que lo que estipula una simple receta de cocina.

¿El lenguaje corriente le otorga este último significado a la palabra “tecnología”?

La respuesta es un rotundo no. Se cree, muchas veces, que acceder a la tecnología es hacer uso de los últimos recursos que aparecen en el mercado: una tablet, un iPhone, o Internet. Y que cuantas más funciones nuevas tengan, más tecnología se tiene.

Pero para nada es así, a la tecnología no se la ve, no se la toca ni se la siente, ni tiene relación directa con las “exteriorizaciones” que nos muestran los artefactos, o artificios que la portan. Que algo tenga muchas funciones y facilidades, indica que se trata de un artefacto, o una máquina más o menos complicada tecnológicamente. Que la tengamos a nuestra disposición no implica otra cosa que se la puede usar para realizar las cosas que dicho aparato hace, porque los que la diseñaron, le incorporaron conocimientos y funcionalidades para que así sea. Y si los equipos se fabrican en el país, sólo soldando sus componentes e incorporando algunas partes (como en Tierra del Fuego) significa que se conoce parcialmente la tecnología del proceso y no la del producto, pues para ello se utilizan complejos robots de montaje diseñados en el exterior.

De eso se trata en realidad la tecnología, de los saberes que tienen los que diseñan y desarrollan las cosas.

Es por eso que lo esencial de la tecnología no viene con la máquina, sino se queda en las cabezas, dónde la desarrollaron, está en el conocimiento. Puede que en parte algo venga en el producto, o la máquina como “tecnología incorporada”, y que es la necesaria conocer para ejecutar ciertas funcionalidades, pero esto no quiere decir que con ello se adquieren los conocimientos para estar en condiciones de reproducirla.

La otra forma en que se presenta la tecnología es en forma “desincorporada”, que se transfiere de los que saben hacer las cosas, a través de planos, instrucciones, manuales y asesoramiento a quienes no tienen ese conocimiento, lo que supone un pago por acceder a ese Know How.

Tener tecnología propia no implica otra cosa que hacer los esfuerzos necesarios, estudiar, investigar, diseñar y desarrollar, equivocarse y corregir, que son los que permiten adquirir los conocimientos que las integran. Y tener productos con tecnología propia implica además de “inventarla”, producir, y luchar por que los bienes resultantes sean aceptados en el mercado, lo que los transforma en una efectiva innovación.

## **A propósito de la innovación**

Innovar se trata en realidad de introducir novedad a algo. Que algo cambie, ya sea a través de innovaciones trascendentes o radicales, o de las incrementales.

Afortunadamente, no todas las innovaciones son trascendentes, drásticas o radicales, tales que impliquen una ruptura con todo lo conocido. Sino que existen gradaciones y la mayoría de las innovaciones suelen ser “incrementales”, desde pequeñas mejoras a cosas existentes, a veces para adaptarlas a los hábitos de una comunidad o para atender una necesidad diferente o para aprovechar la oportunidad de una nueva tecnología que aparece, que hace al producto más funcional o fácil de hacer.

A veces estas innovaciones incrementales son la consecuencia de resolver problemas recurrentes, problemas que siempre aparecen en la producción, o en la operación de productos y procesos, para solucionarlos y hacerlos más eficientes.

Que la innovación sea un fenómeno de “amplio espectro”, que va desde las incrementales, muy pequeñas y elementales, a las trascendentes que dan origen a una nueva industria, es algo muy importante, dado que por ser así da cabida a muchos más participantes.

Pero no todo es “inventar” e “innovar”, sino que, en el fenómeno de la innovación tecnológica, importa también el hecho de consolidar

la oferta de lo ya ideado en la sociedad, porque son los productos que ésta acepta los que le dan satisfacción a sus necesidades y expectativas.

A dichos productos, así como a los procesos y máquinas para producirlos, para decirlo sintéticamente en una palabra “a las “tecnologías” que dieron origen a dichos productos, procesos y máquinas alguien las inventó”, y si esas cosas las conocemos y están a nuestro alcance es porque hubo un esfuerzo para que se consolidaran en los mercados, esfuerzo realizado por los “innovadores tecnológicos”.

Así como los inventores luchan contra las cosas inanimadas, para que éstas tomen las características y propiedades que ellos quieren darles, los innovadores luchan contra la resistencia de la sociedad a aceptar lo desconocido. Baste como ejemplos el celular e internet, de los que no se tuvo previamente sentido de su necesidad y de los cuales en la actualidad no se puede prescindir.

## **De científicos y tecnólogos, o ingenieros**

Tratando de resaltar algunas diferencias, que aclaren en algo la confusión que suele ocurrir, respecto a la actividad que realizan científicos y tecnólogos se puede decir que mientras los primeros generan, a consecuencia de su trabajo intencionado, sistemático con ciertos objetivos explícitos- teorías científicas que expliquen los porqué de las cosas; los segundo realizando actividades muy similares, aunque con distinto objetivo producen teorías tecnológicas.

Vistas desde un ángulo práctico, las teorías tecnológicas son más complejas que las teorías científicas, ya que ellas en lugar de establecer que es lo que ocurre, pudo haber ocurrido, o puede ocurrir independientemente de decisiones externas, prescriben lo que habría que hacer para que ocurran, o para evitar, o para modificar el curso de los eventos.

Desde un punto de vista conceptual, las teorías tecnológicas son, según Bunge (1983) menos profundas que las de la ciencia pura, debido a que el hombre práctico está esencialmente interesado en los efectos que ocurren y que son controlables a una escala humana, más que en cómo son “verdaderamente” las cosas.

De este modo los requerimientos de profundidad en tecnología son mucho menores que los de la ciencia pura, de manera que una teoría simple que brinde estimaciones correctas de órdenes de magnitud, será suficiente en general en la práctica. Los coeficientes de seguridad utili-

zados en las aplicaciones de tales teorías se encargarán de enmascarar los errores de las mismas.

No hay como recurrir a un ejemplo de ingeniería, para establecer de manera elocuente las complejidades de un problema tecnológico y las limitaciones de un enfoque puramente científico:

“...un ala llena de combustible se puede calentar considerablemente mientras el avión es servido en la pista. Durante el ascenso, cuando el avión soporta muchas de las cargas de maniobra, el material se encuentra todavía tibio, hasta que al llegar a la estratosfera la estructura y el combustible se enfrían hasta  $-55^{\circ}\text{C}$ . Se producen cargas cíclicas, y si el vuelo es sobre el océano, el aire contiene alguna cantidad de sal. Al descender, la estructura fría se encuentra con aire tibio y húmedo, que también puede poseer algo de ácido sulfúrico. Es así que una eventual fisura en el tanque, estará expuesta por un lado al cambiante medio externo y por el otro al combustible...Claramente, una situación como la descrita desafía cualquier intento de modelado teórico muy exacto. Ni siquiera es concebible que un ensayo de laboratorio provea una solución completa al problema. Sólo queda como recurso el pragmatismo ingenieril”.

Observemos aquí que si bien puede existir una intención cognoscitiva por parte del tecnólogo, el conocimiento eventualmente obtenido es empleado de manera de ponerlo al servicio del objetivo de utilidad, como ocurre en forma muy cruda en el método de “prueba y error”; un método que por otra parte no es nada despreciable para generar conocimiento útil, puesto que eso de corregir errores, o superar fallas, que aparecen constante y espontáneamente.

### **Los problemas que atiende la ingeniería: solucionar problemas abiertos**

La ingeniería se dedica a tratar de dar solución a problemas prácticos de la sociedad”, pero esto no significa que se dedique a problemas personales.

Se ocupa de hacerlo no a través del empleo de cualquier medio, sino “diseñando soluciones” que empleen específicamente lo que nos provee la

naturaleza o lo obtenido artificialmente a partir de los recursos naturales, sean estos los materiales y/o la energía.

Los ingenieros no son los únicos que atienden problemas de la sociedad, lo hacen también casi todos los demás profesionales, pero si son sólo los ingenieros los que emplean los recursos materiales y energéticos de la naturaleza para resolverlos.

Los ingenieros se enfrentan al atender los problemas prácticos señalados en casi todas las ocasiones con problemas abiertos, es decir no totalmente definidos, o incompleta o mal definidos.

Es decir, el “problema” representa para los ingenieros algo que puede inclusive, en primera instancia no saberse con precisión que es, pero sí se sabe que se considera a la situación presente, problemática, como el escollo que dificulta alcanzar el fin deseado, y que su solución, disolución o eliminación la haría posible.

Para posibilitar el paso de la situación problemática inicial, -en la que se carece de una solución apropiada- a una nueva situación donde se disponga de ella los ingenieros usan no sólo los conocimientos provenientes de la ciencia y la tecnología, sino también otros, así como estrategias diversas propias “de eso que llamamos ingeniería” o “conocimiento ingenieril”.

Estos recursos intelectuales, y los datos experimentales, son lo que le permiten a los ingenieros “diagnosticar” los problemas prácticos existentes, a lo que se habrán de abocar, así como “diseñar” las soluciones correspondientes. Para luego, a través de la implementación de “proyectos”, dar una solución concreta a dichos problemas.

El desafío que enfrenta el ingeniero será, diagnosticado el problema “diseñar la solución más apropiada y conveniente” para situaciones de la vida real, es decir con todas las restricciones presentes en el caso. Será entonces una de las primeras tareas identificar dichas restricciones presentes, para poder considerarlas al diseñar.

Restricciones que las hay de diversos tipos, las absolutas e ineludibles, -como las que imponen las leyes de la naturaleza- por ejemplo la conservación de la energía o la impenetrabilidad de la materia, por lo que es imprescindible conocerlas. Y otras restricciones más flexibles y circunstanciales, como las que imponen la economía, la ecología, la política, la social, la ecología y la ética, que se deberán también tener presentes.

Acomodarse plenamente, -en la respuesta a un problema, a una sola de las restricciones presentes, llevaría sin duda a conflictos con las demás;



por lo que no existe “el diseño perfecto”, sino que la “solución diseñada” se trata siempre de una solución de compromiso que atienda a todas ellas.

Además, soluciones posibles siempre habrá muchas, por lo que es muy difícil encontrar la más apropiada en un primer intento, por lo general se requieren varios, e ir puliendo fallas y errores -hasta a veces del propio diseño- para poder validar la que se considere más apropiada.

Las fallas y errores que se superan son una fuente de aprendizaje más importante que el acierto fortuito en un primer intento. Es mucho más difícil de olvidar un fracaso reiterado finalmente superado, que el éxito inesperado.

Entonces, el desafío que enfrenta el ingeniero será, diagnosticado el problema “diseñar la solución más apropiada y conveniente”, teniendo además en cuenta que “diseñar” productos, o partes de ellos, requiere de la consideración del comportamiento que éstos tendrán en condiciones reales, es decir en interacción con las demás partes, integrando sistemas. El automóvil es un ejemplo, donde el diseño de un nuevo sistema de freno o de dirección, no puede hacerse sin considerar las interacciones con las otras partes del vehículo, como ser el motor, su potencia y los caminos por los que circulará.

La ingeniería, como otras profesiones, tiene su base en un conocimiento especializado, sistematizado, firmemente establecido y estandarizado puesto que de no serlo cada problema aparecería como único, por lo que las soluciones a los mismos serían casi accidentales y no tendrían valor ni la experiencia ni el conocimiento experto acumulado.

Como conocimiento profesional, el de la ingeniería reúne tres componentes básicos: una disciplina subyacente, -o ciencia básica- sobre la que descansa, aplicaciones de dicha ciencia y “reglas de acción” exitosas -teorías tecnológicas- variadas, y por supuesto lo que proviene de la experiencia y la habilidad en el ejercicio profesional.

Algunos relacionan la ingeniería con “las técnicas”, que describen los pasos de cómo hacer para proveerse de lo necesario desde su entorno. Así, a través de ellas se provee de agua, alimentos, y de los productos diversos que tiene a mano, para satisfacer sus necesidades. En la necesidad de proveerse de estos elementos los humanos no se diferenciarían de los demás seres vivos, con la excepción que todos los demás modifican su estructura física para adaptarse al medio y proveerse de él, mientras que los humanos, no cambian su estructura sino que crean herramientas, que les permitan incrementar sus capacidades físicas de interacción con el medio para modificarlo y ponerlo a su servicio.

Otros asocian a la ingeniería con la “tecnología”, es decir ya no con las técnicas individuales que indican los pasos a dar en una transformación cualquiera, sino con la tecnología, reconocida ésta como un conjunto de conocimientos de diverso origen, algunos científicos y otros empíricos, ordenados de forma tal que permitan la producción eficiente de bienes y servicios. Existe otra versión, que considera a la ingeniería simplemente como “ciencia aplicada”, es decir las ciencias que se estudian en las carreras: física, química, matemáticas, y otras, aplicadas a la resolución de los problemas prácticos que son los que atienden los ingenieros, dando por inexistente un conocimiento propio de la ingeniería.

A pesar que -históricamente por nuestra formación escolástica- el “saber hacer” es considerado, como algo de menor valor frente al “saber per se”; el “saber hacer” ocupa, como bien dice Sobrevila (2001) un lugar muy importante en la marcha de la sociedad.

## **Sobre el diseño**

En la ingeniería, profesión dedicada a la solución de problemas, el diseño será no sólo el punto de partida de la solución a través del “plan mental” ideado para ello, sino también la representación de la solución propuesta, representación que permitirá su desarrollo e implementación, que posibilite la producción de bienes y servicios como una real solución a los problemas.

Esto implica que la representación que hace el diseño en la ingeniería de la solución propuesta no sólo debe servir para poder visualizarla anticipadamente, repensarla y reverla, sino que también debe proveer los elementos para mejorarla de ser necesario y para poder implementar su producción concreta.

Si se comprobara que no se acertó con la solución elegida se la descartará y se intentará con otra idea; esto que parece frustrante es en realidad una fuente importante de aprendizaje.

## **El vínculo de la ingeniería con el “diseño”**

En la acepción amplia que le estamos dando al término, diseño, como “plan mental para solucionar un problema” está presente en sus muy variadas especialidades, porque esta definición refiere al diseño de los productos vinculados a diversas áreas del conocimiento básico, como

ser mecánica, electricidad, electrónica, material, alimentos, entre otras que le dan el nombre a las carreras, Ingeniería Mecánica por ejemplo.

Así como también el vínculo de la ingeniería y el diseño está presente en la concepción y concreción de los medios productivos o de los procesos de transformación que se emplean.

## **El pensamiento ingenieril**

En el diseño, al conjugar diversos medios para un fin preconcebido lo que se está haciendo es una “síntesis”, mientras que la ciencia hace “análisis”.

Esto lleva a dos diferentes modos de pensamiento, lo que significa una gran diferencia entre ambas actividades: ciencia e ingeniería; el “pensamiento científico” y el “pensamiento ingenieril”.

La ciencia, en su investigación hace análisis y observación cuidadosa de la realidad para imaginar y lograr una representación de “porqué esa realidad es como es”. En la ciencia el pensamiento sigue a la realidad.

En cambio en el diseño, y en general en la ingeniería, donde la imaginación crea lo inexistente, es la realidad la que sigue al pensamiento, creando cosas artificiales, que no existen como tales en la naturaleza. Basta un ejemplo, la rueda y su eje.

Al hablar de “crear”, estamos definiendo la verdadera esencia del “diseño”, que es el que da inicio a la gestación de las cosas artificiales. Como el creador difícilmente sea el realizador total de lo que planea mentalmente, el diseño es también la representación de dicho plan, en gráficos, descripciones, instrucciones y todo otro medio que sirva para comunicar el plan, para que este se pueda materializar con la participación de múltiples realizadores.

## **El proyecto**

El objetivo y el plan detallado de las actividades requeridas para la realización de lo diseñado, considerando todos los recursos a emplear en cada una de ellas, incluido el tiempo requerido y ordenados cronológicamente, constituyen el “proyecto”.

Hay que considerar además que los sistemas que se diseñen -del más simple al más complejo- requieren para operar apropiadamente, del “control” cuya esencia es la comparación de la información sobre lo que está sucediendo y lo que se desea que suceda. Como resultado de esa

comparación se produce una retroalimentación, que brinda la posibilidad de aplicar correcciones y rediseños sobre el proceso para que lo deseado efectivamente suceda.

El proyecto en sí es la forma racional propuesta para la realización de actividades y de asignar recursos a las mismas para conseguir el objetivo buscado, que como se ha mencionado siempre resultará una solución de compromiso.

## **Los conocimientos en la ingeniería**

Surge de estas consideraciones que en la ingeniería están presentes múltiples tipos de conocimientos; entre ellos conocimiento científico, tecnológico y empírico, a los que se agrega otro tipo de conocimiento, que puede constituir el elemento distintivo entre tecnología e ingeniería, como lo es “la habilidad para diagnosticar y resolver problemas nuevos y abiertos”. Esta habilidad es propia de los ingenieros, producto de los conocimientos adquiridos, tanto en el estudio como de la experiencia en el ejercicio de la profesión.

Los ingenieros, -más allá de los fundamentos de las ciencias que determinan los límites de lo posible de ser diseñado- y de las fuentes de creatividad que lo habilitan al diseño, deben también incursionar en los campos de los conocimientos organizacionales, puesto que es en el seno de las organizaciones donde se implementa y desarrolla lo diseñado.

## **El “conocimiento organizacional”**

Al estar la actividad de los ingenieros en el contexto de la realizaciones productivas, y no en el del “conocimiento científico” hace que enfren-ten muchos otros mecanismos impulsores de la generación de nuevos conocimientos, diferentes al de la “investigación”, que es el caballito de batalla de la ciencia, creándose otro campo de la innovación relativa a la incorporación de novedades en las organizaciones y en su gestión.

Además, los ingenieros tienen un rol dual, no son sólo los que se encargan del diseño, el desarrollo de los productos y de las facilidades productivas para fabricarlos, sino también de la puesta en marcha, operación, mantenimiento y mejora de dichas facilidades en las organizaciones productivas. Puesto que todo ello es lo que permitirá final y efectivamente abastecer a la sociedad de todos los bienes y servicios necesarios para la vida diaria.

Como se dijo, los ingenieros no sólo se dedican a atender problemas que necesitan de “soluciones creativas destacadas”, de nuevos diseños de avanzada, sino que sus soluciones tienen muchas gradaciones. Se dedican también a crear y acumular los conocimientos sobre cómo hacer para producir, operar y para solucionar “problemas rutinarios”, esos que aparecen y reaparecen reiteradamente en la producción masiva y en la operación de los procesos productivos. Esto también requiere de creatividad, aunque ésta no se transforme en grandes diseños.

En la solución de los problemas, los conocimientos se estandarizan, creando con ellos “procedimientos” ya sean nuevos o mejorados. Procedimientos, que al principio fue sólo conocimiento “tácito” de quién tuvo la imaginación y la iniciativa para aportar la solución, la que si da resultado positivo se socializa y finalmente se hace “explícito” ese saber en nuevos “procedimientos”, que se aplicarán cada vez que el problema reaparece.

Por supuesto que el uso de esos procedimientos, es la primera tarea que le encargan a los jóvenes profesionales-, al menos a aprenderlos y a saber que existen, lo que no quiere decir que frente a la aparición de un problema y a la existencia en la empresa de varios de esos procedimientos, que pareciera que son los que podrían aplicarse- sepan inicialmente elegir cuál de ellos usar. Esa capacidad de elegir se adquiere con la experiencia, la que inclusive puede que los lleve a hacer una lectura “original” y “creativa” del procedimiento y tal vez lo vuelva nuevamente conocimiento tácito, y si obtiene con él un mejor resultado que con el procedimiento anterior se lo socialice y vuelva a hacérselo explícito, incorporándolo al conjunto de procedimiento disponibles para la atención de problemas.

Ello hace que se enfrente en la formación de los ingenieros un problema significativamente mayor al que implicaría si ellos sólo se dedicaran al diseño, actividad considerada paradigmática de la profesión de ingeniero.

## **Las cuatro dimensiones del conocimiento ingenieril**

Aunque la ingeniería, como se dijo es considerada hoy como una actividad claramente diferenciada de la ciencia, existe aún en su enseñanza, en nuestro país un predominio de las ciencias básicas y de la matemática, que -implícitamente- hace pensar que ésta sería “sólo poco más que la mera aplicación de las ciencias exactas y naturales a la solución de problemas de la realidad práctica”.

Pero ese no sería un problema sólo de nuestro país, sino que crece, entre expertos de otros países, la opinión o la hipótesis de que quizá el no exhibir y difundir claramente en todas sus dimensiones el conocimiento ingenieril, sea una de las causas por lo que no resulta atractivo el aprendizaje de la ingeniería.

Por ejemplo, en los EE. UU., la National Academy of Engineering -NAE- ha estudiado el tema en los últimos años, y ha planteado estrategias diversas para hacer más convocante este tipo de carreras a los jóvenes, evidenciando este problema como internacional y no solo argentino, en particular a estudiantes mujeres, que son las más críticas hacia lo que en las carreras se enseña. Señalan que los programas de ingeniería están focalizados en el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, mientras que se minimiza en ellos el desarrollo tanto de los “habilidades de los ingenieros” en su accionar, como de su “forma de pensar” y no se desarrolla la creatividad que implica el diseño.

Por su parte, para contribuir a cambiar esa visión reduccionista, en Portugal por ejemplo, se ha propuesto un modelo donde se presenta a la ingeniería como la concurrencia entrelazada de cuatro dimensiones transdisciplinares.

Una dimensión inspirada por las ciencias básicas que, aunque puede que haga ver a la ingeniería como la mera aplicación de las ciencias, enfatiza los aspectos que, en la profesión tienen que ver con la lógica y el rigor, aplicados en el análisis y la experimentación.

Una dimensión social de la ingeniería que, muestra en cambio a los ingenieros también como expertos sociales, por su capacidad de reconocer la naturaleza esencialmente social del mundo sobre el cual actúan, como por la complejidad que implica gestionar los equipos humanos que integran en sus proyectos. La creación de valor social y económico, y la creencia en la satisfacción de los usuarios finales, emergen como valores centrales en esta dimensión de la ingeniería.

Una dimensión de diseño, que percibe a la ingeniería como artífice del diseño. Esta dimensión valora el pensamiento sistémico más que el pensamiento analítico que caracteriza a la ciencia. Su práctica se basa en una visión holística, contextual e integrada del mundo más que en visiones parciales. Valores típicos de esta dimensión incluyen la exploración de alternativas, y de negociación. En esta dimensión, se recurre con frecuencia a formas no científicas de pensamiento, las decisiones claves están muchas veces basadas en un conocimiento incompleto y en la intuición, así como en experiencias personales y colectivas.

Una cuarta y última dimensión, que concibe a la ingeniería como el arte de concretar las cosas, valorando así la habilidad para cambiar el mundo y encarar la complejidad con flexibilidad y perseverancia. Corresponde a la habilidad del homo faber en su expresión más acabada. Esta dimensión resalta la satisfacción por el logro de la obra terminada, a través de la ejecución de los proyectos.

Se dice que el científico no inventa nada, descubre. El artista, por el contrario, inventa, crea. El ingeniero está a mitad de camino; ni crea del todo, ni inventa del todo. Podríamos decir que transforma.

## Conclusiones

La disposición y la habilidad de los ingenieros para, a través del diagnóstico llegar a la definición del problema y a través del diseño, y del posterior proyecto, a la solución al problema, sería un eje central en la formación de los ingenieros.

La consideración que se hace acerca de las cuatro dimensiones, explica, contextualiza y condensa lo planteado en el texto previo, y pone en evidencia algunos aspectos que, si bien están presentes en los planes de formación actuales, no lo están en la magnitud que su importancia indica.

Para esta corriente de opinión que compartimos, y teniendo en cuenta que la incorporación de los conceptos expresados no debería implicar un aumento de la duración de las carreras de ingeniería, en las que consideramos que existe en la actualidad un relativamente alto componente de ciencias básicas (por otra parte bastante mayor que las recomendadas en las resoluciones ministeriales que definen los estándares para la acreditación de las carreras) Habría que tratar de reforzar las otras tres dimensiones actualmente minimizadas, lo que produciría profesionales adaptados a las exigencias actuales y que quizá atraigan al estudio de la ingeniería a muchos jóvenes que tienen vocación más hacia lo social, hacia el diseño -como actividad creativa- o hacia las realizaciones prácticas efectivas.

Nos parece interesante transcribir la introducción de la propuesta de CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) para la formación de los ingenieros, (el resaltado es nuestro)

“En la actualidad es una tendencia internacional en el diseño de los planes de estudio de ingeniería el uso de las competencias como horizonte formativo. En función de futuras actualizaciones en los planes de estudio, el CONFEDI ha considerado conveniente analizar el tema en

relación con la realidad nacional a efectos de que, si adopta este criterio, su aplicación revista el carácter local que mejore su eficacia.

- Las actualizaciones de los planes de estudio, previas a la acreditación, significaron en la mayoría de las Unidades Académicas, pasar de planes de 6 años de duración nominal a 5 años. Esto obligó a realizar una selección de contenidos que no siempre logró compensar el acortamiento de los tiempos disponibles para su enseñanza. Se considera que trabajar por competencias o integrar de manera intencional las competencias podría dar un marco que facilite una selección y un tratamiento más ajustados y eficaces de los contenidos impartidos.
- Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo.
- En este marco, el diseño por competencias o su integración en el Plan de Estudios ayudaría a vigorizar el saber hacer requerido a los ingenieros recién recibidos.
- Cabe aclarar que la formación de grado se propone desarrollar aquellas competencias que debería poseer el recién graduado y en el nivel de desarrollo adecuado al inicio de su trayecto profesional. En este sentido, y dada el avance permanente de los conocimientos y las tecnologías, se espera que todos los profesionales continúen su formación profesional a lo largo de toda su vida.



## Bibliografía

- Bunge M. (1971): ¿Qué Significa “Ley Científica”? La Ciencia, Su Método y Su Filosofía. Buenos Aires: Siglo Veinte.
- Bunge M. (1982): Ciencia Básica, Ciencia Aplicada y Técnica. Ciencia y Desarrollo. Buenos Aires: Siglo Veinte.
- CONFEDI (2006): Primer acuerdo sobre competencias genéricas “3er. taller s/ desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina” – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química. Villa Carlos Paz, 14 y 15 de agosto 2006 3er. INFORME AGOSTO 2006 [http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria\\_academica/Competencias\\_CONFEDI.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria_academica/Competencias_CONFEDI.pdf)
- Lerch, C, De Vedia L., (2013): El Conocimiento tecnológico y el conocimiento ingenieril, en la formación del ingeniero para un mundo cambiante. San Justo: 1a edición Universidad Nacional de La Matanza.
- Gay A. [] “La ciencia, la técnica y la tecnología”. TecnoRed educativa [www.frrg.utn.edu.ar/frrg/apuntes/cmasala/cienciatecnicatecnologia%20gay.pdf](http://www.frrg.utn.edu.ar/frrg/apuntes/cmasala/cienciatecnicatecnologia%20gay.pdf)
- PEFI “Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016”, Coordinador: Ing. Daniel Morano. <http://portales.educacion.gov.ar/spu/calidad-universitaria/plan-estrategico-de-formacion-de-ingenieros-2012-2016>. Ministerio de Educación SPU.
- Sábato, J. Charlas Informales en el Dpto. de Metalurgia de la CNEA en la década del ‘60.
- Sobrevila, (2001): Utec Noticias, N° 8, UTN Facultad Regional Bahía Blanca.



## PROYECTO GIGA DIIT- UNLAM:

### GIGA DIIT- UNLAM INGENIEROS Y DOCENTES DE INGENIERÍA, SABERES Y PRÁCTICAS EN ACCIÓN<sup>19</sup>.

*Fabiana Grinsztajn  
Hernan Mavrommatis*

Una de las principales actividades que realiza toda universidad es la producción de conocimiento. Las universidades poseen distintas líneas de acción, algunas más comunes o sistemáticas y otras más informales pero igualmente válidas. Podemos considerar que dentro de las acciones formales que se realizan y fomentan dentro de las universidades se encuentran, la investigación, los programas de extensión universitaria, los programas de intercambio y cooperación internacional, la formación continua para docentes y otros similares.

La investigación genera conocimiento a través de los distintos grupos de docentes que se forman alrededor de un interés en común al cual convierten en objeto de su investigación, las acciones sistemáticas realizadas en este sentido conforman una de las vías formales que utiliza la universidad para generar conocimiento.

La formación continua de los docentes, a través de los programas de capacitación, seminarios, congresos y otros eventos similares promueven la generación de conocimiento ampliando el espectro de actores involucrando a alumnos avanzados, ponentes de otras universidades y demás actores del mundo académico.

Los programas de extensión universitaria por su parte amplían todavía más dicho espectro involucrando a los actores del sector privado de la comunidad local, a otros organismos públicos, docentes, alumnos, y

---

<sup>19</sup> GIGA DIIT UNLaM es un Proyecto Departamental para la gestión del conocimiento.

demás interesados, los que en forma conjunta también contribuyen con la generación de conocimiento.

Los convenios e intercambios internacionales con universidades de otros países, fomentan la flexibilidad con la que integrantes del mundo académico de distintas culturas enfocan la resolución de problemas que ocuparán a cada uno de los futuros profesionales pertenecientes a las facultades y departamentos universitarios de cada país.

Pero el conocimiento que se genera en cada una de las experiencias anteriores, y que resulta ser el producto de los distintos actores involucrados en cada una de estas ocupaciones universitarias, tiene la particularidad de no ser únicamente un conocimiento explícito. Es decir, no empieza y termina en los artículos, informes y memorias de trabajo, ponencias, proyectos y presentaciones académicas que se realizan en torno a dichas experiencias. Sino que por el contrario, existe, también como un producto de estas experiencias, la generación de un conocimiento tácito que queda plasmado dentro de las personas que formaron parte de estas acciones, y que permanecen allí hasta que alguien las descubre y hace algo para compartirlas y darlas a conocer al resto del mundo, transformando ese conocimiento en explícito.

La idea principal de la propuesta GIGA DIIT-UNLaM consiste justamente en aprovechar todo ese conocimiento tácito, que muchas veces solo se muestra en las prácticas informales, y realizar acciones para sistematizar el descubrimiento, y difusión de dicho conocimiento producto de años de experiencia, intercambio y participación en múltiples actividades profesionales y académicas, convirtiéndolo en explícito, comunicable y transferible, evitando así que se pierda o no se aproveche por las nuevas generaciones de ingenieros. Para sistematizar el descubrimiento del conocimiento tácito<sup>20</sup> y su posterior difusión, hay que comenzar por entender que dicho conocimiento reside en las personas que, a través de las experiencias antes mencionadas y las propias experiencias de su profesión lo manifiestan en dichas prácticas informales. Estas personas son los docentes de la universidad, aquellos que participan de estas experiencias o los que por su amplia trayectoria acumularon una gran cantidad de conocimiento tácito. Las prácticas informales en donde se evidencia dicho conocimiento tácito suelen ser reuniones casuales con pares, eventuales conversaciones después de hora con alumnos, almuerzos de trabajo, intercambio de experiencias, conversaciones en sala de

---

<sup>20</sup> Se toma el concepto de acuerdo al planteamiento sobre procesos de conversión de conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1999)

profesores, ejemplos prácticos utilizados para esclarecer conceptos teóricos, anécdotas de trabajo, entre otras.

Muy pocas veces ese conocimiento tácito trasciende estas prácticas informales y entonces queda oculto a la vista de muchas personas que los considerarían igualmente valioso. Esto implica una potencial pérdida de dicho conocimiento, dado que aquellos docentes que habiendo acumulado conocimiento tácito generalmente no siempre lo vuelcan en artículos, ponencias, libros, y otros medios de difusión, con lo que luego de su retiro, ese conocimiento se va con ellos, por lo tanto se pierde.

En una época en donde se encuentra ampliamente aceptado, no sólo desde las organizaciones públicas sino también de las privadas, que el capital intelectual y también el capital profesional es uno de los recursos más valiosos de las organizaciones del siglo XXI, pone en evidencia que cualquier acción que se realice en el aprovechamiento de dicho capital resultaría en sí misma valiosa, sobre todo cuando esto implica bucear en las profundidades del conocimiento tácito dentro de una organización para luego ponerlo a disposición de todos sus integrantes y difundirlo, es decir exteriorizarlo.

Además del beneficio que se evidenció anteriormente no solo la universidad y toda su comunidad se benefician al poseer un conocimiento al que antes no se tenía manera de acceder, sino que también y sobre todo, resulta una evidente prueba del reconocimiento por parte de la universidad hacia los docentes que son convocados para participar en propuesta, al mostrarles interés en que compartan sus experiencias y todo su conocimiento acumulado en su trayectoria.

La serie de entrevistas se denomina Giga DIIT- UNLaM Ingenieros y docentes de ingeniería, saberes y prácticas en acción.

La posibilidad de ofertar un espacio para la recuperación y exteriorización del conocimiento, principalmente implementado mediante la generación de videos, podrá generar a partir de dicho material, distintos contenidos para los diversos medios con los que cuenta la universidad, tales como el diario, al transcribir las entrevistas, la radio universitaria, reproduciendo el audio y desde ya el contenido obvio que es la generación de material audiovisual para formatos de TV, redes sociales, videos institucionales, plataformas educativas de enseñanza a distancia, documentales, etc.

Se ha filmado una primera entrevista con la colaboración del Departamento de Medios de la Universidad y convocando al profesor Ing. Carlos Lerch para que diera su visión sobre el tema: formación de ingenieros.

En estos momentos el departamento de medios se encuentra en proceso de edición del material.

La entrevista fue realizada a fines de 2015 y luego comentada por el Ing. Hernán Mavromatis, docente de Ingeniería Industrial y miembro activo del PEICB.

## SOBRE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DIALOGO ENTRE EL ING. LERCH Y EL ING. MAVROMMATIS

Les propongo el siguiente ejercicio de analogía, pensemos por un momento al ingeniero como un producto del sistema de educación superior, como si las universidades fueran fábricas y los ingenieros sus productos. O mejor aún, pensemos al “perfil de ingeniero” como un producto. Si utilizamos la misma lógica del sistema productivo en el cual los ingenieros trabajamos, y verdaderamente queremos fabricar productos innovadores, es decir, productos que sean adoptados por la sociedad no sólo por su originalidad sino que también y sobre todo por su valor, debemos hacer un diagnóstico de la situación actual y diseñar una solución viable que satisfaga las demandas de esa sociedad.

Entonces es importante darse cuenta que no podemos resolver solamente el problema técnico, a saber, formar un ingeniero. No podemos darnos el lujo de pensar únicamente en la parafernalia que gira en torno a la definición del currículo, las competencias, los contenidos y demás cuestiones técnicas propias de aquellos profesionales que pertenecemos al mundo de la educación superior.

Pensar en estos términos resolvería el problema, sí, pero solamente desde un aspecto estrictamente técnico, tendríamos una solución a un problema puntual. Si sólo hiciéramos esto, sería el equivalente a inventar una solución técnica y nada más. Hagamos este ejercicio de analogía para que entiendan mi punto. Edison resolvió el problema técnico de cómo crear luz artificial. Para ello se valió de su conocimiento en ciencias básicas y su experimentación sistemática, con un poco de tiempo y perseverancia, la idea evolucionó hasta que se convirtió en realidad y el problema de la luz artificial quedó resuelto, claro, sólo dentro de su laboratorio.

Para que la iluminación artificial fuera una verdadera innovación, es decir, una tecnología adoptada por la sociedad, que resolviera un problema social real, debieron ocurrir un montón de otros sucesos que no tuvieron que ver necesariamente con la invención de hacer luz artificial.

Es decir, con solo resolver un problema técnico. La verdadera innovación ocurrió cuando pudo diseñarse un método para la reproducción masiva de este invento, cuando se diseñaron las tecnologías para la transformación de distintas energías en energía eléctrica, cuando se realizó el diseño del sistema de transporte y distribución de esa energía eléctrica, y sobre todo gracias al gran científico, inventor y pensador creativo Nikola Tesla que propuso realizar la distribución en corriente alterna en lugar de la corriente continua como proponía Edison. La propuesta de Tesla, además de ser una implementación técnicamente factible, es decir solucionar técnicamente el problema, fue económicamente viable y por ende adoptada masivamente por la sociedad, y se constituyó en una real innovación.

De todos estos diseños antes mencionados nos encargamos los ingenieros, y gracias a estos diseños, el invento, la lamparita, la solución técnica a un problema técnico puntual, más la propuesta de la corriente alterna de Tesla, la lamparita se pudo convertir en una innovación, es decir, en algo que solucionó y sigue solucionando los problemas de iluminación artificial de la sociedad.

Ahora bien, dejemos de lado a Edison y a Tesla, volvamos al perfil del ingeniero, y al ejercicio más arriba propuesto para continuar esta analogía, si ahora nuestro problema técnico es definir un perfil de un ingeniero, queda claro que no podemos inventar únicamente una solución técnica y generar un “perfil de laboratorio”, porque ahora es evidente que esta solución técnica per se no resultará necesariamente valiosa para la sociedad. Hace falta algo más..., pero ¿qué? Habría que pensar en términos de innovación en la formación de perfil de ingenieros y no solo en “inventar” un perfil que solucione nuestro “problema técnico”. ¿Entonces, sobre qué debemos reflexionar aquellos que nos preocupa la formación de ingenieros?

Para darnos algunas pistas acerca de cuáles son las cuestiones en donde tenemos que poner el foco, y comprender mejor el rol del ingeniero en el sistema productivo actual, incluimos a continuación distintas reflexiones acerca del tema propuesto, basándonos en una entrevista al Ing. Carlos Lerch docente del DIIT –UNLaM, quien a su vez fue organizador y ex coordinador de la carrera de Ingeniería Industrial, quien mediante sus propias reflexiones nos ayuda a identificar conceptos claves que, a su vez, son poco considerados en la actualidad a la hora de pensar en la formación de ingenieros para el siglo XXI.



Para comenzar esta reflexión narrada sobre la entrevista con Lerch, decidimos primero focalizarnos en comprender la relación que tiene la ingeniería con dos conceptos muy cercanos a ella. Estos conceptos son la ciencia y la tecnología, sin dejar de considerar a la formación de ingenieros como tema de fondo.

El profesor Lerch nos respondió que, primeramente, debemos tener en claro a qué se dedican los ingenieros, él nos dice “Los ingenieros se dedican a dar respuesta a los problemas de la sociedad empleando los materiales y la energía que provienen de la naturaleza. Es por esto que se hace imposible escindir, la palabra ingeniería de la ciencia y la tecnología”.

En este sentido, nos encontrábamos bien orientados cuando decíamos al principio de este apartado, que es la sociedad en su propio contexto, la que adopta las soluciones que proponen los ingenieros, es por esto que no alcanza con proponer soluciones de laboratorio.

Lerch nos sigue contando que “la ingeniería no es simplemente ciencia aplicada a la solución de los problemas”, -concepto importante para entender el rol y definir el enfoque que deben poseer las materias de ciencias básicas en la ingeniería. Por el contrario “Los ingenieros usan conocimientos de múltiples y diversos tipos. Estos son conocimientos que vienen de la ciencia, de la técnica y conocimientos que vienen en las tecnologías, tecnologías que se utilizan casualmente para transformar los materiales de la naturaleza, puesto que la tecnología es el origen del mundo rediseñado que nos rodea”. Aquí Lerch hace referencia a los conceptos de artefactos y artificios, un mundo artificial, que es aquello que los ingenieros diseñan y producen para hacernos la vida más fácil, los primeros son tangibles autos, sillas, teléfonos celulares, puentes, etc., y los segundos refieren a diversas metodologías y formas de organización de la producción para aumentar los niveles de eficacia y eficiencia de éstos productos antes mencionados.

Para seguir profundizando en estos temas desde el punto de vista de la formación, encontramos interesante preguntarle por las diferencias de tres perfiles, a saber, el técnico, el ingeniero y el científico en cuanto a las acciones y propósitos propios de cada uno. Sobre los cuales no se suele tener una clara idea de los alcances de sus acciones y propósitos. Lerch nos respondía que, en principio, se pueden realizar dos grandes divisiones al respecto “Técnicos e ingenieros pertenecen al mundo del hacer para modificar la naturaleza. O sea que, son productores de cosas nuevas, de cosas diferentes que no existían previamente en la naturaleza”, en cambio los científicos “se dedican a explicar por qué las cosas

son como son y no a generar nuevos productos, nuevos procesos, ni a modificar la naturaleza”. Esta explicación resulta muy importante porque permite definir los alcances de cada rol.

En cuanto a la primer división Lerch destaca los distintos grados de intervención técnica “Cuando uno dice técnicos o dice ingenieros estamos hablando de gradaciones, con esto que quiero decir, técnico, es una formación menor que la del ingeniero y se dedica a intervenir técnicamente sobre los productos, sobre los procesos sean el aparato productivo, sea en su control, sea en el registro, sea en actividades múltiples”. En relación a los ingenieros la diferencia principal viene dada por su condición de agente social, a diferencia de los técnicos los cuales poseen una participación auxiliar. El ingeniero tiene como acción principal dentro de dicha condición diagnosticar y diseñar aquellas intervenciones que dan solución a diversos problemas sociales.

Lerch va más allá y establece las diferencias fundamentales entre los tecnólogos y los ingenieros “El tecnólogo desarrolla tecnologías, mientras que, el ingeniero yo diría que es casi un agente social. Sin sociedad no hay posibilidad de que el ingeniero participe, puesto que sus respuestas-soluciones, son dirigidas hacia las necesidades de la sociedad a través de productos y procesos masivos repetitivos y demás. Entonces si no hay sociedad a la cual atender prácticamente la ingeniería no tiene sentido”. Este concepto del ingeniero como agente social resulta ser un eje de partida fundamental en el diseño del perfil del ingeniero.

Ahora bien, ya establecimos las diferencias entre distintos conceptos cercanos a la ingeniería y acordamos que los ingenieros a diferencia de los técnicos y los científicos pueden verse simplemente como agentes sociales que resuelven problemas de la sociedad, problemas abiertos, es decir que no tienen una única solución. Centrémonos ahora en comprender cuáles son esos problemas abiertos a los que se dedican los ingenieros, y cómo se los prepara para enfrentar dichos problemas. Lerch nos dice al respecto que “la idea de los problemas abiertos de la ingeniería es prácticamente una carencia de las carreras de ingeniería. ¿Por qué digo esto?, porque uno se preocupa en la formación científica como si de verdad, la ingeniería fuera simplemente ciencia aplicada a la solución de los problemas, y esto ya dijimos no es así. Sino que el ingeniero usa conocimientos diversos, entre ellos los científicos, así como también los propios de la profesión del ingeniero, que tienen que ver con la experiencia, que son los que le permite diagnosticar situaciones problemáticas, e idear soluciones”.

De este modo el Profesor está a sus anchas porque es un estudioso y divulgador de un concepto, que para las materias de ciencias básicas resulta fundamental por ser disruptivo ante una mirada tradicional de las mismas. Este concepto es la diferencia en entre hacer ejercicios y resolver problemas, pero no nos adelantemos, veamos que respecto a las situaciones problemáticas nos dice que estas no son problemas definidos. Por el contrario las situaciones problemáticas resultan un verdadero desafío por ser ambiguas y confusas, Lerch nos dice “El desafío es esto que se presenta como una cosa confusa, poco definida, un “despiole”, y ahí adentro hay problemas. Ahora, poder hacer la individualización de los problemas que forman parte de esa situación problemática, categorizarlos para darle peso a ver cuál es más importante, menos importante, puesto que cuando uno dice -voy a intervenir sobre ellos para resolver al menos parte de la problemática- quiere decir que tengo que estar en condiciones de poder analizarlos a ellos individualmente, categorizarlos, y de algún a manera priorizarlos, y elegir prioritariamente en cuáles voy a centrar la solución. Esta cosa es el desafío que fundamentalmente aparece a través de la experiencia, entonces, los ingenieros o los que estudian ingeniería, se enfrentan con que en realidad su contacto durante su formación con la vida práctica real, la de las situaciones problemáticas es muy poca”. Acá Lerch se va acercando al concepto que antes adelantábamos, haciendo una dura crítica a la formación de ingeniero en relación a la cantidad de problemas reales, y no de laboratorio, a los que se enfrentan durante su carrera.

Continúa entonces diciendo que en ingeniería “...no hay como en otras profesiones intervenciones que se hacen acompañados de los docentes. Y cuando digo esto, marco una diferencia importante con lo que le pasa a los científicos de las ciencias que interesan a la ingeniería. Porque se tienen también ciencias sociales, que a la ingeniería le interesan bastante menos, frente a las ciencias físico químicas, y biológicas que son las que participan en los procesos de transformación de esa cosa natural que queremos modificar.

Los que se forman en eso no estudian el método científico explícitamente casi nunca, ¿Por qué? porque en su formación profesional, trabajan desde prácticamente el comienzo de la carrera, insertados en algún grupo de investigación y trabajan en lo que va a ser luego su profesión. En cambio, los que estudian ingeniería se pasan tres años, estudiando física, química, matemática, termodinámica y demás, sin enterarse qué es la ingeniería, y luego vienen las especialidades y las materias vienen en forma individual, y no hay esta cosa de la tensión de un problema abierto

donde viene todo junto”. La referencia en este caso es clara, y a realiza en el mismo sentido de la crítica anterior, pero nos da una esperanza cuando se refiere a las prácticas profesionales supervisadas como una respuesta en el sentido correcto a su crítica, Lerch agrega “Respondiendo a los requisitos que se han fijado para las carreras de ingeniería, aparece una práctica profesional supervisada que tiene un requisito de doscientas horas de dedicación y si uno mira doscientas horas, es la tarea que realiza cualquiera en un mes en relación de dependencia. Entonces, uno se pregunta, ¿quiere decir que un ingeniero en un mes va a tomar experiencia sobre cuál es la actividad del ingeniero? Esto es prácticamente imposible. Al menos en nuestra universidad, lo que nosotros observamos, es que la mayoría de los chicos trabajan. Pero evidentemente no trabajan en la resolución de problemas abiertos sino que trabajan siempre en alguna actividad técnica quizás reemplazando lo que sería un técnico. Pero de ninguna manera están insertos en lugares donde el desafío que se enfrenta es el del problema abierto, porque yo no tengo noticias de que existan estudiantes nuestros que trabajan por ejemplo en empresas de ingeniería, porque como tal la ingeniería en nuestro país es bastante escasa”.

Sobre esta apreciación última es preciso que hacer dos aclaraciones importantes, la primera se basa en una característica propia de los alumnos que cursan la materia de práctica profesional supervisada, en donde casi el 100% de los alumnos trabajan. Por lo cual, la insuficiencia esgrimida de esas doscientas horas referidas, que son las mínimas exigidas para esta materia, son potenciadas por la carga horaria de los trabajos que tienen los alumnos. Esto no sucede en todos los casos, dado que la materia PPS, de Práctica Profesional Supervisada trabaja con becas y pasantías para aquellos alumnos que no poseen trabajo, que es el caso de muchas otras universidades. En este sentido esas doscientas horas son el tiempo que tienen los estudiantes para enfrentarse al tipo de desafíos referidos anteriormente. La segunda aclaración viene dada porque en general los estudiantes que trabajan en empresas no suelen hacer trabajos de ingeniería definidos en los términos de diagnóstico y diseño, concepto que aparece más adelante.

Ahora sí nos metemos de lleno en esto que adelantábamos antes, la diferencia entre los ejercicios y los problemas, en este caso mi pregunta fue directa, ¿Por qué es importante para los profesores que enseñamos en ingeniería, que comprendamos muy bien esta diferencia entre problema y ejercicio, sobre todo aquellos que enseñan las ciencias básicas? Lerch responde argumentando “Yo diría que es importante por una razón. Si uno tiene en cuenta qué es lo que se hace en la mayoría de las materias

donde uno dice -estuvo resolviendo problemas-, pero no, no estuvo resolviendo problemas, estuvo haciendo ejercicios que lo habilitan a ganar destrezas en el manejo de un algoritmo que termina de aprender, lo aplica, entonces aprende a aplicarlo, lo repite como si estuviera en un gimnasio ejercitando un musculo, ejercita la aplicación de ese algoritmo y adquiere destreza en ello, pero esto no es resolver un problema. Los problemas no aparecen nunca explícitos de esa manera y dicen -aplique este algoritmo-, esto no existe. Entonces, los ejercicios tienen que ver con adquirir destrezas y habilidades en las materias específicas donde están puestos, pero esto no es atacar un problema”. Creo que esto es una clara diferencia, entre estos dos conceptos tan cotidianos, pero que muchas veces, no se encuentra presente en el pensamiento de aquellos que diseñan actividades prácticas o de laboratorio para estudiantes de ingeniería. Siguiendo con esta distinción toma como ejemplo los problemas y las demostraciones propias de la matemática, sobre estas últimas nos dice que “Siempre o casi siempre se trata de ejercicios para adquirir destrezas en lo que terminan de aprender, derivar, integrar, y sino demostrar teoremas, que ya fueron demostrados dado que sus resultados quizá se conocen desde hace dos mil quinientos años. Y si uno lo estudia de memoria y sigue todos los pasos que siguieron los griegos cuando los demostraron está todo bien, y uno dice -está demostrando un teorema. Pero no está demostrando un teorema, está repitiendo la demostración que hicieron hace dos mil quinientos años atrás”.

Lerch marca esta idea como una consecuencia de confundir estos conceptos de problema y ejercicio, para subsanar esta importante cuestión nos dice que “El profesor tendría que ir a la par del alumno viendo cómo hacer para demostrar el desafío que se me presenta y esto no es lo que sucede cuando se hacen las experiencias en física, electrónica y demás, sino que es repetir el experimento que hizo Ohm, o la luz Huygens. Cada uno que hace algo así, dice que es una experiencia que está haciendo en el laboratorio, pero simplemente está repitiendo una experiencia histórica que permitió llegar a una ley. Ley que estudia y que debe conocer. Pero conocer su existencia, y para conocer la existencia de la ley hoy, no es un problema basta con entrar a Wikipedia. Demostrarlo sería hacer una demostración y hacer un ejercicio y hacer una experimentación en el laboratorio y hacer una experimentación no es seguir los pasos que siguió el autor original, que es lo mismo que se metan en la bañera para demostrar el principio de Arquímedes”.

En este caso Lerch abre la puerta de discusión a un tema que claramente excede nuestras reflexiones pero que dejamos planteado como ejercicio, o mejor dicho como problema al lector. La referencia al uso de la tecnología de formación como instrumento complementario en la práctica de los profesionales. El viejo planteo de la dependencia de la tecnología, que antes se daba con la calculadora científica, ahora se profundiza con el uso de Internet.

Volviendo a lo nuestro retomamos el tema con otra pregunta: ¿En qué momento o a qué altura de la carrera de ingeniería, el alumno empieza a reconocerse como ingeniero?, Lerch nos dice “Es difícil saber cuándo se empieza a reconocer un alumno como ingeniero mientras está estudiando, puesto que, los conceptos básicos que hacen al ingeniero, que son estos que estuvimos hablando, como capacidad de diagnosticar el problema y capacidad de diseñar la solución prácticamente estas secuencias no aparecen en la carrera en ningún momento. Entonces, el estudiante de ingeniería no se ve ejercitando la actividad del ingeniero”.

El Ing. Lerch analiza los conceptos centrales para un ingeniero, el diagnóstico y el diseño, y continúa su respuesta tomando como referencia a distintas características del sector productivo de nuestro país, dado que no considera esta cuestión como un problema estrictamente educativo.

“El problema en realidad es que en nuestro país, son muy pocos los ingenieros que trabajan de ingenieros siguiendo esta definición. En nuestro país, es muy difícil encontrar ingenieros que trabajen enfrentando desafíos y tener que plantear un diseño original de algo que va a hacer. Si nosotros miramos los mercados que nos rodean, vamos a ver que no tenemos prácticamente ningún producto con marca propia, esto quiere decir que cuando uno dice Ford está diciendo un auto que lo diseñaron en otro lado, cuando uno dice Samsung por un televisor, está diciendo televisor que diseñaron en otro lado, y cuando uno dice galletitas está pensando en una galletita que diseñaron en otro lado. Entonces prácticamente es difícil que uno encuentre ingenieros en nuestro país que trabajen en la actividad de diseño, que es la que decimos que de alguna manera te marca como ingeniero”. Esta observación resulta interesante porque deja entrever la importancia que tiene no sólo el sector productivo, sino el rol del Estado quien promueve o dificulta las actividades relacionadas con el diseño en la ingeniería, siguiendo con su argumento Lerch profundiza respondiendo por qué nos pasa esto “En nuestro país la actividad solo existe en muy pocas oportunidades y en muy pocos lugares y además es paradójico porque nosotros tenemos satélite con marca propia, tenemos

reactores nucleares experimentales con marca propia, entonces tenemos cosas complejÍsimas con marca propia, pero solo unas pocas. Entonces ¿Cuántos ingenieros son los que trabajan en esos lugares y cuántos de esos ingenieros que trabajan están transmitiendo este conocimiento a la facultad de ingeniería? Entonces, es difícil que alguien, aunque sea por imitación a lo que hace su docente, a lo que le cuenta que es su práctica profesional, empiece a pensar como ingeniero, -bueno a mí me interesaría que lo hagan-, pero esto desgraciadamente es la realidad de nuestro país y es la realidad de unos cuantos países que nos rodean”.

Respecto de la visión paradójica a la que refiere, si bien resulta ser interesante, y provocadora, entiendo que un país no puede ser bueno en todo, quiero decir que, en los niveles que hoy posee el mundo de competitividad, el estado del arte de la tecnología, y experiencias acumuladas en producción, cada uno de los países debe, y de hecho lo hacen, construir su matriz estratégica competitiva. Centrándose en aquellos rubros y prácticas para los cuales posee mayor oportunidades y capital intelectual. Entonces, trazar ejes estratégicos para focalizar el desarrollo local, generar conocimiento no sólo en esas industrias sino también en las industrias de apoyo, generar clusters para la capitalizar la innovación no ya de una, sino de un conjunto de organizaciones que colaboran aumentando la competitividad de toda una industria, es el camino que allanará la problemática de los ingenieros. En este sentido Lerch realiza una mirada a al pasado, él nos cuenta “En el pasado remoto en el cual yo estudiaba ingeniería había autos con marca propia, estaba el Rastrojero diésel que duró unos cuantos años y la moto Puma, pero además existieron aviones con marca propia como los Pucará que usamos en Malvinas, también existían radios, televisores, Ranser, Noblex y no sé cuántos aparatos que uno usaba que eran diseño local. Hoy esas cosas han dejado de ser diseño local y esto tiene que ver con la globalización de la economía, de las producciones. Donde ya ahora es más difícil tener una participación en este tipo de productos, en los cuales nosotros pareciera que hemos renunciado a hacerlo. Y esto lleva a que es difícil que alguien que estudia ingeniería reconozca estos aspectos paradigmáticos de la profesión, como son el diagnóstico y el diseño de la solución. Entonces comenzar a pensar como ingeniero, entrar a pensar en ello, cuando en realidad se incorporan a trabajar los que pasaron tercer año y empiezan a trabajar en cadenas de producción, donde en lo que trabajan son en esos aspectos de la cadena que tienen que ver con eso que definimos al comienzo como “técnico”, un señor que hace intervenciones técnicas

sobre productos o procesos que están totalmente definidos. Y donde además ese señor tiene poca participación en la creación del producto, ni tampoco de la organización industrial, ni del proceso productivo, entonces es difícil que se sientan ingenieros”.

En este cierre de pensamiento Lerch nos deja abiertas unas cuantas cuestiones sobre las cuales vale la pena ponerse a pensar, alguna de las cuales les plantearé aquí en forma de pregunta. ¿Cuál es el desafío del Estado en este sentido?, ¿Cómo fomentar la interacción entre Estado, industria y universidad? ¿Cuál sería la manera óptima de identificar nuestras competencias diferenciales y realizar acciones para llevarlas a la práctica de modo tal que potencien nuestra competitividad? ...

Podría seguir todo el día formulando cuestiones que surgen de lo explicado por Lerch, pero sigamos en la línea de lo que ahora nos ocupa y demos paso a una pregunta que formuló Fabiana Grinsztajn en el contexto de esta entrevista. ¿Sería posible entonces para el estudiante, para suplir esta carencia del sistema económico-productivo, suplirla a través de simulaciones, donde la misma carrera en su formación el estudiante de ingeniería se vea obligado a diagnosticar, a diseñar?

En una primera parte de la respuesta Lerch nos dice:

“Resulta difícil suponer que el estudiante empieza a pensar y empieza a trabajar si esta actividad no es real y no existe cercana a la universidad. Uno mira y mira nuestro sistema educativo, éste prevé que las universidades tienen que tener, como toda institución de educación superior, tres funciones principales. Una función es enseñar conocimientos que existen, que se distribuyen, se reparten, se administran y se los forma a los alumnos para que lo sepan usar. Por otro lado el sistema educativo tiene que hacer investigación, y tiene que generar nuevos conocimientos a través de la investigación. Bueno, hay algunos pocos alumnos que logran trabajar en esto, pero inclusive si el sistema de la universidad tiene fondos para hacer investigación y desarrollo y llegar a un producto transferible que es lo que interesa al final al ingeniero, un producto, o un proceso productivo masivo, repetitivo que sea útil, esos fondos resultan muy escasos”.

En esta oportunidad el profesor se basa en las tres funciones principales que poseen las universidades y señala que en realidad las actividades relacionadas con el proceso productivo en donde los estudiantes de ingeniería puedan participar como pre profesionales acertándose a las tareas propias de diagnóstico y diseño resultan escasas.

A continuación fundamenta su respuesta “Llegar a ese punto del proceso de desarrollo requiere una experimentación muy grande. O sea,



una cosa es hacer experimentos asociados al conocimiento científico para poder rebatir una hipótesis o poder reafirmarla, diseñar un experimento y ejecutarlo. Y otra cosa es un prototipo de algo que quiero desarrollar, o una planta piloto, o pequeña con un proceso en producción y luego escalarlo para llegar a la escala final para poder despojar de todos los inconvenientes que tiene todo este proceso largo hasta llegar a la producción masiva y repetitiva. Y esto prácticamente no está disponible es casi imposible, la universidad no se dedica a eso. Prácticamente hace investigación y desarrollo como un efecto demostrativo. O sea, el alumno tiene posibilidad de participar y ver que el conocimiento es algo vivo, que el conocimiento es un producto más que se produce, que se genera de una dada manera metódica, sistemática, a través de un método. Entonces si tiene esa chance, si la tiene el alumno, es entonces cuando uno dice -puedo ver la ingeniería en acción- dado que el sistema educativo prevé que las instituciones de educación superior tienen que tener extensión y transferencia, de esos conocimientos que usan y existen, hacia el mundo productivo, o hacia el entorno social”.

En este último apartado se marca una interesante diferencia de contextos, por un lado, tenemos el contexto académico de la investigación y el desarrollo que es el mundo, si se quiere, de los prototipos, y por otro lado está el contexto del sector productivo, que es el contexto de la producción en serie, a escala la cual está interesada siempre en la eficiencia del proceso productivo.

Lerch habla del entorno social, volviéndonos a dar una luz de esperanza en el corto plazo, él nos dice “Hacia el entorno social puede ser que uno encuentre intervenciones directas bastante importantes, es más difícil hacia el aparato productivo, que es donde el ingeniero, en realidad, siente su máxima realización y empieza a pensar como ingeniero, y esto ¿Por qué? Porque si dijimos que el sistema productivo utiliza poco de esos conocimientos, entonces, el sistema productivo cuando recibe apoyo de extensión, es para resolver problemas operativos, y los problemas operativos no tiene nada que ver con hacer el diseño original. Entonces, es difícil pensar que uno pueda armar un sistema educativo aislado del aparato productivo. Pero respondiendo a una pregunta previa que decía, si es que se forman en la universidad, se forman en los posgrados, o se forman en el mundo productivo, yo diría que en este tema acá, existe una diferencia dando vuelta, que nunca está lo suficientemente clara. Y es que en realidad cuando uno dice -competencias que tienen que tener los ingenieros-, la universidad forma pre- competencias, entonces, un ingeniero de verdad se forma en la escuela de ingeniería, en las

pre-competencias y las competencias finales las desarrolla en el ejercicio de la profesión, y el ejercicio de la profesión, y si lo hace guiado, es mucho mejor”.

Estas pre competencias, pueden verse como el conocimiento habilitante para comenzar a desarrollarse en el mundo profesional y para avanzar con estudios de posgrado.

Para ampliar el concepto del entorno social, dado que si bien como nos decía Carlos, el entorno propio de los ingenieros es el sector productivo, no debemos olvidarnos que habíamos hablado también del ingeniero como un actor social, y en este sentido hay buenas noticias. En los próximos años se va a consolidar un concepto que hoy aparece en muchos países, que es el concepto de la innovación frugal, promovido por Navi Radjou un líder innovador asesor en Silicon Valley. La innovación frugal refiere a un concepto fácil de explicar pero difícil de implementar “hacer más con menos”. Se basa en innovaciones en donde los aportes posean un alto impacto social utilizando poco recursos pero apalancados por el valor y la originalidad de dichas propuestas.

Pero volviendo a nuestro sistema productivo, Lerch nos cuenta qué necesitarían las industrias productivas para contribuir con la formación de ingenieros en el sentido antes expuesto “Para eso se necesitarían instituciones productivas que hagan ese tipo de actividad principal que corresponde a la ingeniería, y esto se ve y se nota muy fácil cuando uno encuentra ciertos nichos donde Argentina. Si tienen posibilidad de participación, intervención, si los alumnos que estudian se terminan formando profesionalmente en el pensamiento ingenieril desde el lugar donde trabajan, como por ejemplo los que trabajan en la Comisión de Energía Atómica que se forman en esta cosa.

Si uno mira los que estudian en Bariloche, Ingeniería Nuclear tienen un Reactor experimental ahí a sus manos, y tienen a su lado todos los que participan en el desarrollo nuclear en la Argentina. O si alguien dice -participa en una empresa que es proveedora de ese desarrollo o participa en INVAP-, como tienen la posibilidad de trabajar en INVAP los alumnos que están fundamentalmente en Rio Negro, evidentemente esos sí. Porque están involucrados INVAP que es una empresa de tecnología, que produce tecnología propia y que produce múltiples productos tecnológicos sean satélites, sean reactores experimentales, sean radares, o sean equipos de electromedicina, entonces los alumnos que pasan por ahí adentro, tienen la posibilidad de integrarse a un aparato productivo, que si tienen la posibilidad de experimentar el diagnóstico de problema original, de entender la problemática de ver donde pongo el foco por-

que el producto final termina siendo una integración, porque muchas de las partes son importadas, sobre todo cuando hablamos del satélite, casi todos los componentes que lleva son importados y el resto es un ensamble que uno hace a propósito, para que éste cumpla la función que uno quiere que tenga”.

Después de brindarnos algunos ejemplos que muestran cual es el punto de vista que desarrolla a lo largo de la entrevista, Lerch, aclara todavía más este punto hablando sobre los emprendimientos basados en implementar ideas uniendo las ya existentes y los emprendimientos en los cuales se requiere producir un bien o un servicio en una industria, él nos dice:

“En Argentina los porcentajes de egresados que participan en desarrollo, diseño, creación de nuevos productos, procesos y demás cosas parecidas, es una fracción limitada, mínima, porque el sistema productivo es limitado en eso, pero no en cuanto a operación de facilidades productivas, en donde yo diría que Argentina, a diferencia incluso de otros países, opera independientemente en todos los frentes. Cuando uno empieza a mirar lo que sean desarrollos propios que tienen que ver con lo aplicativo, tiene que ver por ejemplo con software creativo, está este de Restorando, el de Despegar de los pasajes de avión, existen muchas de estas cosas sobre comprar, vender, registrar que son creaciones propias. No es que no hay creación, hay creación, pero la creación es prácticamente la idea y luego la implementación de la idea, es más bien ensamblar cosas que existen. Entonces, cuando yo estoy diciendo -productivo- estoy diciendo reproducir masivamente cosas diseñadas en otra parte, para no confundir. Si no pareciera que si uno se dedica a las nuevas tecnologías en el país armando cosas ajenas, va a llevar a todos los ingenieros, o a un gran porcentaje de ellos, hacia la producción, hacia la creación, hacia el diseño de cosas originales, y yo diría no es así. Porque digamos, cuando uno mira lo que consume la población, y sí por cierto la población consume, y para asistir a todas las demandas de la población, sea de bienes, sobre todo de bienes tangibles, dejando los servicios de lado, bienes que se producen masiva y repetitivamente, y esto tiene que ver con los alimentos, con la vestimenta, o los productos para la salud. Cuando uno empieza a mirar la gran mayoría en volumen del consumo y en cantidad productiva. Además de los servicios básicos, como el servicio básico significa agua, cloacas, luz, gas y todos estos sistemas de distribución, que en Argentina existen, pero el diseño de esas cosas muchas veces vienen de afuera de la mano y asistido por empresas internacionales”.

¿Esta diferencia de la que hablábamos queda bien marcada, luego de esto, Lerch nos advierte que puede haber un quiebre en esta lógica anteriormente expuesta, entonces se pregunta “¿Qué es lo que en este momento uno puede decir que está marcando un quiebre? El hecho de que YPF sea nacional y el hecho de que YPF haya vuelto a tener laboratorios de investigación y desarrollo, y el hecho de que dicha empresa esté pensando en desarrollar nuevos productos y nuevos procesos nos pone en marcha a una demanda más o menos importante. Los desafíos de los próximos diez a veinte años son importantes, y esos desafíos evidentemente si uno tiene una empresa líder local que hace desarrollo localmente, esto va a arrastrar una cantidad más o menos importante de egresados y si no eso es difícil de esperar. Uno dice Esso, Shell, ninguno de ellos hace desarrollo en Argentina, ninguno tiene un laboratorio de investigación y desarrollo. Entonces, pareciera hasta contradictoria del pensamiento que uno tenía de como es el desarrollo de un país, que pasaría alrededor de los productos básicos, cómo cemento, acero. Pero existen empresas como Arcor que produce golosinas que no produce bajo licencia de nadie, es un producto de marca propia y tiene treinta plantas productivas, y que las plantas productivas las hizo con ingeniería propia, a diferencia de lo que pueden ser las plantas de exportación de aceite de soja, que como eso hay que hacerlo rápido, es un commodity cuyo valor agregado es bajo la planta tiene que estar pronto y ser lo más eficiente posible desde el día que empieza. Entonces, uno empieza a encontrar que hay ciertos nichos y si uno mira el sistema innovativo de la Argentina, y empieza a encontrar como que esta cosa del costo de la innovación no quedó en manos solo del gobierno. Porque uno tiene los premios del gobierno a la innovación al desarrollo de nuevos productos, procesos del Programa INNOVAR, que marca un camino, pero uno empieza a ver que aparecen también el premio de Arcor, que empieza el premio de Bagó, que sigue el premio de Techint en máquinas agrícolas, que sigue el premio de no sé quién y que además, sigue esto de Open Innovation, Innovación Abierta que convoca gente, innovadores que tengan cosas que quieran desarrollar de parte de Molinos. Y Molinos es una empresa nacional, entonces uno empieza a decir bueno, alguna cosa está pasando. Si en tanto y en cuanto se cambia el perfil productivo y empiecen a aparecer productos con marca propia de esos productos masivos repetitivos que son los que se consumen. No es que la nafta propia va a llevar mucha gente, pero digamos que lo que pasa es que llegar a la nafta lleva atrás un desarrollo inmenso de los sistemas productivos que significa aguas arriba hasta lle-

gar a la explotación y a los insumos que esto utiliza, aunque algunos de esos insumos, de mano de la empresa internacional, vienen del exterior”.

En este sentido, expuesto por Carlos, vuelve a aparecer el concepto de identificar nuestras competencias diferenciales y ver la manera de explotarla para aumentar la competitividad. Hace hincapié en el concepto de la innovación abierta, una práctica ampliamente desarrollada, cada vez con más auge e irradiando su filosofía, no solo en la industria, sino que también en la educación, open education, y en los gobiernos, open government. Esta filosofía de apertura se basa en el concepto, que toma por eje un valor muchas veces olvidado que es la humildad. Esta humildad es la que permite aceptar, desde las personas, que hay gente que es más inteligente y posee más cocimientos que uno, y desde las organizaciones, que hay organizaciones que tienen un capital intelectual más desarrollado que la propia. Estos conceptos son los que sumado al concepto de colaboración, permite establecer modelos win-win, es decir en donde todos los participantes ganan. Hubo muchos pioneros que sin saberlo, abrieron su conocimiento para el beneficio de todos, Nikola Tesla con su intento de energizar todo el planeta para que cualquier persona pueda utilizar dicha energía en forma gratuita, John von Neumann, con su arquitectura abierta que fundó las bases de la computación, Tim Berners-Lee quien nos regaló la Web que tanto disfrutamos, Luis Von Ahn quien brinda la posibilidad a decenas de millones de personas en todo el mundo a aprender idiomas de modo gratuito, Richard Stallman impulsor del software libre, Linus Torvalds, impulsor de la construcción colaborativa del sistema operativo Linux, al igual que Jimmy Wales cofundador de Wikipedia, antes mencionada, y muchos ejemplos más. Todos ellos con ideas innovadoras gracias a su pensamiento creativo.

Hablando de creatividad, quisimos cerrar la entrevista centrándonos en este concepto, la creatividad. Un concepto más asociado al arte, la publicidad y el marketing que a los ingenieros. Pero que sin embargo está íntimamente relacionado con la ingeniería. Entonces le pedimos a Carlos que cierre sus ideas, dándonos su opinión respecto al rol del pensamiento creativo en la ingeniería dado que entiendo que los ingenieros necesitan del pensamiento creativo para realizar sus diagnósticos y sus diseños, esto es lo que Lerch nos responde:

“Si uno va a pensar el rol del pensamiento creativo en ingeniería, yo diría que, es prácticamente inseparable de la ingeniería el pensamiento creativo. En función de que cada una de estas cosas que yo dije, si cada vez que uno piensa que uno está diagnosticando problemas locales que

tienen particularidades, que lo separan de esa cosa que uno puede conocer por haber leído y estudiado reglas generales y diagnósticos generales, que se hacen en el mundo. Pero uno tiene las particularidades locales presentes de los recursos a emplear locales y de los destinatarios locales, de los esfuerzos que hay que realizar, entonces, esta cosa de compatibilizar que requieren las soluciones a los problemas abiertos sean prácticamente, soluciones creativas. Esto nos está llevando a que las respuestas que hay que dar a estas cosas, tienen que tener un componente creativo importante, y esta cosa también es difícil de suponer que uno lo vaya a aprender leyendo, existe prácticamente una máxima en diseño que lo dice, y el diseño sería el disparador de la carrera de ingeniería. Pero si uno mira nuestras carreras, prácticamente la palabra diseño no existe. Entonces uno dice diseño y proyecto prácticamente serían lo mismo porque se supone que lo pensó, lo diseñó, lo realizó, pero esto es una abstracción, no es así. Entonces si uno piensa en el término diseño y empieza uno a recorrer, existen de alguna manera, métodos o metodologías que hacen al 'hacer' en el diseño.

Existe un criterio que dice el diseño no se enseña, se aprende. O sea, uno no enseñaría a diseñar, pero digamos, que uno sí enseña a pensar cómo piensa un diseñador. Uno sí enseña, cuáles son las técnicas que permiten enfrentar problemas abiertos, para entenderlos para crear alternativas, para que no sea el pensamiento lineal que te lleva a suponer que siempre la respuesta es la misma.

Porque hoy los productos no aceptan ese tipo de cosa, en el mercado prácticamente los productos se renuevan cada vez más rápidamente y se renuevan siempre por un producto más complejo técnicamente y ese producto incorpora señales, conocimientos y demás, de múltiples lugares y múltiples disciplinas.

Entonces, el diseñador tiene que estar atento a todo esto y tiene que hacer ese balance y esa combinación, y eso prácticamente hoy los que estudian diseño industrial son los que aprenden eso. Aprenden a hacer esta cosa de sentir, de censar los sentimientos de la población respecto de lo que quieren, necesitan, y de cuáles son las opciones que podrían satisfacerlos. Y por otro lado cuáles son los componentes y partes integrantes que existen, que dan vueltas, que alguien fabrica. Y ellos hacen esta cosa de decir el ensamble de todo esto en una respuesta total y absolutamente diferente y creativa, pero esto hoy está quedando en manos de los diseñadores.

Entonces, el rol principal del ingeniero que es el diseño, basta ver las incumbencias que prevé el ministerio, el ministerio de educación que es el que fija las incumbencias, y al darle un título en la universidad está dando exclusividad para intervenir en ello. Y bueno todas las especialidades de ingeniería tienen diseño, en la formulación de sus competencias. Ahora cuando uno mira cómo se forma en las carreras donde la palabra diseño explícitamente, así como la palabra creatividad que lleva el diseño prácticamente no existen, entonces se hace como difícil de aceptar que sea una incumbencia.

Cuando los que estudian diseño en cambio, empiezan desde el día cero sentados en un taller de diseño, así como los que hacen arquitectura también, experimentando esta cosa de crear cosas nuevas. Entonces este es un problema que da vueltas que yo creo que va a ser difícil de salvar, porque cuando uno dice respuestas creativas a problemas, parecía que hay que ir afuera a estudiar Programación Neuro Lingüística, o el pensamiento lateral, cuando toda esta cosa forma parte de lo que el ingeniero debiera manejar a diario, y debiera practicar en esa cosa que se llama el diseño aplicado en ingeniería, o el diseño ingenieril de las cosas, que no es diseño aplicado, sino que es el rol fundamental de la ingeniería”.

Haciendo un fuerte hincapié en la práctica del ingeniero en su rol de diagnosticador y diseñador, Lerch, destaca la importancia que el pensamiento creativo tiene en este sentido. Ya que es el ingeniero, aquel que posee una mirada distinta de las cosas, cuestión que muchas veces paradójicamente resulta objeto de crítica hacia los ingenieros. Como Carlos suele decir en sus clases, los científicos al observar la realidad se preguntan siempre -¿por qué?, ¿por qué las cosas son como son?-, mientras que los ingenieros son aquellas personas que se preguntan -¿y por qué no? Por qué no podrían ser de otra manera, y se ponen a hacerlo.

Hacerse preguntas, además de favorecer el pensamiento creativo, estimula el pensamiento crítico. Para obtener resultados diferentes no hay que hacer las mismas cosas, decía uno que sabía pero que sobretodo imaginaba, para hacer cosas distintas, imagino que hay que identificar y cuestionar nuestros esquemas mentales mediante al pensamiento crítico, y desafiarlos mediante nuestro pensamiento creativo. Solo así podremos preparar de la mejor manera posible a los futuros ingenieros para el siglo XXI.

*Gracias Ing. Carlos Lerch*

## Bibliografía y Referencias:

Berners Lee es un informático británico que inventó la World Wide Web. Timothy John Berners Lee nació el 8 de junio 1955 y creció en Londres. Estudió física en la Universidad de Oxford y se convirtió en un ingeniero de software. En 1994, Berners Lee fundó el World Wide Web Consortium en el Laboratorio de Ciencias de la Computación (LCS) en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Boston. Se ha desempeñado como director del consorcio desde entonces. También trabaja como científico de investigación senior de LCS que ahora se ha convertido en la Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de laboratorio. [http://www.bbc.co.uk/history/historic\\_figures/berners\\_lee\\_tim.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/berners_lee_tim.shtml)

Jimmy Donal «Jimbo» Wales es un empresario de Internet estadounidense, cofundador y promotor de Wikipedia. Además, fue fundador de Nupedia, antecesora de Wikipedia, y, junto con Tim Shell, de la compañía Bomis. [http://elpais.com/diario/2005/07/14/ciberpais/1121305223\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2005/07/14/ciberpais/1121305223_850215.html)

Linus Benedict Torvalds es un ingeniero de software finlandés estadounidense, conocido por iniciar y mantener el desarrollo del “kernel” Linux, basándose en el sistema operativo libre Minix creado por Andrew S. <http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/8294/Linus%20Torvald>

Navi Radjou: es un asesor de la innovación y el liderazgo basado en Silicon Valley. Un Fellow en la Judge Business School, Universidad de Cambridge, que ganó el Premio 2013 Thinkers50 Innovación y habló en TED Global 2014. Navi es el co-autor de frugal Innovación, publicado por The Economist en febrero de 2015. También co-autor de los bestsellers internacionales Jugaad Innovación y De inteligente a Wise. Él es un codiciado orador principal, que es ampliamente citado en los medios de comunicación internacionales. Navi es un colaborador habitual de Harvard Business Review en línea. Anteriormente, se desempeñó como vicepresidente de Forrester Research en Boston y San Francisco. Durante casi 20 años, se ha consultado a las principales firmas globales, incluyendo BP, sopa de Campbell, Cisco, E & Y, Fujitsu, GM, Hitachi, IBM, Microsoft, P & G, Rolls-Royce y SAP. <http://naviradjou.com/>

Nikola Tesla: inventor norteamericano de origen serbio (Smiljan, zona de mayoría serbia de la actual Croacia 1856-Nueva York, 1943) algunas referencias de interés en Internet: <https://espacio.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2014/02/1420480419>. Museo Tesla en Belgrado <http://www.tesla-museum.org/> - Memorial Tesla Zagreb: <http://www.mcnikolatesla.hr/> - Tesla Memorial Society of New York <http://www.teslasociety.com/> - Tesla life and legacy [http://nikola\\_tesla\\_suyo\\_es\\_el\\_futuro\\_parasabermas.pdf](http://nikola_tesla_suyo_es_el_futuro_parasabermas.pdf) //www.pbs.org/tesla/ll/index.html - Tesla. Master of lightning: <http://www.pbs.org/tesla/>.



Nonaka Takeuchi (1999) La organización creadora de conocimiento Como las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación Oxford University Press

Richard Matthew Stallman, con frecuencia abreviado como «rms», es un programador estadounidense y fundador del movimiento por el software libre en el mundo.  
[https://www.youtube.com/watch?v=OJqf\\_X0Z1Wg](https://www.youtube.com/watch?v=OJqf_X0Z1Wg)



# EPÍLOGO.

## PROSPECTIVA PEDAGÓGICA DEL DIIT

*Bettina Donadello*

A lo largo del presente libro se ha detallado y expuesto el contexto que enmarca el PEICB, la propuesta metodológica y pedagógica para las cátedras seleccionadas en dicho proyecto, para finalizar con un capítulo dedicado especialmente a la formación del ingeniero que demanda el nuevo siglo. Este accionar es una etapa bien diferenciada dentro de un gran despliegue de actividades que se vienen desarrollando en el DIIT, en el marco de la UNLaM y del Sistema Educativo de Argentina en su conjunto; considerando las demandas sociales, la formación del profesional de manera integral y las necesidades del mercado laboral; a fin de adaptar la oferta educativa a las mismas, a nivel local, dentro de un marco internacional.

El equipo pedagógico del DIIT durante los próximos años continuará con el plan estratégico definido y explicitado al inicio de este medio de comunicación, intentando trabajar de forma cada vez más articulada y conjunta entre los distintos referentes docentes asignados por cátedra, bajo la coordinación de los asesores pedagógicos, y otras áreas del mismo que contribuyen a la mejora de la formación y contención de nuestros alumnos, como el equipo de tutores en todas sus etapas del ciclo educativo, bajo la dirección y seguimiento de los coordinadores asignados, y otras iniciativas puestas en marcha orientadas al emprendedorismo e inserción profesional desarrolladas en el Centro de Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Dentro de la Estrategia Pedagógica del DIIT cabe citar algunas iniciativas de trabajo colaborativo complementarias, dentro de las cuales se inserta el PEICB entre otras acciones para la mejora de la formación de los ingenieros UNLaM, algunas de ellas ya citadas en este apartado y a lo largo del desarrollo del libro:

- Plan de articulación escuelas secundarias técnicas-Universidad.
- Revisión curricular de materia matemática de ingreso.
- Plan de reorganización académica de ciclo básico.

- Plan de reorganización académica de ciclo superior.
- Centro de Desarrollo de Tecnología de la Información y la Comunicación.
- Proyecto piloto de educación a distancia.
- Equipo de tutorías aspirantes a UNLaM.
- Equipo de tutorías ingresantes (becas bicentenario, de apoyo a la cursada).
- Equipo de docentes asistentes.
- Equipo de tutorías alumnos avanzados (becas fin de carrera).
- Formación docente de nivel secundario: herramienta Alice y otras para enseñar programación en escuelas secundarias.
- Formación docente de nivel superior: maestrías y doctorados.
- Maestría en Informática.
- Maestría en Desarrollos Informáticos de Aplicación Espacial, convenio CONAE.
- Doctorado en Ingeniería, en proceso de desarrollo.
- Formación continua del claustro docente (técnica y pedagógica).
- Participación en proyectos de investigación.
- Expo Proyecto.
- Expo Escuela.
- Participación del DIIT en ferias y exposiciones de la UNLaM.
- Entre otras.

Para ello la mejora educativa integral del DIIT, es fundamental el estilo de liderazgo ejercido por las autoridades, asesores pedagógicos y docentes, el cual se orienta a las características de un liderazgo de tipo distribuido.

Siguiendo al Dr. Oscar Maureira (2014:143), “El liderazgo distribuido posee diferentes acepciones e interpretaciones que han complejizando su conceptualización. De hecho, Bolden (2011) refiere acepciones tales como: compartido, colectivo, colaborativo, coliderazgo, disperso, emergente o nuevo liderazgo. Asimismo, Pont et al. (2009) se refieren a éste con acepciones como delegado, disperso, compartido, en equipo y democrático. Por otra parte, Bennett et al. (2003) sugieren que el liderazgo distribuido es una “manera de pensar acerca del liderazgo” que cuestiona muchos supuestos actuales sobre él y sobre la comunidad dentro de la cual ocurre”.

Los integrantes del DIIT, han avanzado en un proceso de cambio e innovación constante. Se pone de manifiesto la íntima relación entre

liderazgo y calidad de la educación, siendo clave el liderazgo eficaz, con un uso óptimo de los recursos puestos a disposición de quienes forman parte de dicha unidad académica.

El pensar en la organización que aprende como un modelo integral de desarrollo de recursos humanos en el que todos los trabajadores de una organización se integran en un proceso de aprendizaje que impacta en el DIIT, y por ende, en toda la organización, UNLaM; en el marco comunitario de La Matanza y zonas de influencia.

Debemos adaptar nuestra oferta formativa a los estudiantes / futuros profesionales del tercer milenio, con las peculiaridades que ello implica; tanto desde el punto de la formación de los recursos humanos, como desde el punto de vista de las organizaciones / empresas en las cuales se desarrollarán profesionalmente.

Para concluir, el Proyecto Pedagógico del DIIT, junto con otras acciones complementarias y en paralelo que viene realizando el DIIT, focaliza su intervención en la mejora de las prácticas docentes, en la generación de ambientes con alta disposición tecnológica, en flexibilizar y adaptar la oferta curricular, y en el fortalecimiento de las competencias profesionales de los futuros ingenieros.

## Bibliografía

- Maureira, O., Moforte, C. y González, G. (2014): Más liderazgo distribuido y menos liderazgo directivo. Nuevas perspectivas para caracterizar procesos de influencia en los centros escolares. *Perfiles Educativos*, vol. XXXVI, núm. 146, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación Distrito Federal, México, pp. 134-153
- Spósito, O., Blanco, G. y Donadello-Anadón, B. (2015): Innovación pedagógica en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la universidad nacional de la matanza. Comunicación oral presentada en: VI FIIU. Contribuciones desde la docencia, gestión, investigación y tecnologías. Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Del 21 al 23 de septiembre del 2015.

# CURRICULUM VITAE

**Aubin, Verónica Inés.** [vaubin@unalm.edu.ar](mailto:vaubin@unalm.edu.ar). Docente Investigador, Adjunto. Jefe de Cátedra de Programación Avanzada. Licenciada en Análisis de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Magister en Informática, UNLaM. Cursando Doctorado en Informática, Universidad Complutense de Madrid. Organizadora del grupo de competencias ACM- ICPC de la UNLaM. Las contribuciones científicas e intereses de investigación se encuentran en las áreas de Educación de la Ingeniería Informática, Análisis de Imágenes, Reconocimiento de Patrones, y el Reconocimiento de Personas en base al Análisis de Texto Manuscrito.

**Bellani, Marcela Elisabet.** [mbellani@unlam.edu.ar](mailto:mbellani@unlam.edu.ar). Ingeniera Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional regional Haedo. Docente investigador, Adjunto regular, Jefe de cátedra de Matemática Discreta en la Universidad Nacional de la Matanza. Codirector del proyecto "Reorganización didáctica y disciplinar de Matemática Discreta" Proyecto de Investigación C135, Programa CyTMA2.

**Bertúa, Julio Carlos.** [jcbertua@unlam.edu.ar](mailto:jcbertua@unlam.edu.ar). Profesor Adjunto Regular de Álgebra y Geometría Analítica I y II. Universidad Nacional de La Matanza. Licenciado en Ciencias Físicas, FCEN, Universidad de Buenos Aires. Especialización en Gestión de la Tecnología y la Innovación – GTEC Metropolitano. Miembro del Consejo Departamental del Dpto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza. Director de proyectos de investigación en el área pedagógica y de las energías renovables. Codirector del proyecto "Nueva propuesta para la enseñanza del Álgebra Lineal en el contexto de las carreras de Ingeniería de la UNLAM", Proyecto de Investigación C126, Programa PROINCE, 2012-2013.

**Blauzik, Leonardo José.** [lblautzik@unlam.edu.ar](mailto:lblautzik@unlam.edu.ar), dedicación exclusiva UNLaM, Programación III, Programación Avanzada. Docente investigador en la Universidad Nacional de La Matanza desde hace 10 años, investigando en el área de la educación en ingeniería. Docente de Programación y Explotación de Datos en la Universidad Nacional del Oeste.

**Denenberg, Marcelo Gustavo.** [mdenenberg@unlam.edu.ar](mailto:mdenenberg@unlam.edu.ar). Profesor Adjunto de Álgebra y Geometría Analítica I. Universidad Nacional de La Matanza. Maestría Interinstitucional para la Enseñanza Superior de la Matemática y la Informática, Universidad Católica de La Plata. Maestría Interinstitucional para la Enseñanza Superior de la Física, Universidad Católica de La Plata. Corso post lauream di specializzazione universitaria all'insegnamento nella scuola secondaria in Matematica e Informatica, (SSIS) del Veneto, l'Università degli

Studi di Verona, l'Università Ca' Foscari di Venezia e l'Università degli studi di Padova. Especialista en Metodología de la Investigación Científica, Universidad Nacional de Lanús. Profesor de Enseñanza Media y Superior en Física, FCEN, Universidad de Buenos Aires. Investigador en el proyecto "Nueva propuesta para la enseñanza del Algebra Lineal en el contexto de las carreras de Ingeniería de la UNLAM", Proyecto de Investigación C126, Programa PROINCE, 2012-2013.

**Dejean, Gustavo.** [gdejean@uno.edu.ar](mailto:gdejean@uno.edu.ar); Profesor Titular de Explotación de Datos. Especialista en Explotación de Datos y Descubrimiento de Conocimiento y Computador Científico. Ambos Títulos los obtuvo en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires. Trabaja desde hace más de 25 años en la formación de Ingenieros y Licenciados en Informática. Se desempeñó en varias Organizaciones, tanto en el ámbito privado como en el estatal, principalmente en: CITEFA, Gendarmería Nacional, Prominente S.A., Telefónica de Argentina S.A., y en la Honorable Cámara de Diputados.

**Depaoli, Roberto.** [rdepaoli@unlam.edu.ar](mailto:rdepaoli@unlam.edu.ar). Es licenciado en Ciencias Matemáticas por la UBA. Actualmente se desempeña como profesor adjunto con dedicación exclusiva de la materia Análisis Matemático II (jefe de cátedra) en la UNLAM.

**Dmitruk, Andrés E.** [admitruk@unlam.edu.ar](mailto:admitruk@unlam.edu.ar). Graduado en la Facultad de Ingeniería de la UBA. Actualmente es Asesor en Ciencia y Tecnología en el Departamento de Ingeniería de la UNLAM y miembro del Comité Ejecutivo del Centro de Micro y Nanoelectrónica del INTI. Tecnólogo Emérito del INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Profesor Titular luego de haber realizado toda la carrera docente en instituciones como la UBA., UTN Regional Bs. As. y la UNLAM. Ex. Gerente de Desarrollo Tecnológico del INTI. Ex Consejero Titular del COPITEC (Consejo Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones, Electrónica y Computación). Ex. Miembro del Consejo Directivo de CADIEEL (Cámara Argentina de Industrias Eléctricas, Electrónicas e Iluminación).

**Donadello, Bettina Laura.** [bdonadello@unlam.edu.ar](mailto:bdonadello@unlam.edu.ar). Docente Investigador, Asociado, dedicación exclusiva. Jefa de Cátedra de: Ética, Gestión de Proyectos Informáticos, Gestión de RRHH. Prof. Titular de Seminario Método Científico MDIAE (Convenio CONAE), Consejera Académica MDIAE, Asesora Académica del DIIT. Asesora en Calidad de Software y RRHH a nivel internacional. Dra. Ciencias de la Educación y Didácticas Específicas Universidad de Zaragoza. Especialización en Derecho y Economía Universita degli Studi di Bari. Posgrados en Comportamiento del Consumidor e Innovación de las Organizaciones UBA, entre otros. Licenciada en Psicología UCM y UB. Miembro profesional de entidades: SEP, SIP, FIIU. Más de 20 publicaciones. Participación y organización en más de 40 jornadas de perfeccionamiento.

**Fernández, Teresa Ema.** [tfernandez@unlam.edu.ar](mailto:tfernandez@unlam.edu.ar). Profesora de Matemática y Astronomía - Licenciada en Matemática Aplicada. Especialista Docente de Nivel Superior en Educación y TIC. Jefe de Trabajos Prácticos De Matemática Discreta. Adjunta Adhorem de Etnomatemática (Formación Continua UNLAM).



**Grinsztajn, Fabiana.** [fabianagrin@gmail.com](mailto:fabianagrin@gmail.com). Licenciada y Profesora en Ciencias de la Educación UBA, Especialista en Educación y Nuevas Tecnologías y en Diplomada Superior en Ciencias Sociales con mención en Gestión Educativa por la Flasco. Doctoranda en Educación por la UNTREF-UNLA UNSAM. Se desempeña actualmente como Docente e investigadora en UBA, co-directora de tesis de maestría. Directora de la Especialización en Docencia Universitaria para Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, es docente de la Maestría en Docencia Universitaria UBA. Asesora técnico pedagógica en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM, coordinadora general del PEICB; PEICS. Es asesora institucional y docente en temáticas de curriculum, didáctica universitaria, calidad, evaluación y acreditación en varias universidades públicas, privadas del país y el exterior. Ha publicado numerosos artículos en eventos nacionales e internacionales, en revistas con arbitraje y libros y capítulos de libros.

**Guatelli, Renata Silvia.** [rguatelli@unlam.edu.ar](mailto:rguatelli@unlam.edu.ar). Docente Investigador, Adjunto. Programación. Licenciada en Análisis de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Magister en Informática, UNLaM, tesis proceso. Colaboradora del grupo de competencias ACM- ICPC de la UNLaM. Las contribuciones científicas e intereses de investigación se encuentran en las áreas de Educación de la Ingeniería Informática, Ingeniería de Software.

**Imperiale, Marcela.** [mmimperiale@gmail.com](mailto:mmimperiale@gmail.com). Licenciada y Profesora en Ciencias de la Educación, Magister en Educación Superior por la Universidad de Palermo. Docente e Investigadora en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM, coordinadora pedagógica del PEICB y del PEICS. Docente de la Especialización en Docencia Universitaria para Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA) y de la Especialización en Docencia de la Educación Superior (UNLAM). Actualmente es integrante del Área de Desarrollo Curricular del Instituto Nacional de Formación Docente del Ministerio de Educación, anteriormente participó como responsable de la Coordinación Pedagógica y de la Hemeroteca Educativa de la Biblioteca Nacional de Maestros y como asesor pedagógico de la Dirección de Evaluación Educativa del Ministerio de Educación de la Ciudad de Buenos Aires. Ha publicado diversos artículos en eventos nacionales e internacionales referidos a los procesos de innovación en la educación en ingeniería.

**Lerch, Carlos.** [carloslerch@gmail.com](mailto:carloslerch@gmail.com). Fue investigador en el Departamento de Metalurgia, aquel de Jorge Sábato, e integró el Organismo Inspector en la CNEA, durante la construcción de la Central Nuclear en Embalse-Córdoba. También fue Director de los Astilleros estatales AFNE y Domecq García; e integró el Consejo Directivo del INTI. Fue Director Operativo del FONTAR y Director de Tecnología de la Secretaría de Industria y Comercio de la C.A.B.A. Miembro integrante de varios Comités de Pares Evaluadores de la CONEAU, tanto la evaluación externa de Universidades como en la Acreditación de Posgrados. Desde 1991 es docente en Maestría en Política y Gestión de la

Ciencia y la Tecnología de la UBA. Allí dirige varias Tesis de Maestría, y es Jurado en otras, no solo en UBA sino también en UNQUI. En esta universidad coordinó la Carrera de Ingeniería en Alimentos; y desde el 2000 es docente de Grado en el DIIT de la UNLAM en Emprendedorismo e Innovación; y fue Coordinador organizador de la Carrera de Ingeniería Industrial y Secretario de Investigaciones. Es Jurado del Concurso INNOVAR del MINCYT; e Integrante de los Comités de Acreditación, y de Evaluación del Organismo Argentino de Acreditación. Actuó como consultor en diversas instituciones públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales: la Secretaría de Industria de la Nación, ONUDI y el BID; y realizó diversas publicaciones.

**López, Héctor Oscar.** Lic. en Pedagogía de la matemática.UCAECE. Profesor Adjunto Materia Análisis Matemático II.

**Mavrommatis, Hernán.** [mavrommatis@unlam.edu.ar](mailto:mavrommatis@unlam.edu.ar). Profesor Adjunto con dedicación semiexclusiva. En la actualidad dicta las materias “Practica Profesional Supervisada” y “Emprendedorismo e Innovación” y realiza actividades de investigación en el proyecto de “Plataforma de Recursos Educativos Abiertos para la Universidad Nacional de la Matanza” bajo el cual realizó distintas publicaciones. Ambas actividades las realiza dentro del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. En los últimos dos años se encuentra estudiando las prácticas de creatividad en organizaciones, en 2014 presentó en el XXVII Congreso Latinoamericano de Estrategia (Medellín, Colombia) la ponencia “Clasificación de prácticas que favorecen la creatividad en la industria de la animación” en conjunto con el Dr. Eduardo Kastika.

**Mazzi, María Liliana.** [Liliana.mazzi@gmail.com](mailto:Liliana.mazzi@gmail.com). Licenciada en Matemática. Profesora de Enseñanza Media y Superior en Física y Matemática. Maestría en Teleinformática y Redes de Computadora (Tesis en proceso). Profesora Adjunta de Matemática Discreta.

**Meneguzzo, Patricio Enrique.** [pmeneguzzo@unlam.edu.ar](mailto:pmeneguzzo@unlam.edu.ar). Profesor Adjunto de Álgebra y Geometría Analítica I, Universidad Nacional de La Matanza. Docente de Análisis Matemático I, Universidad Nacional de Tres de Febrero. Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica Nacional (FRH). Licenciado en Matemática Aplicada, Universidad Nacional de La Matanza. Investigador en el proyecto “Nueva propuesta para la enseñanza del Álgebra Lineal en el contexto de las carreras de Ingeniería de la UNLAM”, Proyecto de Investigación C126, Programa PROINCE, 2012-2013.

**Williner, Betina.** [bwilliner@unlam.edu.ar](mailto:bwilliner@unlam.edu.ar) Profesora Asociada en UNLaM y Universidad de Morón. Profesora adjunta en Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Haedo. Licenciada en Matemática Aplicada (Universidad Nacional del Litoral). Magister en Educación en Ciencias, orientación Matemática (UNCo). Docente investigador categorizado en UNLaM (tema: hipermedios y habilidades matemáticas en el aprendizaje del Cálculo). Doctorando en el Doctorado en Educación en Ciencias (orientación Matemática) de la Universidad Nacional del Comahue.

# Enseñanza de la Ingeniería. Hacia un Modelo Pedagógico Transformador.

PEICB - 2018

El Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), postula desde sus inicios la necesidad de potenciar el desarrollo de las Carreras de Ingeniería que constituyen su oferta académica principal.

Una multiplicidad de acciones se han puesto en marcha a través del tiempo, durante los últimos nueve años, pero es desde el año 2011 que se trabaja en el Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciencias Básicas (PEICB), cuyas acciones se enmarcan dentro del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2020, fuertemente apoyado por toda la Universidad. En el PEICB las acciones se focalizan en las dimensiones pedagógicas, didácticas y curriculares tendientes al fortalecimiento del Ciclo de Conocimientos Básicos.

El libro propone un recorrido por las experiencias desarrolladas en las cátedras involucradas en este proceso de cambio pedagógico, sus principales avances, resultados y dificultades, sumado a reflexiones que colectivamente se fueron construyendo como parte del os procesos de construcción conocimiento pedagógico para ingeniería. Nos ha movido el desafío de mejorar, y en esta oportunidad de compartir nuestras vivencias. Los invitamos a recorrerlas y esperamos resulten un aporte al campo de la formación de ingenieros.

El equipo del PEICB

**DIIT**  
Departamento de Ingeniería e  
Investigaciones Tecnológicas



Universidad Nacional  
de La Matanza