



# Aprendizaje activo en la enseñanza: experiencias entre cátedras de Ingeniería y con escuelas secundarias

García, Andres Gabriel - [andresgarcia@frbb.utn.edu.ar](mailto:andresgarcia@frbb.utn.edu.ar)

Vera, Carlos - [cvera@frbb.utn.edu.ar](mailto:cvera@frbb.utn.edu.ar)

Dotti, Franco - [fdotti@frbb.utn.edu.ar](mailto:fdotti@frbb.utn.edu.ar)

**Facultad Regional Bahía Blanca - Universidad Tecnológica Nacional**

**RESUMEN** · Se presentan a continuación experiencias de aprendizaje activo que promueven la enseñanza y adquisición de competencias, realizadas en la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN – FRBB), llevadas a cabo tanto entre cátedras Análisis Matemático II de 2° nivel (homogénea) y de 3° nivel de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, así como también en articulación con escuelas secundarias técnicas desde el Proyecto Nexos – Articulación Universidad – Escuelas Secundarias (NEXOS). El enfoque, conocido como “aprendizaje activo” propone la transmisión de conceptos en carreras con competencias duras mediante la realización de experimentos que permiten fijar conceptos teóricos. Se discute en consecuencia la pertinencia de la técnica aplicada y también la mejora en la interpretación de conceptos altamente complejos pero de gran utilidad y uso en la práctica de la ingeniería, tanto para estudiantes de grado como para estudiantes de nivel secundario técnico.

**Palabras clave** — Aprendizaje Activo, Articulación, Enseñanza en Ingenierías, Educación por Competencias.

**ABSTRACT** · This article presents Active Learning (AA) experiences, promoting teaching and acquisition’s competencies in engineering’s careers at Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN - FRBB). These experiences are a collaborative work between Mathematical Analysis II (2nd level in Engineering careers) and 3rd level courses of Electrical and Mechanical Engineering subjects. Moreover, the experiences with technical secondary level schools, these activities are the Nexos’ Project’s scope: University - Secondary Schools, which is a University Policies Secretariat’ project (SPU) belonging to Ministry of Education (ME). The AA methodology translates theoretical concepts to practical concepts using experiments, being widely accepted in careers with hard competitions around the world. The relevance of the aforementioned AA technique with its corresponding improvement related to highly complex concepts are discussed, both for undergraduate and technical secondary level students.

**Keywords** — Active Learning, Engineering Teaching, Education Skills, Educational Experiments.

»

## 1. INTRODUCCIÓN →

Los conceptos y herramientas matemáticas introducidas en las carreras de ingeniería requieren una fuerte componente cognitiva. Es de destacar que el contenido y carácter de la matemática necesaria en aplicaciones prácticas cambian con rapidez, siendo cada vez más importantes tanto el álgebra lineal, en particular las matrices, y los métodos numéricos para computadoras, como el análisis real y complejo (ecuaciones diferenciales ordinarias y a derivadas parciales). Para ello, es que basado en el desarrollo de competencias, se propone el abordaje de los temas de las cátedras desde un punto de vista práctico y conceptual, no entrando en mayores detalles respecto de teoremas que aborden su justificación teórica, pero sí haciendo hincapié en ejemplos ilustrativos de su práctica en la ingeniería. Esto va permitiendo al estudiante hacer hincapié en los principios, métodos y resultados básicos de los problemas, dando una clara percepción de cuál es el campo de acción de la matemática en la ingeniería.

A modo de ejemplo, se parte de los interesantes contactos entre el análisis matemático, el cálculo y la ingeniería. Es sabido que, por ejemplo, el análisis de Fourier es una herramienta básica para la solución de diversos problemas básicos de la ingeniería (flujo de calor, vibraciones mecánicas, etc.), así como el estudio de la Transformada de Laplace otorga herramientas para el estudio de sistemas lineales de control. Desde la materia Análisis Matemático II y Cálculo Avanzado se articulan esfuerzos para darle la significación física a las ecuaciones diferenciales de 1° y 2° orden que se resuelven de manera simbólica y analítica. Sin embargo, en oportunidades se ha caído en lo que se conoce como un “exceso de abstracción”, es decir un inconsciente apartamiento de toda aplicación matemática inmediata al mundo real, lo que deriva directamente en una reacción “antimatemática”, concluyendo que la culpa de la incapacidad para resolver e interpretar un problema de ingeniería radica en cómo se aprendido la herramienta y cómo se entendido su aplicación. [1]

Por ello, la forma de presentar las matemáticas contextualizadas es el principal fundamento para la adquisición de conocimiento, lo que deriva en la formación académica y profesional del ingeniero.

Básicamente, las competencias que desarrollan las cátedras que articulan acciones en el presente trabajo, permiten a los estudiantes

- Lograr habilidades en la manipulación de instrumentos de cálculo para su aplicación en casos prácticos (series, integrales, transformadas).
- Lograr la asociación de los problemas básicos de la ingeniería a través de las ecuaciones diferenciales, la interpretación física de las condiciones de contorno y/o ini-

ciales y su solución matemática.

En esa dirección y para el logro del desarrollo de las competencias, es que se han tomado varias iniciativas al respecto. En primer lugar la realización de un trabajo de articulación interdisciplinar, mostrando la aplicación de la matemática para el diseño y estudio de sistemas lineales de control, y más recientemente, con la utilización de la técnica de aprendizaje activo. [2] y [3].

En este enfoque de transmisión de conceptos para carreras con competencias duras, el docente realiza experimentos que demuestran y fijan conceptos teóricos (ver por ejemplo [10] y [11]). Es un enfoque aplicado mayormente en carreras como física y afines, particularmente se lo ha incorporado de manera novedosa en cátedras como Control Automático en la carrera de Ingeniería Eléctrica en articulación con Cálculo Avanzado de la carrera de Ingeniería Mecánica, así como también se ha llevado adelante y con alto éxito en articulación con escuelas secundarias técnicas de la ciudad de Bahía Blanca y de Tres Arroyos.

Este enfoque activo y de articulación entre teoría y práctica animan las experiencias que se presentan. Básicamente la técnica consiste en [4]:

- Incorporar experiencias que integran teoría y práctica en la formación temprana de profesionales.
- Introducción al aprendizaje activo usando experimentos de electricidad, mecánica y física.
- Programación de ARDUINO para recolección de datos y presentación en clases.
- Discusiones e intercambios sobre las mejoras y modificaciones necesarias para obtener experimentos/demostradores más didácticos
- Posibilidad de realizar la implementación de cada experimento/demostrador.
- Evaluación de resultados, comparación entre objetivos iniciales y objetivos obtenidos.
- Elaboración de conclusiones e informes.

En relación a las competencias de egreso genéricas que para todo ingeniero se deben desarrollar desde los diseños curriculares [12], en las actividades del presente trabajo se destacan las siguientes:

*Tecnológicas:*

- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

*Sociales, políticas y actitudinales:*

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Actuar con espíritu emprendedor.

## 2. EXPERIENCIAS →

Tal lo señalado, el proyecto de aprendizaje activo se puso en práctica en el caso particular de la UTN – FRBB desde hace cuatro años en cátedras como Control Automático/ Accionamientos y Controles Eléctricos o incluso colaborando con otras cátedras de otros departamentos, como Calculo Avanzado (Figs. 1 y 2) y Análisis Matemático II, así como también desde el proyecto NEXOS que se ejecuta actualmente en UTN-FRBB y comprende un conjunto de líneas de acción con los colegios de educación secundaria de la región del sudoeste bonaerense, cercano a la ciudad.

**2.1. EXPERIENCIAS EN UTN - FRBB** · En el caso particular de FRBB, desde las cátedras mencionadas se realiza una práctica que tiene como objetivo presentar la definición y aplicaciones de la conocida Fast Fourier Transform (FFT) vía aprendizaje activo. La actividad se propuso dividida en dos partes [5], [6] y [7]:

- Explicación y experimentos con un péndulo simple: competencia de uso de herramientas de Análisis Matemático II (ecuaciones diferenciales para modelar sistemas)
- Experimentos, mediciones y análisis de mediciones usando un equipo de vibración con motor Ac y variador de frecuencia: competencia de uso y análisis de medidas e instrumentos.

El experimento del péndulo permite a los alumnos clarificar conceptos como señales sinusoidales puras y señales que “parecen serlo”, da origen natural al análisis de Fourier para poder determinar de forma profesional y técnica precisa cuando una señal es sinusoidal pura o no.



**Fig 1.** Equipo demostrador de bomba de aceite construido junto a alumnos de Ingeniería Mecánica.



**Fig 2.** Análisis de FFT (Fast Fourier Transform) en un equipo educativo de vibraciones.

Como objetivos generales pueden destacarse los siguientes:

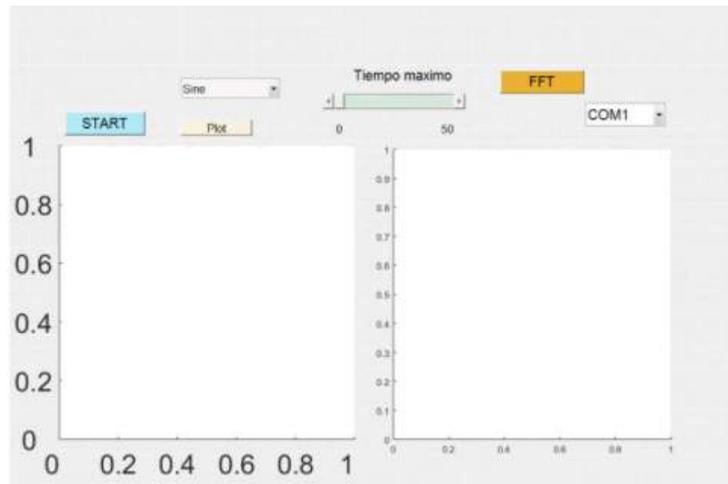
- Presentar la necesidad de trabajo conjunto entre cátedras en UTN–FRBB.
- Acceso de los alumnos a equipos actuales, con elementos simples pero tecnológicos.
- Incorporar experiencias que integran teoría y práctica en temáticas abstractas como FFT.
- Generar la necesidad de comprender en profundidad un tema para poder generar mediciones y experimentos.

**2.1.1. Péndulo simple** · Consiste en un modelo sencillo mostrado en la ecuación (1), empleando contenidos de Física I que exhibe una naturaleza no-lineal y su consecuente comportamiento no-sinusoidal (Fig. 3). [8]

$$(1) \quad \ddot{\theta} = -\frac{g}{L} \cdot \text{sen}(\theta)$$



**Fig 3.** Sistema péndulo simple con adquisición Arduino Nano.



**Fig 4.** Medición usando Arduino.

Con este experimento es posible realizar mediciones del ángulo del péndulo usando Arduino y con ello evaluar sus componentes de Fourier (FFT) (Fig. 4).

**2.1.2. Medición de vibraciones usando arduino+acelerómetro** · Habiendo presentado las necesidades de herramientas específicas para comprender la forma de onda resultante de las mediciones con el péndulo, se propone estudiar un sistemas mecánico que puede vibrar cuando se lo somete a una rotación controlada: Motor AC+Variador de frecuencia.



**Fig 5.** Medición usando Arduino.

**2.2. EXPERIENCIAS EN PROGRAMA NEXOS** · Como una extensión de las actividades utilizando la técnica de aprendizaje activo, se acompañaron 10 proyectos finales de 6to y 7mo año de escuelas secundarias: EET 4 de Bahía Blanca y Colegio La Piedad de Bahía Blanca, dentro del contexto del programa Nexos 2018. [9]

Si bien el contexto resulta ligeramente diferente, ya que los conocimientos provienen de una base de diferente nivel académico, la idea de utilizar experimentos se ve reemplazada de forma equivalente por los equipos preparados por los alumnos para sus trabajos finales.

En este sentido, los alumnos aprenden a concebir un plan de trabajo, así como la construcción de una solución conceptual en donde debe involucrarse y utilizarse conceptos vistos en varias materias junto con programación en Arduino (Fig. 6).



**Fig 6.** Acompañamiento de alumnos en trabajos finales (Nexos).

### 3. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS →

La idea de aprendizaje activo utilizado pioneramente en materias como Control Automático o Accionamientos y Controles Eléctricos, dieron origen a un conjunto de experimentos listo para usar que a la vez incorporan una herramienta de actualidad: Arduino.

Los alumnos mostraron una gran aceptación y cambio de paradigmas cognitivos que les permitió afianzarse aún más en sus estudios de grado o incluso decidirse por estudios de post-grado, motivados por las experiencias del aprendizaje activo.

Es notable la incorporación de competencias de trabajo en grupo a la hora de resolver problemas complejos de Ingeniería, para los cuales una visión colectiva de grupo de trabajo es de una gran riqueza.

En particular, su aplicación en la materia Cálculo Avanzado permite el abordaje del tema de FFT desde un punto de vista teórico y de laboratorio, con lo cual los estudiantes pueden “ver” la aplicación directa para la práctica profesional de tan potente herramienta en la práctica de medición de vibraciones.

Por ejemplo, la interpretación de los espectros de potencia de una máquina giratoria es, en este contexto, de fácil comprensión tanto física como matemática, reconociéndose por sobre todo su origen. Lo que antes se deducía, resolvía y quedaba como un resultado matemático y simbólico, pasa a tener consistencia física en los hechos (competencia de análisis de soluciones y mediciones).

Como trabajo futuro se propone continuar aplicando esta metodología en la cátedra Cálculo Avanzado, no solo para que sea descriptiva sino también para permitir la aprobación de los contenidos de la materia, impulsando trabajos integradores a resolver por parte de estudiantes que alcancen dicha posibilidad.

En relación al programa Nexos, se prevé intensificar el dictado de esta actividad en una mayor cantidad de escuelas técnicas, de la mano del programa particular a tal efecto aprobado para el año 2019. Se destaca que ello surge del alto interés mostrado por las escuelas técnicas, que consideraron muy positiva y de alto impacto la actividad, para lo cual se incrementó el número de becarios estudiantes que ayudan al docente de las cátedras Control Automático/Accionamientos y Controles Eléctricos.

### 4. AGRADECIMIENTOS →

Los autores desean agradecer el apoyo de la Secretaría Académica y de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica y Ciencias Básicas de la UTN–FRBB. •

## ▣ REFERENCIAS

[1] Joan Gómez Urgellés. LA INGENIERÍA COMO ESCENARIO Y LOS MODELOS MATEMÁTICOS COMO ACTORES. Universitat Politècnica de Catalunya. [/www-ma4.upc.es/~andreu/](http://www-ma4.upc.es/~andreu/)

[2] Schön, Donald. La formación de profesionales reflexivos. Barcelona, Paidós, 1997.

[3] Godoy, P.; Benegas, J.; Pandiella, S. “Metodologías para el aprendizaje activo en la Física”. En III Jornadas De Ingreso y Permanencia en Carreras Científicas y Tecnológicas. San Juan, Universidad Nacional San Juan. 2012.

[4] Quanser. Innovate. Educative. Ubicado el 20/4/2017 en [www.Quanser.com](http://www.Quanser.com)

[5] Linares, A.; Garcia, A. “Demostrador para enseñanza del concepto de modelado: control de dos tanques”. En V IPECYT, Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, 2016.

[6] Perotti, E.; Pino, J.J. ; Villagra, O.; Garcia, A. “Demostrador para enseñanza del concepto de estabilidad: péndulo invertido”. En V IPECYT, Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, 2016.

[7] A. García; O. Cura. Aprendizaje Activo en Ingeniería Eléctrica: Aplicación a la cátedra Control Automático. 1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería. 13, 14 y 15 de Septiembre, Paraná, Argentina. 2017.

[8] Richard C. Dorf y Robert H. Bishop. Modern Control Systems. Prentice Hall. 2010. 12th Edition.

[9] A. García y C. Vera. FORMACIÓN DE VOCACIONES TEMPRANAS Y APRENDIZAJE ACTIVO ENTRE UTN FRBB Y ESCUELAS SECUNDARIAS. XXI Encuentro Nacional y XII Internacional de Educación Matemática en Ingenierías (EMCI). Entre Ríos, Argentina. 2018.

[10] Valiente Barderas, Antonio y Galdeano Bienzobas, Carlos. La enseñanza por competencias. Educación química, 20(3), 369-372. 2009.

[11] Kanupriya Misra Bakhru .Personal Competencies for Effective Teaching: A Review Based Study. Educational Quest: An Int. J. of Education and Applied Social Science: Vol. 8, Special Issue, pp. 297-303, June 2017.

[12] CONFEDI, Giordano Lerena R. y Cirimelo S. (compiladores). Propuestas de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo” Córdoba, 2018.