



## La Enseñanza de la Matemática en Bioingeniería desde la Investigación-Acción. Una Reseña.

*Añino, María Magdalena; Merino, Gabriela; Miyara, Alberto; Perassi, Marisol; Pita, Gustavo; Ravera, Emiliano; Theler, Ángela; Waigandt, Diana*

AUTORES: Facultad de Ingeniería, UNER. (Oro Verde, Entre Ríos, Argentina)

CONTACTO: [pidmate2@bioingenieria.edu.ar](mailto:pidmate2@bioingenieria.edu.ar)

### Resumen

En este proyecto se ha abordado la problemática del aprendizaje y de la enseñanza de la Matemática en una rama de la ingeniería: la Bioingeniería. Como metodología se adoptó la estructura de ciclos en espiral que caracteriza la IA. A lo largo de tres ciclos se han implementado diferentes innovaciones didácticas. Durante el proceso, tanto los estudiantes como los docentes encontraron nuevas formas de interactuar entre sí y con los contenidos de las asignaturas Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales, lo cual produjo un impacto positivo en el rendimiento académico. Estas asignaturas se dictan en el segundo año de la carrera y corresponden al plan de estudio 2008.

**Palabras clave:** enseñanza de la matemática, aprendizaje de la matemática, investigación-acción, estrategias didácticas, enseñanza en ingeniería.

### Teaching Mathematics in Bioengineering using Action-Research. A Review.

#### Abstrac

In this project we undertook the problems that usually arise during the Mathematics teaching-learning process in Bioengineering. We used the spiral cycles that characterize Action-Research. During three cycles, different didactic innovations were implemented. During the process, both the students and the teachers found new ways of interacting with each other and with the topics proper of the subjects being dealt with, i.e. Vector Calculus and Differential Equations. This brought about a positive impact on the students' academic performance.

**Key words:** Teaching Mathematics, Learning Mathematics, Action-Research, Didactic strategies in university teaching.

## I. Introducción

Nuestra actividad docente se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos en la cual se cursa la carrera de Bioingeniería. Esta rama de la Ingeniería se caracteriza por su interdisciplinariedad. Los problemas que aborda un bioingeniero provienen del área de la medicina, de la biología, de la salud en general y las soluciones tecnológicas que implementa se fundamentan en ciencias básicas como la matemática y la física. Las incumbencias profesionales detalladas en la documentación institucional (Res. N°. 483/97, 303/99 del Ministerio de Cultura y Educación) señalan que aquellos que hayan aprobado los estudios de la carrera de Bioingeniería estarán capacitados para *«realizar y dirigir proyectos, diseños, construcción, control de calidad, comercialización, instalación, puesta en funcionamiento, ensayos, optimización, calibración, mantenimiento y reparación, de: Instalaciones, instrumental, equipos, sistemas y partes de sistemas de tecnología biomédica, utilizados en el área de la salud humana y animal.»*

En nuestro país existen realidades distintas, coexisten tecnologías de diferentes generaciones y se necesita un ingeniero creativo que proponga, diseñe e implemente proyectos acordes a cada situación con una visión global que incluya el impacto ambiental, social, económico entre otros.

La tecnología biomédica evoluciona rápidamente. Este hecho reclama que la formación de grado en Bioingeniería, no sólo promueva un pensamiento crítico y proporcione sólidos conocimientos sino que también desarrolle en el estudiante destrezas y habilidades que le permitan una actualización permanente, evaluar la información obtenida, reconocer cuándo sus conocimientos están obsoletos y decidir su formación continua.

Para esto es necesario organizar el aprendizaje de modo tal que estimule el desarrollo de dichas capacidades. Sin embargo, aunque se acuerde con este punto de vista, diseñar e implementar estrategias y actividades tendientes a lograr este objetivo, no es una tarea sencilla para el docente de Matemática en los primeros años de Ingeniería.

En general esta Facultad recibe estudiantes del interior de la provincia de Entre Ríos y del resto del país, con la consecuente diversidad en cuanto a la preparación en Matemática brindada por la Escuela Media. Los cursos preparatorios para el ingreso ponen en evidencia las dificultades del ingresante en diversos aspectos: conocimientos previos insuficientes, adaptación al ambiente universitario, hábitos y técnicas de estudio inadecuados, lectura comprensiva deficiente, entre otros.

Esta situación impacta en la enseñanza de la Matemática y plantea interrogantes.

¿Cómo enseñar los contenidos de Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales necesarios para abordar los temas específicos y al mismo tiempo fortalecer en el estudiante habilidades cognitivas y metacognitivas que le posibiliten un aprendizaje continuo?

¿Es posible diseñar y aplicar estrategias didácticas desde el área matemática que mejoren las prácticas de lectura y escritura reflexiva?

¿Cómo propiciar en nuestros estudiantes la reflexión sobre sus propias estrategias de aprendizaje y su efectividad? ¿Qué propuestas didácticas facilitan en el estudiante una participación activa y responsable?

La búsqueda de respuestas origina la formación de un grupo que a través de este proyecto asume el desafío de indagar en la situación planteada para encontrar líneas de acción que produzcan mejoras en los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Figura 1 y Figura 2).

	<p style="text-align: center;"><b>Los orígenes</b></p> <p>Las dificultades en el aprendizaje de la Matemática observadas en los estudiantes que cursan los primeros años en carreras de ingeniería son bien conocidas y en muchos casos motivo de deserción.</p>
<p><b>La Matemática como obstáculo</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>La meta</b></p> <p>Cada innovación pedagógica surge de la necesidad de buscar, diseñar e implementar estrategias didácticas que tiendan a transformar el cursado en un camino TRANSITABLE a lo largo del cual se desarrollen las habilidades matemáticas que un futuro ingeniero necesita.</p>

**FIGURA 1.** Situación que origina el proyecto y uno de sus objetivos generales

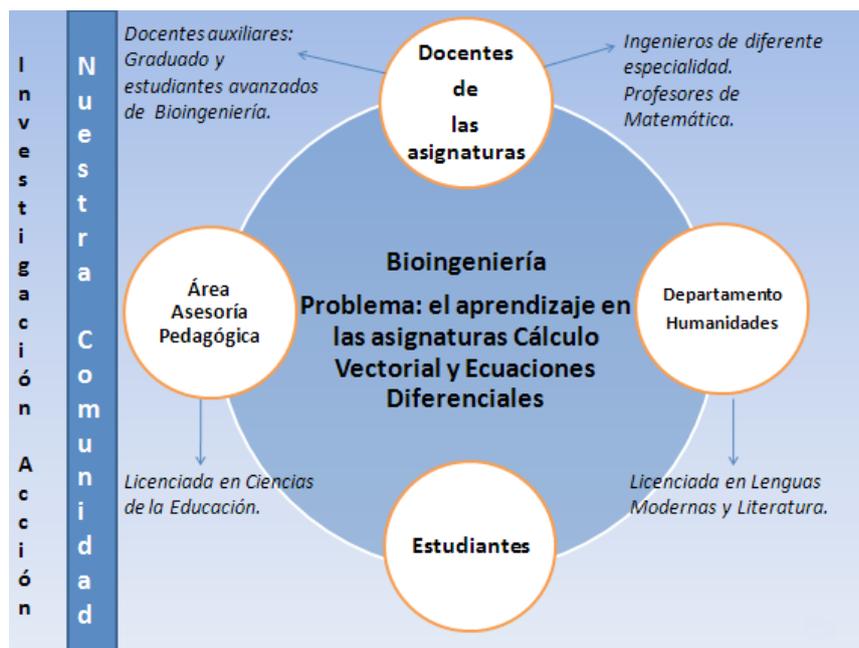
## II. Formación del grupo

Inicialmente el equipo de investigadores estaba constituido por: - los Profesores de las asignatura de Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales de la carrera de Bioingeniería, los cuales tienen diferente formación de grado y posgrado (ingenieros con diferentes especialidades: electrónica, electricidad, química, bioingeniería, con formación de posgrado en distintas áreas de la ingeniería incluyendo la informática y profesores de matemática, con formación de posgrado en educación). - La Asesora Pedagógica de la Facultad de Ingeniería y docentes del Departamento Humanidades e Idioma de dicha institución. Estos miembros del grupo son especialistas en Ciencias de la Educación y Lenguas. Además tienen o han tenido contacto con los alumnos de segundo año a través de los talleres de ambientación universitaria para ingresantes, los cursos de idioma, de comprensión lectora y producción escrita, entre otras actividades. Es por este vínculo con los estudiantes que se considera que éstos son miembros del grupo y no «asesores externos».

A lo largo del proceso de investigación se incorporan: - los Auxiliares docentes, los cuales son estudiantes avanzados de la carrera de Bioingeniería. - Dos Tutores, estudiantes de la carrera, que han recibido formación específica mediante talleres organizados por el Área Asesoría Pedagógica.

- Un estudiante avanzado de Bioingeniería en calidad de becario de iniciación a la investigación.

La presencia en el grupo de profesionales de diferentes áreas posibilita el tratamiento del problema desde diferentes perspectivas.



**FIGURA 2.** El grupo como motor de cambio, docencia unida a la investigación y distintas perspectivas para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

### III. Objetivos generales

Formado el grupo se enunciaron los objetivos generales del proyecto:

- 1) Introducir mejoras en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de la matemática en Bioingeniería.
- 2) Propiciar el trabajo interdisciplinario entre docentes del Departamento Matemática, el Departamento Humanidades e Idiomas y el área Asesoría Pedagógica y Orientación Vocacional de la Facultad de Ingeniería.
- 3) Promover la participación docente en procesos de investigación en Educación Matemática, en el contexto de sus propias prácticas.
- 4) Posibilitar la participación docente en la planificación de su formación continua.
- 5) Valorar los criterios de los estudiantes sobre el aprendizaje de la matemática.
- 6) Promover en el estudiante una actitud activa y participativa durante el cursado de Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales.

### IV. La Investigación – Acción

Para alcanzar estas metas se selecciona la Investigación – Acción (IA) como metodología. Se puede definir la IA como el estudio de una situación (en este caso la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en el segundo año de Bioingeniería) para tratar de mejorar el accionar conjunto en esta comunidad constituida por docentes y estudiantes (Elliott, 1993), (Elliot, 2007), (Kemmis y McTaggart, 1988).

El término IA originalmente fue empleado por el psicólogo social Kurt Lewin en 1947. La metodología que desarrolló Lewin no estaba enfocada específicamente en lo educativo sino en procesos sociales en general. Durante la década del 70 investigadores de Gran Bretaña y Australia proponen un paradigma alternativo de investigación educativa que retoma el modelo de Lewin. Tanto John Elliot y Lawrence Stenhouse en Gran Bretaña como Stephen Kemmis en Australia buscaban desarrollar nuevas formas

de producir conocimiento sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje y también sobre el desarrollo e implementación del currículum. En América Latina, las líneas de trabajo desarrolladas por Paulo Freire, Orlando Fals Borda y Joao Bosco Pinto ponen el énfasis en la educación popular y en el ámbito de la educación no formal. Actualmente, la IA como movimiento ocupa un lugar relevante en diversos países y se han desarrollado líneas de trabajo con diferentes matices.

Según Elliott (1993), la IA se centra en situaciones en las que están implicados los docentes, y que para ellos son problemáticas, que pueden ser modificadas y que, por lo tanto, admiten una respuesta práctica. Wilfred Carr y Stephen Kemmis (1988) expresan que la investigación acción no trata de conseguir fórmulas pedagógicas sino de llegar a fórmulas de acción que ayuden a la superación de problemas tomando decisiones que afecten al propio ejercicio profesional (Carr y Kemmis: 1988).

Las siguientes características de la IA se tuvieron en cuenta al momento de seleccionarla como metodología de investigación:

- En la IA, la participación de quienes están involucrados en el problema a investigar se convierte en el eje articulador básico. Desde este punto de vista, cada docente es un investigador y las aulas son laboratorios. La investigación y la docencia se integran.

- Permite abordar un problema en un contexto determinado, por lo cual durante el proceso de investigación se aumenta el conocimiento que se tiene sobre el ambiente en el cual se desarrolla. A partir de comprender lo que sucede la intención es mejorar algún aspecto deficitario del mismo.

- Implica un proceso de búsqueda, ruptura, cuestionamiento a partir del cual construir colectivamente un conocimiento en un encuadre democrático.

- Supone una reflexión crítica de los docentes sobre su práctica. Apunta a flexibilizar y desestructurar los modos de ver, de pensar y de actuar (entendidos como representaciones ideológicas) atacando lo rígido y lo estereotipado (Rigal y Sirvent: 2011)

- Es colaborativa, el equipo trabaja conjuntamente y al mismo tiempo en la investigación y en la docencia.

- Es formativa, promueve permanentemente un diálogo entre el saber que se enseña (en este caso algún aspecto del Cálculo Vectorial o de las Ecuaciones Diferenciales) y el método didáctico a través del cual un determinado contenido se enseña articulado por el contexto. Implica un compromiso de actualización y profundización en el saber cuya enseñanza se intenta transformar.

## V. Diseño estructural de la Investigación – Acción

Se ha considerado para este proyecto la estructura de ciclos en espiral, contando cada ciclo con cuatro momentos claves: fase de exploración inicial, fase de planificación, fase de acción, fase de reflexión, generando esta última un nuevo ciclo de investigación (Carr y Kemmis: 1988). Esta organización de las fases se muestra en la Figura 3.

Desde el punto de vista metodológico el proyecto ha sido flexible en el tiempo, abierto y consensuado. Esto ha permitido que el ciclo original genere nuevas espirales autorreflexivas que posibilitan el abordaje de diferentes situaciones que aparecen vinculadas con el problema central y que emergen a partir de este. Por este motivo la investigación se ha desarrollado siguiendo un esquema de múltiples espirales que se asemeja al propuesto por (McNiff, 1988), según se indica en la Figura 4.

El trabajo colaborativo se ha desarrollado a través de seminarios y talleres. En estos espacios de debate y aprendizaje en conjunto, los participantes inicialmente han elaborado un diagnóstico y establecido un orden de prioridades con respecto a las situaciones a tratar.

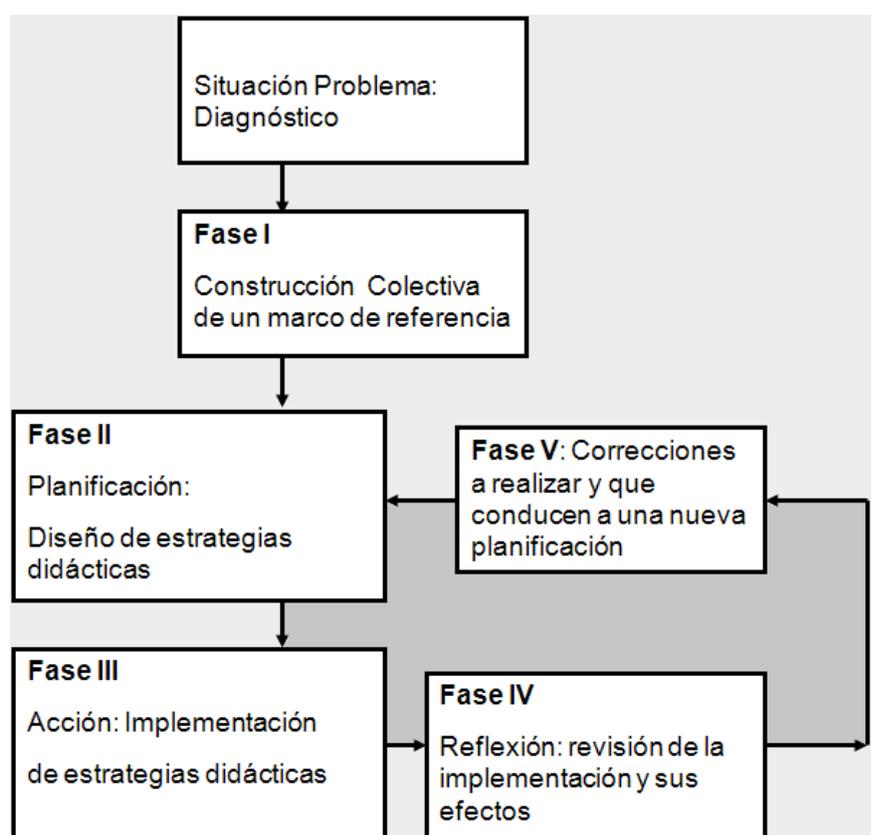
Como resultado del trabajo conjunto se ha construido un marco de referencia conceptual a partir del cual planificar innovaciones para luego analizar los resultados obtenidos. Se han utilizado técnicas de recolección de información variadas, procedentes también de fuentes y perspectivas diversas:

encuestas, recopilación de evaluaciones parciales y finales, trabajos escritos realizados por los estudiantes, informes de laboratorio, documentación de la cátedra (programa, planificación), materiales producidos por los docentes para los estudiantes, observación de las clases, las notas de campo y el autoinforme de cada docente, entre otras.

En algunos casos los datos cualitativos obtenidos se han categorizado y codificado para luego recibir un tratamiento estadístico. La triangulación de fuentes de datos ha permitido contrastar en cada ciclo la información obtenida y el carácter interdisciplinario del grupo ha posibilitado una triangulación de perspectivas o "triangulación de investigadores (Rigal y Sirvent: 2011).

El desarrollo del proceso investigativo en tres ciclos, que se corresponden con tres periodos lectivos consecutivos, (2009, 2010, 2011) ha posibilitado observar resultados en tres poblaciones estudiantiles diferentes.

En las siguientes secciones se describen dos aspectos de la fase inicial: la elaboración de un diagnóstico y la construcción colectiva de un marco conceptual de referencia. Posteriormente se detallan las diferentes acciones implementadas para luego exponer los resultados obtenidos.



**FIGURA 3.** Las fases en un ciclo del proceso de Investigación-Acción

## VI. Fase inicial: el diagnóstico

Con el objetivo de delimitar el problema el grupo recurrió a la búsqueda de información pertinente a través de diferentes fuentes. Se analizaron distintos documentos institucionales que dan cuenta por un lado de las dificultades de los estudiantes en los primeros años de la carrera y por otro de las incumbencias profesionales del futuro bioingeniero.

A su vez los docentes de matemática, participantes en este proyecto, realizaron un relevamiento de las situaciones que, consideradas problemáticas, fueron observadas en las propias prácticas durante el desarrollo de los cursos en el segundo año de la carrera.

El análisis de la deserción en la Facultad de Ingeniería, documentado en el Informe de Autoevaluación 2005 hace referencia a diferentes factores que actúan como posibles causas de la deserción y el desgranamiento en el paso del primer al segundo año de la carrera de Bioingeniería, a saber: desarraigo, conflictos de orden vocacional, situación socioeconómica de los estudiantes, conocimientos previos insuficientes, dificultades en torno a hábitos y metodologías de estudio, entre otras.

La Institución ha implementado acciones destinadas a enfrentar estas problemáticas organizando un Servicio de Orientación Vocacional y un Taller de Metodologías de estudio. Resultó de particular interés para este proyecto considerar los resultados del cuestionario de hábitos de estudio aplicado en el año 2005 a los estudiantes que concurren al mencionado taller, los cuales son bastante representativos de esta problemática: el 64 % de los encuestados respondió que se distraen con facilidad cuando estudian; el 56 % respondió que no utiliza ningún procedimiento para diferenciar las ideas principales de las secundarias de un texto; el 76 % indicó que no realiza esquemas de los temas estudiados; el 44 % respondió que no realiza una síntesis visual de lo estudiado (gráficos, dibujos, etc.); el 80 % respondió que en su lugar de estudio suele haber ruidos que los distraen; el 72 % expresó que no resuelve los ejercicios prácticos que hay al final de cada sección en los libros; el 60 % respondió que cuando toma apuntes en clases intenta anotar todo; el 64 % respondió que en ocasiones memoriza los conceptos sin haberlos comprendido previamente.

A través de un seminario de trabajo el equipo de docentes investigadores elaboró un listado de situaciones que son percibidas como obstáculos para el aprendizaje de los contenidos del curso de matemática en el segundo año de Bioingeniería. Las consideradas como centrales para este proyecto se indican en los siguientes párrafos.

Los profesores han observado que en general los conocimientos previos son insuficientes. Por otra parte los estudiantes no llevan un ritmo regular de estudio lo que dificulta el aprovechamiento de las clases aunque estas se propongan acortar la distancia entre lo ya conocido y lo nuevo por aprender.

La participación en las distintas instancias áulicas es escasa. Se percibe pasividad, falta un interlocutor en el diálogo que el docente intenta establecer.

Los profesores a cargo de las clases de trabajos prácticos manifiestan que casi siempre hay un grupo que concurre a las mismas sin el texto básico u otro material bibliográfico indicado. En general los alumnos no están habituados a leer textos de matemática. Manifiestan preferencia por las notas tomadas en clase, muchas veces elaboradas por compañeros, material que utilizan sin comprobar la fiabilidad de la información que contienen con la consiguiente propagación de errores. En general son pocos los que utilizan la bibliografía indicada.

En cuanto a las habilidades matemáticas generales presentan dificultades al tener que interpretar enunciados expresados en lenguaje natural para luego traducirlos al lenguaje simbólico matemático. Les resulta difícil realizar representaciones gráficas en tres dimensiones. Con frecuencia no usan correctamente el lenguaje simbólico, realizan cálculos sin la justificación teórica correspondiente (teorema, propiedad, etc.). No explicitan los pasos realizados al resolver un problema en general no verifican la solución obtenida.

Este análisis permitió detectar situaciones en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la matemática en el segundo año de Bioingeniería que necesitaban ser atendidas. Las mismas se categorizaron en: *Participación responsable* del estudiante en el propio proceso de aprendizaje, *Detección temprana de errores*, *Desarrollo de habilidades comunicativas* (incluyendo aquí los procesos de lectura y escritura en el contexto del aprendizaje de la matemática en ingeniería) y *Fortalecimiento de Habilidades Matemáticas Generales* (estas incluyen las relacionadas con la resolución de problemas).

A partir de estas categorías y considerando los aspectos relacionados con el perfil profesional del bioingeniero y sus incumbencias, ambos descritos en la introducción, se explicitaron las habilidades o destrezas a formar o mejorar en los estudiantes (Añino *et al.*, 2012).

Esto permitió especificar uno de los objetivos centrales: se espera que las innovaciones didácticas diseñadas a partir de este proyecto *mejoren el proceso de aprendizaje* promoviendo el desarrollo de habilidades para: «*Resolver problemas*», «*Aprender de manera autónoma*», «*Trabajar con otros, comunicar procesos y resultados*», y también fomenten además de un «*pensamiento lógico formal*» otras formas de pensamiento relacionadas con el quehacer profesional como ser un pensamiento analítico, sintético, sistémico, entre otros.

## VII. Construcción de un marco conceptual de referencia

El proceso de definir un marco de referencia comenzó con la explicitación de las habilidades a fortalecer en los estudiantes para que puedan superar las dificultades observadas. El marco inicial resultó de la discusión conjunta de los participantes, se volvió a él, se amplió y se reconstruyó a lo largo del proceso.

Este fue un largo trayecto donde hubo encuentros y desencuentros entre los docentes de formación matemática o ingenieril y aquéllos con formación pedagógica y en ciencias sociales, pudiendo finalmente llegar a fijar puntos de coincidencia.

Se analizaron diferentes perspectivas que orientaron conceptualmente el diseño de nuevas estrategias didácticas: *las características de la disciplina Matemática, la enseñanza de la Matemática basada en resolución de problemas, el enfoque sociocultural del aprendizaje, la Psicología Cognitiva y la corriente pedagógica que se ocupa de la lectura y la escritura a través del currículum.*

### VII.1. Aspectos de la Matemática a ser tenidos en cuenta en la enseñanza y el aprendizaje de la misma

La revisión de los núcleos característicos de la disciplina Matemática permite determinar diferentes fuentes de obstáculos para el aprendizaje. Por un lado es un sistema conceptual lógicamente organizado y socialmente compartido. Es también una actividad de resolución de problemas. Problemas que pueden tener relación con el mundo natural, social, tecnológico o ser problemas internos de la propia disciplina.

En la actividad matemática está presente un lenguaje simbólico característico que constituye un sistema de signos propios en el que se expresan los objetos matemáticos, los problemas y las soluciones encontradas. Como todo lenguaje tiene funciones básicas y reglas de funcionamiento que pueden causar dificultades en el aprendizaje.

Para el estudiante de Bioingeniería aprender matemática implica construir un significado sobre ciertas partes de esta organización lógica de definiciones, propiedades, lemas, teoremas para utilizarlo con un criterio adecuado en su formación y en su vida profesional.

Desde la Educación Matemática la enseñanza a través de la resolución de problemas es actualmente el método más invocado. Una de las tendencias generales más difundidas en la actualidad consiste en poner el énfasis en la transmisión de los procesos de pensamiento, propios de la matemática, más que en la mera transferencia de contenidos (Bishop, 1999).

### VII.2. La enseñanza de la Matemática basada en resolución de problemas

Un ingeniero es un profesional capacitado para solucionar problemas y su formación debe estar acorde a esta premisa. Las habilidades adquiridas durante su preparación apuntan a potenciar su conocimiento para decidir cuál será el enfoque más adecuado para resolver una determinada situación problemática. Precisamente es la Matemática una de las ciencias básicas que promueve el desarrollo de esas destrezas.

Schoenfeld (1992) describe diferentes categorías de conocimiento y comportamiento que aparecen involucrados en la actividad matemática considerada como *resolución de problemas*: el conocimiento de base (recursos), las estrategias de resolución de problemas (heurísticas), los aspectos metacognitivos (el conocimiento sobre el propio proceso del pensamiento o auto-regulación durante la resolución del problema), los afectos y el sistema de creencias. Los sistemas de creencias representan la perspectiva con la cual cada persona se aproxima a la Matemática y establecen el contexto en el cual los recursos matemáticos, los metacognitivos y las herramientas heurísticas operarán.

El marco teórico de resolución de problemas, según este autor, se fundamenta en numerosos resultados del área de la psicología cognitiva, incorporando además los aspectos culturales. Es decir, el aprendizaje es culturalmente modelado: las personas desarrollan su comprensión sobre cualquier actividad a partir de su participación en lo que se ha dado en llamar la «*comunidad de práctica*», dentro de la cual esa actividad es realizada.

### VII.3. El enfoque sociocultural del aprendizaje

Desde *la perspectiva sociocultural del aprendizaje*, la interacción social y el discurso son elementos básicos para el desarrollo de los procesos cognitivos superiores. El aprendizaje es un fenómeno social donde los estudiantes adquieren los elementos necesarios para apropiarse del conocimiento a través de la interacción con los pares, profesores y el material. Además, Vygotsky (1988) destaca el concepto de zona de desarrollo próximo como la distancia entre el nivel de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un experto o en colaboración con un compañero con más experiencia (Vygotsky, citado en Hernández, 2001).

### VII.4. La Psicología Cognitiva

Por otro lado, desde la *Psicología Cognitiva* se retoma la perspectiva de la metacognición. La palabra *metacognición* significa literalmente «cognición sobre la cognición» o «conocimiento sobre el conocimiento». El término fue introducido por John Flavell, a principios de la década del 70 en función de sus investigaciones sobre el desarrollo de los procesos de memoria. El conocer sobre la propia cognición permite tomar conciencia sobre la propia manera de aprender y de esta forma comprender cuáles son algunos de los factores que pueden facilitar o dificultar el desarrollo de una actividad (Mateo, 2001).

Para Brown (1987), la metacognición implica tres componentes esenciales: a) conciencia de los propios procesos mentales, de las creencias y de las motivaciones; b) conocimiento de las capacidades del pensamiento y de cómo éstas se relacionan entre sí (conocer sobre la cognición) y c) autorregulación o autocontrol del pensamiento, que se refleja en los planes o estrategias que el individuo realiza antes de iniciar una actividad, en los ajustes que lleva a cabo durante el trabajo y en las revisiones que realiza al finalizarlo.

Desde esta corriente el docente puede promover el desarrollo de estas habilidades incorporando actividades de «carácter metacognitivo», es decir, actividades que generen control sobre el propio conocimiento, sobre la propia comprensión, de manera que los estudiantes puedan darse cuenta de lo que hacen, planifiquen y examinen sus propias producciones, identifiquen los aciertos y dificultades, empleen estrategias de estudio pertinentes para cada situación, valoren los logros obtenidos y evalúen sus errores.

### VII.5. La comunicación y la perspectiva de la escritura a través del currículum

Por otra parte, también se considera que las habilidades de comunicación aparecen como metas deseables en la formación de un profesional de la Ingeniería, ya que parte de su quehacer se desarrollará trabajando en equipos muchas veces interdisciplinarios, en los cuales deberá argumentar

y expresar claramente sus ideas. Se puede decir que la comunicación «obliga» a volver sobre el propio pensamiento para precisarlo, justificarlo, organizarlo.

La comunicación en Matemática incluye la presentación de un problema con contenido matemático en lenguaje natural, simbólico y gráfico, tanto en forma oral como escrita. Comunicar un concepto matemático, describir un objeto matemático a través de sus propiedades, mostrar un procedimiento, reproducir una demostración, exponer un desarrollo lógico, o la resolución de un problema hace posible el reconocimiento de ese conocimiento por parte del sujeto que lo expresa. Informar sobre lo producido implica necesariamente la reconstrucción de la acción realizada.

El punto de vista pedagógico tradicional, basado en la concepción empirista del conocimiento, ha contribuido a enfatizar más en el estudiante la recepción de información que la expresión de las propias ideas. La superación de esta concepción implica también un cambio metodológico ya que desde el comienzo del proceso de enseñanza se debería incitar al estudiante a escribir, corregir, discutir y volver a escribir, como una forma de ir construyendo el conocimiento en el interjuego de leer y escribir. Esta propuesta se inscribe en la perspectiva de *la escritura a través del currículum* (Cassany, 1999), en la cual se concibe a la escritura como instrumento de reflexión sobre lo que se lee para que los estudiantes aprendan cómo escribir y cómo aprender de lo que escriben. Escribir en la universidad puede ser no sólo un medio por el cual los estudiantes son evaluados sino también una herramienta para ayudarlos a desarrollar su pensamiento.

Ocuparse de la lectura y escritura de los universitarios en cada asignatura es necesario porque son herramientas involucradas en la comprensión y elaboración del conocimiento. Son «estrategias» de aprendizaje y, como tales, precisan ser guiadas por los docentes a cargo de transmitir ese conocimiento disciplinar con el fin de lograr que los estudiantes se apropien de él (Carlino, 2005).

Enseñar una asignatura, en nuestro caso Matemática, incluye enseñar a seguir aprendiendo en ese campo. La Matemática tiene su propio lenguaje, con su simbología y su estructura. La simbología matemática está compuesta de caracteres gráficos, que se entrecruzan con el lenguaje natural y las representaciones gráficas. La presentación de los contenidos matemáticos se realiza mediante enunciados como: definición, teorema, proposición, lema, demostración y corolario.

Los modelos y procedimientos matemáticos se formulan en el lenguaje de esta disciplina y nutren las páginas de otras ciencias básicas, como la Física, la Biología, las Tecnologías básicas y aplicadas como el Análisis de Señales y Sistemas, el Control de Procesos, el Procesamiento de Imágenes, Biomecánica, Electrónica entre otras.

El lenguaje formal matemático le permite al estudiante construir sus propios caminos de razonamiento y las estrategias a la hora de resolver problemas; permite además formalizar, precisar y simplificar ideas y conceptos abstractos, evitando diferentes interpretaciones causadas por el lenguaje coloquial (Resnick y Ford: 1990).

Si se acepta que fortalecer las competencias relacionadas con la lectura y escritura dentro de un campo específico del conocimiento es un modo de enseñar a aprender en esa disciplina, entonces surge el compromiso por indagar cuáles son las estrategias didácticas más adecuadas, en este marco, para un curso de Matemática en Ingeniería.

### **VIII. Primer ciclo: sus fases**

El proyecto se presenta para su evaluación en diciembre del año 2006 y es aprobado el veintiuno de agosto de 2008. La primera experiencia piloto se realizó en el año 2008, con los alumnos ingresantes a la carrera en 2007, cuando aún estaba vigente el plan de estudio 1993. Un grupo de estos ingresantes optaron por cambiar de plan en el primer cuatrimestre del año 2008, tomando el curso «Cálculo Vectorial» el cual corresponde al nuevo plan de estudio. Precisamente este grupo

participó del primer ciclo del proyecto cuyas fases se sintetizan en la Tabla N° 1 y se detallan en las secciones siguientes.

La nueva asignatura se planificó con un enfoque que se centra en la modelización matemática de fenómenos, como fuerte elemento motivador.

Las metas generales del proceso de aprendizaje expresan que el estudiante logre:

- Comprender los conceptos y métodos fundamentales del Cálculo Vectorial.
- Valorar las posibilidades que brinda el Cálculo Vectorial para modelizar fenómenos biológicos, físicos u otros relacionados con la Bioingeniería.
- Utilizar software matemático en la resolución de problemas.
- Reforzar estrategias de aprendizaje autónomo.

### **VIII.1. Fase de planificación**

A partir de la construcción del marco teórico de referencias y considerando las distintas perspectivas analizadas en la revisión bibliográfica comienza la planificación de nuevas estrategias didácticas.

En esta fase el grupo de docentes-investigadores establece las prioridades a ser atendidas por las estrategias a planificar, se definen los objetivos de las mismas, se revisa el marco de referencia incorporando nuevos conceptos como el de «Evaluación Formativa» y se planifican las acciones a implementar en la fase siguiente.

Como resultado de esta etapa se reestructura la planificación de la asignatura insertando nuevas estrategias didácticas en el cronograma de la misma y realizando modificaciones en las existentes.

El grupo consideró prioritario implementar acciones destinadas a:

- Potenciar la participación del estudiante en el proceso de aprendizaje. La meta es modificar la actitud pasiva en el estudiante y para el docente asumir nuevos roles (guiar, acompañar).
- Generar un espacio en el cual el estudiante pueda plantear dudas y que permita al docente, a partir de esta comunicación, reorientar el proceso de enseñanza.
- Incorporar actividades que incluyan estrategias metacognitivas.

Entonces las estrategias a diseñar tienen por objetivo promover en el estudiante:

- Hábitos de lectura del texto antes de la clase práctica.
- El desarrollo de una actitud reflexiva (potenciar la metacognición)
- El trabajo continuo.
- Mayor autonomía.
- Una mejora en la comunicación escrita y oral.
- Una actitud colaborativa en el trabajo grupal.
- Compromiso con su propio proceso de aprendizaje.

Se revisa el marco teórico construido inicialmente y se incorpora el concepto de «Evaluación Formativa». Las formas tradicionales de evaluación (Evaluación Sumativa) están relacionadas con las teorías conductistas del aprendizaje en las cuales sólo interesan los estados inicial y final. La propuesta de una Evaluación Formativa ofrece una acción permanente y continua de valoración y reflexión sobre el desarrollo y evolución del aprendizaje. También permite observar el recorrido que hacen los estudiantes durante su formación. Desde este punto de vista la evaluación es parte de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por otra parte implica para el docente reconocer lo que sus estudiantes hacen y cómo lo hacen a partir de las evidencias que dejan en sus actuaciones académicas cuando realizan una actividad. Esto le permite valorarlas y proponer los cambios necesarios, con el objetivo de fortalecer los puntos débiles observados (López Pastor, 2009). La evaluación es un proceso complejo que incluye la acreditación, pero no se reduce sólo a medir resultados sino que tiende fundamentalmente a brindar información tanto al docente como al estudiante sobre el proceso de construcción de los aprendizajes.

Se deciden las modificaciones a realizar en las actividades previamente planificadas por la cátedra y la inserción de nuevas acciones a implementar a lo largo del curso de Cálculo Vectorial que tiene una duración de un cuatrimestre (catorce semanas).

**TABLA 1.** El primer ciclo: sus fases

Actividades desarrolladas en cada Fase del primer ciclo implementado en el año 2008				
Fase I Exploración Inicial	Fase II Planificación: Diseño de estrategias didácticas	Fase III Acción: Implementación de estrategias didácticas	Fase IV Reflexión: Revisión de la implementación y sus efectos	Fase V: Resultados, Correcciones a realizar y que conducen a una nueva planificación
Delimitación del problema: - Escasa participación en clase de los estudiantes que cursan Cálculo Vectorial en Bioingeniería. - Asistencia a las clases de práctica sin lectura previa de los conceptos desarrollados en las clases teóricas. - Escasas habilidades para plantear dudas, dificultades y para buscar estrategias que permitan solucionarlas.	Discusión de un marco de referencia conceptual a partir del cual diseñar las nuevas estrategias. Definición de los Objetivos: - Lograr mayor autonomía en el aprendizaje de los estudiantes que cursan Cálculo Vectorial en Bioingeniería. - Promover en nuestros alumnos la lectura crítica de la Bibliografía indicada. - Generar un espacio en el cual el estudiante pueda plantear dudas y desarrollar estrategias metacognitivas.	Estrategia Implementada: - Se pone a disposición del estudiante una guía de lectura semanal en la que se indican: objetivos, contenidos, bibliografía, lecturas obligatorias y optativas. - Se asignan semanalmente 5 o 6 ejercicios obligatorios que los estudiantes deben resolver o intentar resolver, justificando como obtuvo la solución o identificando los obstáculos encontrados. - Se orienta la reflexión y la metacognición mediante un cuestionario. -El alumno documenta esta actividad en una carpeta de trabajo.	Encuestas: Diseño y aplicación de encuestas para evaluar como los estudiantes percibieron la nueva experiencia Análisis de los resultados de las evaluaciones parciales y finales Seminario interno: con el objetivo de socializar en el grupo de investigación, la experiencia vivida por los Jefes de Trabajos Prácticos y alumnos avanzados de Bioingeniería (Tutores) y otros colaboradores. Triangulación de la información obtenida.	Análisis de los aspectos positivos y negativos señalados por los estudiantes en las encuestas y por los docentes en los informes, entrevistas y seminarios de trabajo.

La planificación de la asignatura se modifica: se reestructuran las instancias presenciales y se incorpora una nueva actividad no presencial (domiciliaria). Las instancias presenciales semanales se organizan secuencialmente: clase teórica, de coloquio y práctica. Desde los teóricos pasando por los coloquios el estudiante va transitando *gradualmente* por diferentes niveles de participación. A través de esta secuencia de clases el protagonismo del docente como expositor decrece mientras crece la participación del estudiante, guiada por el docente. La clase de práctica se convierte en un escenario propicio para la participación plena del alumno. Se incorpora una actividad no presencial: «*El informe semanal*».

En las Clases Teóricas el profesor presenta la Unidad Didáctica mediante la exposición de problemas o situaciones que despierten el interés de los alumnos. A través del «*interrogatorio didáctico*» se realiza una evaluación diagnóstica *in situ* para establecer los puntos débiles en los saberes previos necesarios para abordar los nuevos. Se construyen las definiciones, se enuncian propiedades y teoremas fundamentales. Se incorpora como material didáctico una «*Guía Semanal*» de actividades para el estudiante en la cual se enuncian los objetivos de la unidad, la bibliografía, se orienta la lectura del texto básico y se proponen lecturas optativas complementarias, se indican las actividades a realizar en la Sesión de Coloquio y Práctica y se enuncian las consignas del «*informe semanal*».

En las Sesiones de Coloquio se profundizan y completan algunos de los conceptos presentados en la clase de teoría, se discuten demostraciones y ejemplos. En las mismas se brinda un espacio al

alumno para que realice un trabajo individual o grupal, utilizando el libro de texto y la Guía Semanal. Esta actividad tiene por objetivo permitir el surgimiento de dudas o errores a través de la discusión de grupal, el Docente realiza una exposición integradora al final de la sesión.

El núcleo de la innovación es el «*Informe Semanal*». La actividad se planifica de manera que el estudiante trabajando en grupos pequeños (dos o tres integrantes) resuelva cierto número de problemas propuestos, indicando los conceptos, métodos seleccionados y también las dificultades encontradas durante la resolución de los problemas indicados.

El *informe* incluye una actividad que promueve la reflexión del estudiante sobre la tarea realizada (metacognición). Esta actividad se orienta a través de un *cuestionario* cuyo diseño ha sufrido cambios a lo largo del proceso de investigación. En la elaboración del mismo se han considerado las siguientes categorías:

- *La interrelación de conceptos*: ¿Qué conceptos nuevos o propiedades usé? ¿Qué conceptos de otros cursos apliqué? ¿Qué nuevo problema puedo resolver con los conceptos de esta unidad que antes no podía?

- *La observación del propio proceso*: ¿Qué estrategias usé para comprender el enunciado de cada problema? ¿Cuáles para diagramar el camino hacia la solución? ¿Encontré dificultades? ¿Cuáles?, ¿Cómo intenté solucionarlas?

- *La Autoevaluación del procedimiento de resolución*: ¿Repasé los conceptos teóricos correspondientes al curso o cursos previos?, ¿Realicé algún diagrama que explique las sucesivas etapas del proceso de resolución?, ¿Hice una justificación teórica de cada paso realizado?, ¿Verifiqué los resultados intermedios?, ¿Discutí métodos alternativos para alguna etapa del proceso o del procedimiento general?

- *La Detección de dudas*: ¿Comprendí los conceptos que usé? ¿Pude expresarlos y aplicarlos? ¿Qué dudas quedan? ¿En qué tema necesito una nueva explicación del docente?

## VIII.2. Implementación del Informe Semanal

Al comienzo de la etapa de implementación se realizaron reuniones de trabajo, encuentros informales y se acentuó la comunicación a través de correo electrónico con el objetivo de facilitar el intercambio de ideas, dudas y cuestionamientos que surgieron de los distintos docentes participantes (Profesores, Jefes de Trabajos Prácticos, Docentes auxiliares) hasta conseguir acuerdos. Este dialogo en sus diferentes formas se mantuvo durante toda la fase. El grupo a través del trabajo colaborativo ayudó a superar las dificultades y resistencias individuales.

Por otra parte se brindó información a los estudiantes sobre la nueva metodología por dos medios. Una primera clase, fuera de los horarios de Teoría, Coloquio o Práctica que se denominó «*clase inaugural*» tuvo por objetivo proporcionar a los estudiantes toda la información correspondiente al curso desde los objetivos, contenidos, bibliografía, condiciones de regularidad y promoción, destinando un tiempo a informar y responder preguntas sobre el «*Informe Semanal*» y las actividades de investigación, en el área educativa, que la cátedra lleva adelante.

En la página web de la asignatura se comenzó a publicar un espacio destinado a las «*Preguntas Frecuentes*» de las cuales dos de ellas se refieren al *Informe Semanal*. A continuación se transcriben las inquietudes planteadas por los estudiantes y sus correspondientes respuestas. Las mismas se han ido completando y enriqueciendo a través de las diferentes experiencias:

*PRIMERA PREGUNTA*: «¿Cómo debo realizar el informe semanal?»

*RESPUESTA*: «Para realizar el informe semanal considera las siguientes pautas:

1.- Los ejercicios se proponen en la guía semanal publicada en la página de la asignatura.

2.- Cada grupo formado por tres estudiantes realiza un informe manuscrito en el que se indicará: apellido y nombre de los integrantes. Fecha. Comisión de práctica a la que pertenece. Resolución detallada de los problemas.

3.- Al resolver cada problema se sugiere: leer con atención y anotar el enunciado, listar los datos o información dada, identificar el objetivo o meta. Intentar conjeturas acerca de los rangos de valores de las posibles soluciones. Desarrollar la solución justificando cada paso. Expresar las definiciones, conceptos o métodos usados en la resolución del mismo. Verificar el resultado final obtenido (o resultados intermedios calculados). Interpretar la información que brinda el resultado encontrado. Prestar atención a la notación y a la justificación de pasos.

4.- En caso de no poder resolver un problema indicar claramente los procedimientos que se usaron en el intento de obtener una solución y cuales fueron los obstáculos que se presentaron.

5.- El Informe es manuscrito, se redacta por triplicado en el formulario publicado en la web. Una cuarta copia (que puede ser fotocopia) se entrega al profesor. Cada integrante del grupo tiene su copia manuscrita del informe, en la cual realizará anotaciones y correcciones (autoevaluación) que surjan de la exposición guiada por el docente.

6.- Al comenzar la clase se presentan: A) los tres originales (el profesor sólo registra la presentación y devuelve). B) se entrega una copia al profesor (esta puede ser una fotocopia) la que queda archivada y permitirá al cuerpo docente seguir el proceso. La presentación del informe es semana a semana y sólo podrá hacerse al comenzar la clase y en la comisión de práctica en la cual se inscribió.

7.- Cada ejercicio será expuesto en el pizarrón por un grupo diferente. Durante la exposición grupal, coordinada por el docente, se discutirán cada uno de los pasos realizados para resolver el problema, se aclararán dudas, se discutirán otras posibilidades.

8.- A partir de lo expuesto cada grupo corrige su propio trabajo (autoevaluación) o el trabajo realizado por otro grupo (evaluación entre pares). Por lo tanto no es válido entregar el informe y retirarse ya que la actividad se completa con la exposición y discusión de los resultados. Al finalizar la clase (un informe por grupo) con las anotaciones, autoevaluación o evaluación realizada por otro grupo) se entrega al docente, quien lo devolverá la clase siguiente con sus comentarios.

9.- Cuando se evalúa el trabajo que realizó otro grupo se debe tener en cuenta que se busca realizar un aporte para que otro grupo mejore o quizás aprender de lo realizado por los compañeros. Para realizar tanto la autoevaluación como la evaluación entre pares se debe tener en cuenta las pautas enunciadas en el ítem N° 3.

10.- El docente sólo anota si el trabajo se presentó y si el equipo estuvo presente y participó en la discusión de los problemas, entregando su trabajo al final de clase. No se evalúa si se obtuvo el resultado correcto de un ejercicio, sino el compromiso personal con el propio aprendizaje al realizar el trabajo y la participación en el debate sobre los ejercicios. Los docentes tendrán en cuenta los informes para aclarar los temas que han presentado dificultades.

11.- Cada estudiante llevará una carpeta con sus informes. Se debe tener presente que una de las pautas para lograr la regularidad consiste en acreditar el 80% de los informes presentados y corregidos en clase mediante discusión grupal (autoevaluación, evaluación entre pares) para regularizar la materia».

SEGUNDA PREGUNTA: «¿Para qué me sirve el informe semanal?»

RESPUESTA: «Sirve para facilitar:

- Tu participación activa en cada clase práctica, y esto mejora el aprendizaje ya que se aprende haciendo y también cometiendo errores.
- La reflexión sobre tu propio trabajo.

- El desarrollo de habilidades para controlar el procedimiento realizado en la resolución de problemas y por lo tanto la detección de errores.
- La vinculación de la teoría con la práctica.
- Un primer trabajo con conceptos nuevos necesarios para entender los siguientes y poder avanzar.
- También se pretende que te ayude a adquirir confianza para exponer aciertos y también dudas y errores sin temor a una calificación.
- Promueve el trabajo grupal, casi inevitable en la vida profesional. La discusión colectiva siempre enriquece. Este trabajo también tiene como objetivo mejorar la comunicación escrita y oral de los conceptos del cálculo vectorial y de las ideas puestas en juego al momento de resolver un problema.»

En la clase de práctica se genera ahora un escenario diferente en el cual los estudiantes discuten lo acontecido al realizar el informe, eventualmente exponen en el pizarrón el planteo o la resolución de los ejercicios propuestos indicando la justificación teórica correspondiente. Si un estudiante no pudo resolver alguno de los ejercicios propuestos, indica cuales fueron los obstáculos que encontró.

La tarea del docente en esta instancia es la de crear un clima de apertura, diálogo y respeto entre compañeros que permita expresar dudas sin temor, para poder de esta manera hacer aclaraciones, corregir errores y también hacer correcciones o sugerencias sobre el contenido y el orden de la exposición realizada. El docente desarrolla aquellos ejercicios que presentan más dificultades y propone otros que considere apropiados para que los estudiantes realicen en la clase en forma individual o grupal, con el objetivo de afianzar conceptos y métodos.

Según lo expresado la implementación de la actividad sigue una secuencia lineal en lo temporal y al mismo tiempo cíclica en cuanto hay una mirada retrospectiva sobre lo realizado. En la primera instancia el estudiante se encuentra con una tarea para resolver en grupo, elabora un informe escrito, reflexiona sobre lo realizado junto a sus compañeros de grupo.

En la segunda instancia hay un encuentro con: el trabajo realizado por los demás grupos, la mirada de los grupos restantes sobre el propio trabajo, lo elaborado previamente y reelaborado en la exposición oral, con el docente que aporta la perspectiva del experto.

En cada comisión trabajan diez grupos de estudiantes, un Jefe de Trabajos Prácticos, un Auxiliar Docente alumno y un Tutor par, cada uno cumple un rol diferente.

El Jefe de Trabajos Prácticos coordina el debate, propone nuevos problemas y en general elabora una síntesis. El Auxiliar docente colabora atendiendo los problemas de algún grupo particular focalizándose en aquellas situaciones relacionadas con la disciplina. El Tutor brinda su apoyo y actúa como mediador frente a otras situaciones académicas como ser la incorporación de un estudiante a un grupo, el funcionamiento del mismo, dificultades en la comunicación con el docente, el uso de estrategias de estudio entre otras.

### VIII.3. Reflexión sobre la acción implementada

El periodo de implementación de esta nueva experiencia fue el correspondiente al dictado regular de la asignatura fijado por el calendario académico (catorce semanas, de las cuales dos se destinan a evaluaciones parciales). Finalizado el mismo se inicia la fase de reflexión sobre la acción implementada.

Se trata de responder en esta etapa a los siguientes interrogantes: ¿En qué grado se están logrando los objetivos propuestos? ¿Qué aspectos positivos se rescatan de la experiencia? ¿Qué problemas han surgido? ¿Cuáles son las soluciones posibles? ¿Qué modificaciones se pueden planificar para el ciclo siguiente?

Se trabajó entonces con la información proveniente de diferentes fuentes: *la encuesta* realizada a los estudiantes (ya que son estos quienes poseen los datos relevantes), *la situación académica* de los alumnos luego de terminar el curso (promovido, regular o libre) y por último el *autoinforme* que

cada educador participante elabora sintetizando sus apreciaciones y observaciones recabadas en su práctica docente.

La encuesta realizada a los estudiantes: se diseña un cuestionario corto, semiestructurado formado por cuatro preguntas abiertas, el cual se responde por escrito. El encabezado y las preguntas se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2.** Encuesta realizada a los alumnos

<b>Encabezado de la Encuesta</b>	
<p><b>Estimado alumno:</b>                      Te comentamos al iniciar el curso que la cátedra ha presentado un proyecto de Investigación en enseñanza de la Matemática en Ingeniería. En el marco de ese proyecto se ha implementado durante el corriente año una metodología innovadora. La misma se fundamenta en los conceptos de evaluación formativa de los aprendizajes y la metacognición. Con la primera se desea averiguar si los objetivos de la enseñanza están siendo alcanzados o no y nos sirve a nosotros, los profesores, para realizar las acciones necesarias o ajustes necesarios. Mientras que la metacognición «implica ser capaz de tomar conciencia de nuestra manera de aprender y comprender». Por lo tanto las actividades que promueven el desarrollo de la misma están destinadas a generar un proceso de conocimiento más responsable y sistematizado.                      Estamos finalizando el curso y necesitamos conocer tu opinión sobre:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La experiencia realizada al trabajar con problemas semanales antes de la clase práctica para posteriormente discutirlos en la misma.</li> <li>2. El cuestionario relacionado con las dificultades para plantear o resolver los ejercicios propuestos.</li> </ol> <p>Te solicitamos que completes los datos requeridos en esta encuesta la cual tiene carácter anónimo. La información recogida se analizará y formará parte de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Memoria de anual de cátedra.</li> <li>2. De trabajos presentados en congresos</li> <li>3. La Memoria anual del proyecto de investigación.</li> </ol> <p>Agradecemos tu colaboración y garantizamos que se dará buen uso de los datos aportados</p>	
Categorías	Preguntas
Compromiso con la actividad propuesta	¿Te has comprometido responsablemente con esa actividad?
Valoración del trabajo grupal	¿Cómo valoras el trabajo en grupo?
Regulación del ritmo de aprendizaje	¿Te ha permitido regular adecuadamente el ritmo del aprendizaje? ¿sí?, ¿no?, explica
Detección de errores	¿Te ha permitido detectar y corregir errores tanto conceptuales, como de procedimiento?
Aspectos positivos	Señala aspectos positivos y negativos
Aspectos negativos	

Se seleccionó este instrumento ya que potencialmente permite conocer la opinión de la población de estudiantes en un alto porcentaje, manteniendo el anonimato lo que brinda cierto grado de fiabilidad, aunque se reconocen las limitaciones que posee. La situación o el ambiente en el que se responde puede influir en las respuestas y la calidad de las mismas depende de la importancia que cada estudiante encuestado de sus opiniones. Por este motivo el encabezado del cuestionario se redacta de manera tal que evidencie la importancia de las respuestas dentro de un marco de respeto mutuo.

El análisis se realizó con apoyo informático haciendo uso de planillas de cálculo. En este proceso los datos transcritos se segmentan, se reorganizan en categorías, se codifican para luego efectuar un análisis de frecuencias y el trabajo interpretativo.

De los 64 estudiantes que tomaron el curso en el año 2008 fueron encuestados 62, según el análisis de la misma el 85 % de los alumnos consideraron que se habían comprometido responsablemente con las actividades propuestas.

El 85 % expresó que la experiencia resultó útil y necesaria para un mejor desempeño ya que ayudó a comprender conceptos y corregir errores.

El 79 % ha manifestado que le ha permitido organizar el estudio, regular el ritmo de aprendizaje, «llevar la materia al día», facilitando la preparación de las evaluaciones parciales.

El 52 % reconoce las ventajas de trabajar en grupo para resolver problemas mientras que un 36 % afirma que en alguna fase de la actividad trabaja solo. De las respuestas surge que el tiempo promedio dedicado a la realización del informe es de 4 horas semanales (con un valor mínimo de dos horas y máximo de 10 horas). El 15 % consideró que no fue positiva fundamentalmente por no respetar el ritmo individual, por demandar demasiado tiempo personal.

Al finalizar el cursado la situación académica fue la siguiente: 18 estudiantes promocionados (28 %), 39 regulares (61 %) y 7 libres (11 %).

Los requisitos necesarios para alcanzar la regularidad o la promoción se indican en la Tabla 3.

Por otra parte del análisis en conjunto de los autoinformes de los docentes y de las opiniones vertidas por los auxiliares docentes en entrevistas informales se extraen algunos de los aspectos señalados como positivos y también los negativos o conflictivos de la experiencia realizada.

Expresan como favorable que: el estudiante asiste a clase y participa, la dinámica de la misma ha cambiado, «casi ningún alumno viene sin haber intentado resolver los problemas», «se observa un aprendizaje gradual y continuo», las preguntas que los alumnos realizan evidencian que «profundizan los conceptos de teoría y coloquio».

**TABLA 3.** Condición de Alumno Regular

Requisitos para alcanzar la condición de Alumno Regular, Promocionado o Libre	
Actividades: Actividad Grupal (A-1): Realización de los Informes Semanales y participación en la discusión oral en clase. Actividad Grupal (A-2): Realización de dos Trabajos de Laboratorio de Computación (Integradores). Actividad Individual Presencial (A-3): Dos evaluaciones parciales de carácter teórico-práctico.	
Situación Académica al finalizar el curso	Requisitos
Regular (Necesita rendir un examen final para aprobar la asignatura)	Acredita el 80% de la actividad (A-1) Para cada una de las actividades (A-2) y (A-3) se requiere: promedio de 50 puntos sobre 100 y no menos de 40 puntos en cada prueba o trabajo individual.
Promocionado (Aprueba la asignatura)	Acredita el 80% de la actividad (A-1) En cada una de las actividades (A-2) y (A-3) se requiere: promedio de 80 puntos sobre 100

Surgen también aspectos conflictivos: «resulta difícil distribuir el tiempo entre el control del trabajo individual y la discusión grupal», «el número de alumnos elevado por comisión impide que se pueda hacer un seguimiento más personalizado», no siempre se logra «involucrar al grupo cuando un compañero expone», «en ocasiones no completan el cuestionario que orienta la reflexión sobre lo realizado».

En el cierre del seminario interno de trabajo se considera que la experiencia ha sido positiva, se han logrado metas aceptables de participación responsable durante el desarrollo del curso y sólo un 11% no logró cumplir con los requisitos para regularizar la asignatura.

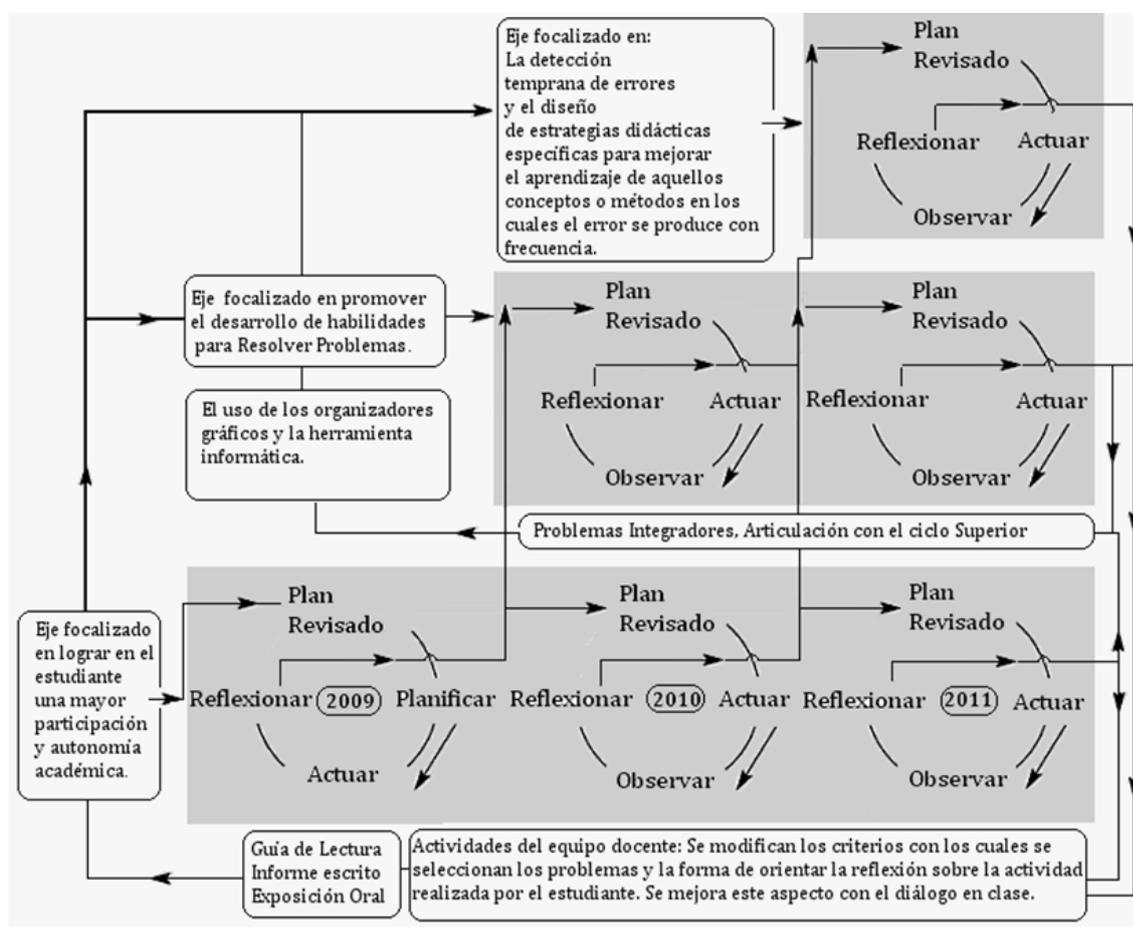
A partir de valoración positiva de los resultados obtenidos se extiende la experiencia a la asignatura «Ecuaciones Diferenciales», que se dicta en el segundo cuatrimestre del segundo año de la carrera. La metodología se incorpora a las planificaciones de ambas asignaturas a partir del año 2009. Durante

los períodos académicos 2009, 2010 y 2011 se implementan nuevos ciclos en los cuales alrededor del mismo eje se van realizando ajustes que tratan de mejorar algún aspecto deficitario observado en el ciclo anterior.

En este proceso surgen interrogantes que originan ciclos secundarios de Investigación- Acción que se articulan con el eje inicial del proceso como se indica en la Figura 4.

### IX. Nuevos Ciclos y nuevos ejes de Investigación - Acción

A través de la práctica se han ido delineando nuevos ejes de Investigación-Acción (IA) surgiendo así de manera natural la concepción de McNiff (1988) comentada en la sección metodológica de este trabajo. A partir del eje central del proceso de Investigación-Acción se originan derivaciones que permiten tratar las diferentes dimensiones de la problemática abordada. Las mismas están interconectados entre si mediante lazos que permiten la comunicación en ambos sentidos según se indica en la Figura 4.



**FIGURA 4.** Articulación de los diferentes ejes del proceso de Investigación- Acción: (I) Autonomía, Autorregulación y Comunicación, (II) Habilidades para resolver problemas, (III) Detección Temprana de errores y estrategias didácticas específicas.

### IX.1. Modificaciones a lo largo del eje inicial

En el eje que originó el proceso, el foco está puesto en el desarrollo de actividades tendientes a promover en el estudiante una actitud participativa y responsable en su proceso de aprendizaje y una mayor autonomía académica. Las innovaciones implementadas, previamente analizadas, tienden a favorecer el trabajo con pares, mejorar la relación docente-alumno y la comunicación en el ámbito académico que nos concierne en sus diferentes formas. Se orienta la lectura de textos, la realización de informes escritos y la discusión oral de los mismos.

A lo largo de las experiencias correspondientes a los ciclos 2009, 2010, 2011 se han ido realizando en este eje diferentes modificaciones y cambios. Los mismos reflejan las decisiones consensuadas tomadas por los docentes participantes en las correspondientes fases de reflexión. Algunas de ellas se mencionan en los siguientes párrafos.

Se reduce a tres el número de ejercicios obligatorios a presentar en cada informe semanal, con el objetivo de: profundizar la discusión grupal en clase, disminuir la sobrecarga de tareas domiciliarias de los estudiantes, reservar un espacio para discutir otros problemas propuestos por los propios estudiantes o los docentes cuando adviertan la necesidad.

Con el objetivo de facilitar en el estudiante la reflexión sobre la tarea realizada se reorganiza el cuestionario correspondiente. Se profundiza el diálogo y la discusión en clase. A diferencia del cuestionario original se incorporan preguntas cerradas que acompañan a las preguntas abiertas formuladas originalmente. Este nuevo formato se ilustra en las Figuras 5 y 6.

El nuevo cuestionario se presenta en el formulario disponible en la página web de la asignatura cuyo formato guía la realización del informe o reporte semanal.

Las respuestas brindadas por distintos grupos de estudiantes en el primer cuatrimestre del año 2011 se muestran en las Figuras 5, 6 y 7.

Cuando un grupo de estudiantes expone en la clase de práctica, el docente cuenta con la información volcada en el cuadro y la puede relacionar con lo que acontece en clase durante dicha actividad realizando *una triangulación in situ*. Al aparecer algún error se puede relacionar el mismo con el tratamiento que el grupo dio a los datos del problema, a la ausencia de justificación teórica, a una fundamentación errónea, a una verificación incorrecta de resultados previos entre otras causas.

En el diálogo establecido con el estudiante y la clase, la información volcada en el cuestionario se completa y tanto las preguntas que allí aparecen como las respuestas adquieren otro significado para el grupo de estudiantes y también para el docente. Los resultados se muestran en la sección x.

1) ¿Qué estrategias usaron para comprender el enunciado de cada problema?

Estrategias Marcar con x en el casillero correspondiente	Problema Nº1		Problema Nº2		Problema Nº3	
	Si	No	Si	No	Si	No
Lectura del enunciado individual	X		X		X	
Lectura y discusión del enunciado en grupo	X		X		X	
Subrayar palabras claves		X		X		X
Realizar un listado con la información disponible o datos	X		X		X	
Clasificación de los datos		X		X		X
Identificación del objetivo o meta	X		X		X	
Otras estrategias (explique)		X		X		X

FIGURA 5. Actividad que promueve en el alumno la reflexión sobre las estrategias empleadas para comprender el problema que se aborda.

Qué actividades realizaron en el proceso de resolución?

Actividades Marcar con x en el casillero correspondiente	Problema Nº1		Problema Nº2		Problema Nº3	
	Si	No	Si	No	Si	No
Repaso de conceptos teóricos correspondientes a cursos previos al de Cálculo Vectorial (en caso afirmativo indiquen cuáles y el material consultado)		X		X		X
Realización de algún diagrama que explique las sucesivas etapas del proceso de resolución. En caso afirmativo incorporen el diagrama a este informe.		X		X		X
Justificación teórica de cada paso realizado	X		X		X	
Verificación de resultados intermedios	X		X		X	
Discusión de un método alternativo para alguna etapa del proceso o del procedimiento general. Indique cuál.		X		X		X

FIGURA 6. Actividad que promueve en el alumno la reflexión sobre las estrategias empleadas en la solución de un problema propuesto.

2) ¿Qué obstáculos encontré?, ¿dónde?, (explique con claridad y precisión por qué no pudo continuar o realizar algún ejercicio). ¿ En qué tema necesita una nueva explicación del docente?

El ejercicio 1, no me quedó claro por q' el trabajo  
dura haber dicho cero no uno

FIGURA 7. Preguntas abiertas que forman parte del cuestionario que orienta la actividad de reflexión en el estudiante.

### IX.2. El eje focalizado en la resolución de problemas

Al reducir el número de problemas propuestos en el Informe Semanal, surge la necesidad de discutir acerca de los criterios de selección de los mismos. Se genera entonces un nuevo ciclo con sus fases de planificación, acción, observación, reflexión, que tiene por objetivos rediseñar las instancias de «*resolución de problemas*» propuestas a los estudiantes (Figura 4).

*Plan Revisado*: Para formular una nueva planificación se vuelve al marco de referencia y se realiza una búsqueda bibliográfica con el objetivo de profundizar acerca de la «*resolución de problemas*» y su implicancia en la enseñanza en ingeniería. También se analizan las ventajas que ofrecen los organizadores gráficos como estrategias de apoyo y organización en el contexto considerado.

Acerca de esta vinculación hay numerosas publicaciones Mourtos y sus colaboradores han realizado importantes aportes en el área describiendo las habilidades que un ingeniero utiliza al resolver un problema de su especialidad (Mourtos *et al.*, 2004). Este autor señala la importancia de presentar a los alumnos situaciones con distintos grados de dificultad. Considera apropiado proponer gradualmente desde los *problemas cerrados*, en los cuales la información necesaria para su solución está completa, hasta los *problemas abiertos*. Estos últimos involucran cierta ambigüedad y necesitan ser redefinidos ya sea buscando la información faltante o tomando decisiones con respecto a qué aspectos del mismo resultan prioritarios. Señala además que los estudiantes que resuelven diferentes tipos de problemas durante su formación adquieren las habilidades básicas necesarias para abordar en mejores condiciones las situaciones que suelen presentarse en la actividad profesional.

A través de una actividad de resolución de problemas se espera entonces que el estudiante adquiera soltura para:

- Definir el problema (lo que establece y requiere), analizando la información dada y sus restricciones.
- Determinar el real objetivo del problema y estimar soluciones.
- Desarrollar un plan para la solución y elegir el enfoque.
- Implementar el plan
- Chequear los resultados obtenidos, evaluando y revisando lo actuado.

Se reconsideran entonces las dos instancias que incluyen «*resolución de problemas*».

En el marco del informe semanal el estudiante se encuentra por primera vez con situaciones que implican la aplicación de conceptos nuevos por lo tanto, aunque el enunciado tenga la apariencia de un «ejercicio» de resolución inmediata, para él constituye «un problema». Sin embargo se establece como criterio que la situación planteada le represente un desafío, lo invite a leer el texto, le permita además interrelacionar conceptos y poner en juego las distintas etapas que corresponden a la resolución de un problema cerrado. En esta instancia el foco se coloca en la comprensión de los nuevos conceptos. También en la valoración de los mismos a través de experiencias que le posibiliten al estudiante

visualizar la importancia que éstos tienen al permitirle resolver situaciones que con sus conocimientos previos no podía. Es una oportunidad para familiarizarse con nomenclatura nueva y para establecer nuevas relaciones lógicas. Por lo tanto resulta de interés incorporar ejercicios en los cuales tengan que demostrar que un enunciado es válido o rechazar una idea matemática a través de un contraejemplo.

En el contexto de los Trabajos de Laboratorio de Computación los objetivos son diferentes. Se trata aprovechar la potencialidad numérica, gráfica, simbólica y de cálculo del software matemático para integrar conocimientos y utilizarlos para resolver situaciones de interés para la Bioingeniería.

Se definen los criterios que orientan la preparación de estos trabajos por parte de los docentes. En primer lugar el grado de dificultad debe ser el adecuado para un estudiante de segundo año y a la vez motivador mostrando la vinculación de la matemática con asignaturas específicas del ciclo de formación profesional. En el diseño de los mismos se consideran los procedimientos matemáticos generales que contribuyen a la formación de un ingeniero, tales como modelizar, graficar, calcular, comparar, algoritmizar, resolver e interpretar resultados, de manera que el estudiante trabajando en grupo recurra a ellos.

Para satisfacer estos criterios el grupo de docentes participantes de este proyecto ha realizado diferentes actividades con profesores de otras asignaturas de la carrera tanto del ciclo básico como del ciclo profesional: reuniones de trabajo en los laboratorios de Biomecánica y de Física Eléctrica con el objetivo de diseñar Trabajos de Laboratorio articulados, revisión bibliográfica de diferentes asignaturas etc.

*Acciones Implementadas:* Se selecciona Biomecánica como fuente de situaciones reales y modelos para el desarrollo de una primera experiencia didáctica en la asignatura Ecuaciones Diferenciales. Esta elección se realiza teniendo en cuenta que los conceptos previos necesarios para abordar el análisis de modelos simples de movimiento ya fueron estudiados en Física Mecánica. Por otra parte los mismos resultan muy atractivos considerando que se aplican para analizar situaciones que aparecen cuando se practica un deporte y también en el área de rehabilitación de pacientes con diferentes patologías. El trabajo de laboratorio se diseñó de manera que los estudiantes analizaran modelos biomecánicos expresados por ecuaciones diferenciales estudiadas en el curso y utilizaran datos reales obtenidos en el laboratorio (Añino et al, 2010).

Con los objetivos propuestos y los criterios elaborados para diagramar las instancias de «resolución de problemas», cabe preguntarse si se pueden incorporar estrategias que faciliten esta actividad en el estudiante. Se analizan entonces los organizadores gráficos: *Mapas Conceptuales*, *Diagramas UVE* y *Diagramas de flujo* (Estienne, 2008).

Se discutió la relación de los mismos con el desarrollo de formas de pensamiento que caracterizan la matemática y el quehacer del ingeniero. Se seleccionaron los Mapas Conceptuales y los Diagramas de Flujo como estrategias de enseñanza y de aprendizaje a incorporar. Los Mapas Conceptuales permiten visualizar la organización de una determinada estructura conceptual. En los diagramas de flujo se representan las distintas etapas de un proceso, entendiéndose por tal una secuencia específicamente definida de pasos, actividades y métodos, estableciendo las relaciones entre los mismos. Son utilizados ampliamente en Informática, Matemática, Psicología Cognitiva, y otras disciplinas. Especialmente en Ingeniería aparecen en múltiples y diferentes contextos especialmente en Control de Procesos.

De esta manera se vincula la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y procedimientos matemáticos con estrategias que facilitan ambos procesos y que contribuyen a adquirir formas de pensamiento propias de la ingeniería.

### **IX.3. El eje focalizado en la detección temprana de errores**

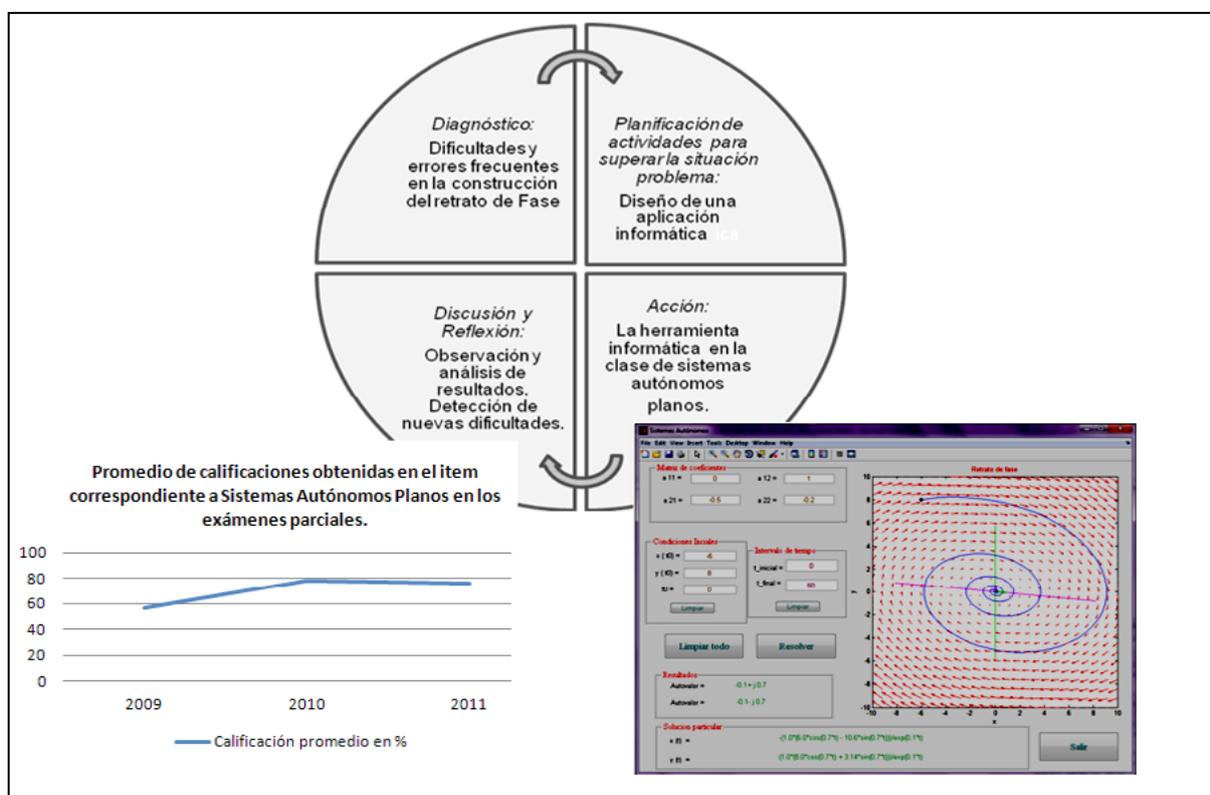
La observación y análisis de las dificultades y errores que los estudiantes manifiestan en las distintas instancias académicas en el contexto de los cursos Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales, se ha convertido en una actividad prioritaria para los docentes, permitiéndoles la identificación temprana de aquellos contenidos que más dificultades ofrecen.

A través de las distintas actividades implementadas, el docente puede observar aquellos problemas que los estudiantes no pudieron resolver por sí solos, los errores de diferente tipo y la frecuencia de ocurrencia de los mismos. Obtiene esta información a través de las producciones escritas de los estudiantes (el informe semanal) y de la exposición oral en la clase.

Teniendo en cuenta además los errores frecuentes en los exámenes parciales y finales, se han detectado contenidos particulares que son percibidos por los estudiantes como «muy complejos» y de «difícil comprensión».

El equipo está trabajando en considerar ciclos de IA específicos para cada una de estas situaciones (Figura 4 y 8). A través de los mismos se intenta comprender las dificultades particulares para luego facilitar el aprendizaje de contenidos específicos. Hasta el momento se ha realizado un ciclo completo (Figura 8) diseñado con el objetivo de mejorar la comprensión de un contenido de la asignatura Ecuaciones Diferenciales: El retrato de Fase, el cual consiste en una representación gráfica de los estados de equilibrio y trayectorias a través de las cuales un sistema evoluciona a partir de una condición inicial (Merino, 2011).

Por sus características geométricas se implementó una herramienta informática para visualizarlo. Respecto de la implementación en clase, los docentes coincidieron en que la aplicación despertó gran interés en los estudiantes. En las entrevistas realizadas a los alumnos estos manifestaron estar conformes con la interfaz de la herramienta y su utilidad tanto para resolver un gran número de problemas como para facilitar la comprensión de la temática en cuestión. Se observó además que al modificar la dinámica tradicional de la clase de resolución de problemas, incorporando el uso de las tecnologías, los estudiantes tuvieron una actitud diferente a la habitual, se los vio curiosos, sorprendidos y con gran actitud participativa. En la figura 7 se observa que en los años 2010 y 2011 los alumnos lograron obtener una mayor calificación, en el ítem del examen en el cual se evalúa los *Sistemas Autónomos Planos*, respecto del año 2009.



**FIGURA 8.** Ciclo de Investigación-Acción realizada con el objetivo de facilitar un contenido de la asignatura Ecuaciones Diferenciales: El retrato de Fase.

## X. Resultados obtenidos

Al finalizar los ciclos 2009, 2010, 2011 se realizó el correspondiente análisis de resultados. Se trabajó entonces, como ya se indicó en la sección V. con la información proveniente de diferentes fuentes: *La encuesta* realizada a los estudiantes, la *situación académica* de los alumnos al terminar los cursos y por último el *autoinforme* de cada educador participante. Cabe aclarar que la población estudiantil correspondiente a estos ciclos cursó su primer año con el nuevo plan de estudios (2008). Esto implica una diferencia con respecto a la primera experiencia en cuanto a un mayor número de materias cursadas en paralelo con las asignaturas Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales. El grupo de la experiencia piloto sólo tomó algunos cursos habilitados por el plan de transición, entre ellos «Cálculo Vectorial».

En la figura 9 se muestra el resultado de las encuestas realizadas al finalizar el curso «Cálculo Vectorial» durante los ciclos 2009, 2010, 2011. Considerando promedios: el 85 % expresa haberse comprometido con la actividad propuesta, el 81% considera que ha mejorado la organización del tiempo destinado a estudiar la asignatura y a regular el ritmo de aprendizaje. En este sentido indican como positivo que «*permite autoevaluar el progreso regularmente*», «*ayuda a tener constancia en el estudio*», «*los trabajos semanales animan a realizar el esfuerzo necesario*», «*a llevar al día la materia sin tener que aprender todo de golpe...*»

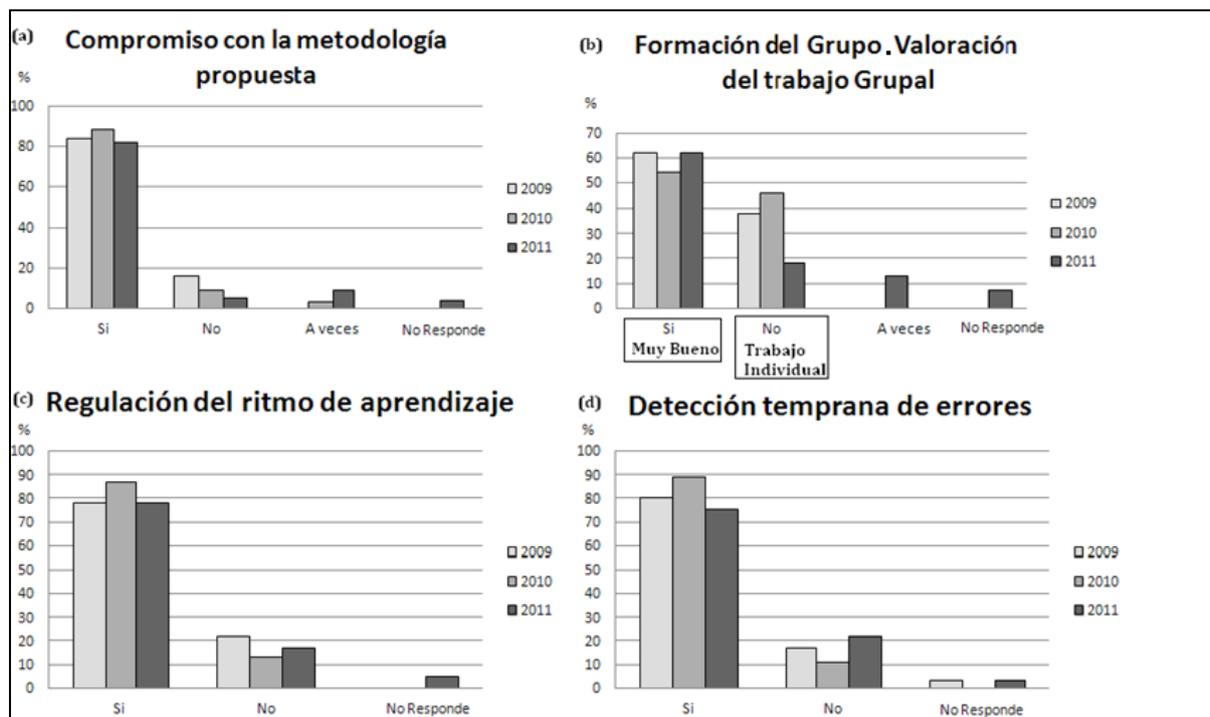
Un 59 % valora positivamente el trabajo grupal realizado fuera del horario de clase, en muchos casos en la misma Facultad. La metodología propuesta los convoca en torno a un objetivo común. El trabajo y la institución hacen de elemento aglutinador, fomentando tal vez el sentimiento de pertenencia a la comunidad educativa.

Un 34 % de los alumnos expresan haber tenido dificultades para conformar un grupo, indicando preferencia por el trabajo individual.

El 81 % valora positivamente la realización del informe semanal y posterior discusión de los problemas en clase, por permitir detectar errores. Al respecto expresan: «*Hacer los ejercicios en el pizarrón fue un buen método para aprender*», «*las observaciones del profesor sobre los errores más comunes sirvieron para corregir los propios*», «*ahora estoy más atento a la escritura matemática*», «*con opiniones de los demás compañeros se aprenden otros puntos de vista, y a resolver ejercicios de otra manera*», «*es muy positivo que no se enfoque tanto en la memoria y sí en comprender*», «*modifiqué la forma de hacer los ejercicios, razonándolos*», «*aprendí a aprender sólo*».

Como aspecto negativo señalan que se discuten pocos problemas faltando tiempo para examinar otros casos y no siempre les resulta atractivo volver a discutir un problema ya resuelto previamente en la reunión grupal. En este caso pareciera no apreciarse la riqueza de la discusión.

El análisis de este material pone de manifiesto similitudes en las opiniones y percepciones de los estudiantes a cerca de la metodología propuesta en sus diferentes aspectos a lo largo de los tres ciclos. Por otra parte la institución, desde la Secretaría Académica, ha realizado una encuesta a los alumnos durante el ciclo 2011. Estos resultados se han confrontado con el análisis realizado en el marco del este proyecto no revelando contradicciones.



**FIGURA 9.** Resultados de las encuestas realizadas al finalizar el curso de Calculo Vectorial (Plan 2008), en los ciclos 2009, 2010, 2011.

A continuación se transcribe una de las preguntas formuladas en el cuestionario institucional: «¿Cómo percibe la evaluación del proceso de aprendizaje durante el cursado?» Ofrece las siguientes alternativas como respuesta: «Adecuado», «Algo Inadecuado», «Totalmente Inadecuado». A esta pregunta el 91,3 % de los encuestados respondió que consideraba «Adecuado» el seguimiento realizado.

Por otra parte el análisis de la situación académica de los estudiantes al finalizar los cursos indica que un 27 % ha alcanzado la «Promoción» directa en Cálculo Vectorial y un 31 % en Ecuaciones Diferenciales, según se aprecia en las Figuras 10 (b) y 10 (d). Además revela una tendencia positiva con respecto al número de alumnos que alcanzaron la regularidad en estas asignaturas como se muestra en las Figuras 10 (a) y 10 (c). Teniendo en cuenta que ser alumno regular en una asignatura significa que ha logrado los conocimientos y habilidades necesarias para cursar las correlativas, los resultados alcanzados impactan directamente en la retención evitando el desgranamiento estudiantil.

A partir de los informes de los docentes participantes se señalan otros aspectos positivos como ser: la participación activa del estudiante en todas las instancias, la detección de errores semana a semana permitiendo reorganizar el proceso de enseñanza, el mayor interés del estudiante por aprender temas de matemática aplicada a la bioingeniería, entre otros. Estos informes indican como aspecto conflictivo a seguir trabajando el lograr una dinámica de la clase de práctica que incluya a todos desde los más avanzados hasta aquellos alumnos que manifiestan más dificultades.

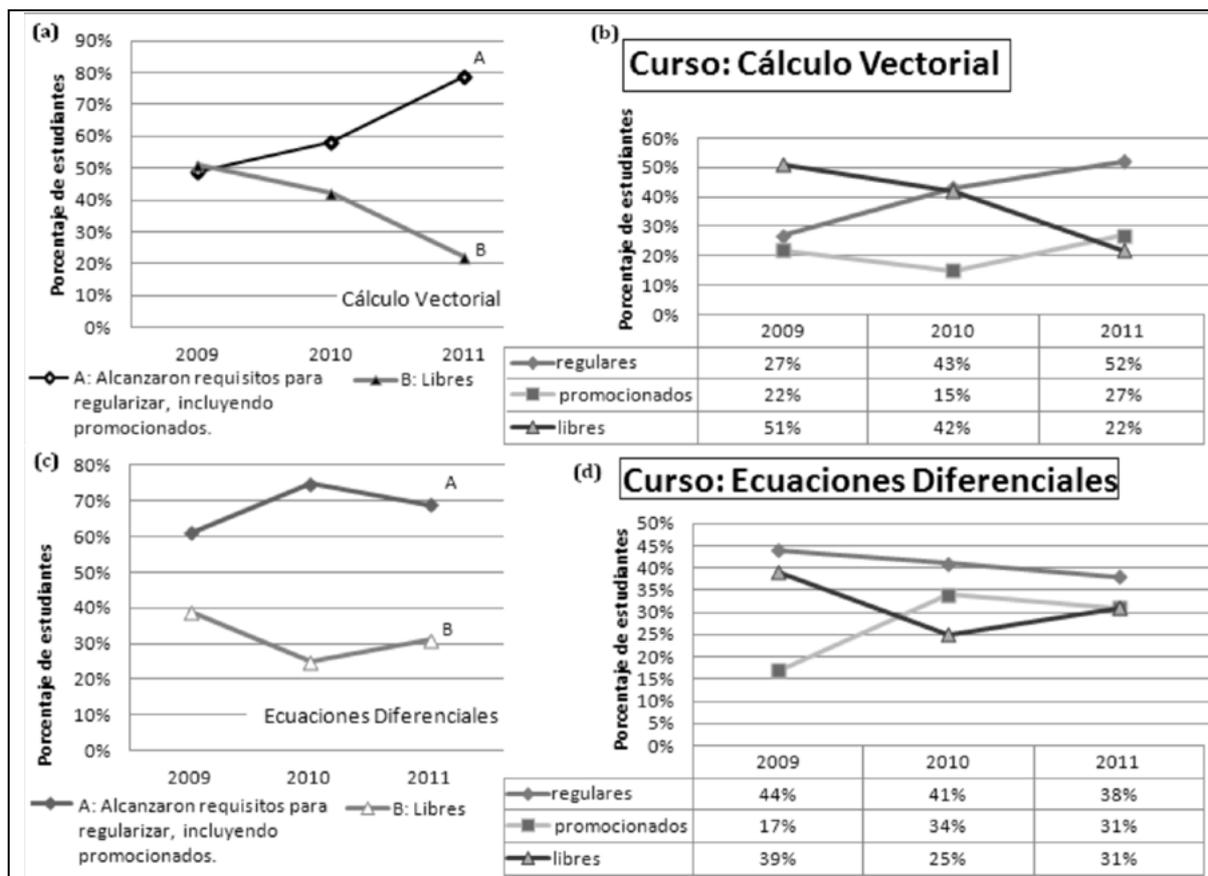


FIGURA 10. Situación Académica de los estudiantes (Plan 2008), al finalizar los ciclos 2009, 2010, 2011.

### XI. Algunas conclusiones y reflexiones

Culminando el tercer ciclo, volviendo a los objetivos propuestos inicialmente y teniendo en cuenta el análisis previamente realizado, se encuentra un grado de alcance satisfactorio. En este sentido los informes realizados por los integrantes del equipo y su puesta en común en el seminario de trabajo, destacan como un logro el hecho de haber llevado a cabo un proceso de Investigación-Acción teniendo en cuenta la complejidad del mismo. Este modo de investigación requiere de la participación de todos los involucrados y esto resulta complejo sobre todo cuando ese «todos» implica relaciones interdisciplinarias, distintas motivaciones y diferentes maneras de comprender los fenómenos. Sin embargo, ha sido ese mismo cruce entre la IA y la interdisciplinariedad lo que ha permitido observar con otra mirada los mismos problemas. Al incorporar otros modos de ver, por ejemplo desde la pedagogía y desde las asignaturas específicas de Bioingeniería, los problemas no fueron solamente analizados desde la disciplina matemática. Resulta muy valioso para el grupo haber podido abordar los problemas de la enseñanza y del aprendizaje de la matemática con propuestas que surgen desde el interior de la cátedra y por otro lado, no se redujo el enfoque a lo estrictamente disciplinar.

Tal como se muestra en el presente trabajo, la investigación-acción ha permitido a este grupo de docentes realizar modificaciones en las metodologías de enseñanza y de evaluación en función del marco de referencia conceptual que se ha construido y a partir del cual se han evaluado dichas modificaciones. En este sentido, se considera que es una herramienta valiosa para la profesionalización de la tarea docente universitaria.

## Referencias bibliográficas

- AÑINO M. M., E. Ravera, D. Waigandt; A. Miyara; G. Pita; M. Perassi (2010) «Interdisciplinarity: Perspectives for the design of Didactic strategies in Engineering». *Proceedings of Turkey's vision 2023 conference series*. Antalya, Turkey, 2010, pp. 123-128.
- AÑINO M. M., E. Ravera, D. Waigandt; A. Miyara; G. Pita; M. Perassi (2012) Mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en Bioingeniería: Un desafío asumido desde la investigación-acción. En *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, N° 21, pp 35 – 45.
- BISHOP, A. (1999). *Enculturación matemática: La educación matemática desde una perspectiva cultural*, Paidós, Barcelona.
- BROWN, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. En: *Metacognition, motivation, and understanding*. F. E. Weinert and R. H. Kluwe (Eds.). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; pp. 65 -116.
- CARLINO, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la Universidad: Una Introducción a la Alfabetización Académica*. Buenos Aires: S.L. Fondo de Cultura Económica. Edición Primera.
- CARR, W. y, S. KEMMIS (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación- acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca
- CASSANY, D. (1999). *Construir la escritura*. Barcelona: Paidós.
- ELLIOTT, J (2007), *Reflecting Where the Action Is: The Selected Works of John Elliott*. London: Routledge.
- ELLIOTT, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*, Madrid: Editorial Morata.
- ESTIENNE, V. (2008). Leer en la universidad. Un estudio exploratorio acerca de las dificultades en el abordaje de la lectura de los alumnos ingresantes. En *Revista Científica de UCES*, 12(2) ,37-53.
- KEMMIS, S. y R. MCTAGGART (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, H., R. Delgado Rubí y, B. Fernández de Alaíza (Eds) (2001). *Cuestiones de didáctica de la matemática. Conceptos y procedimientos en la educación polimodal y superior*. Rosario- Argentina: Homo Sapiens Ediciones. pp. 33 - 54. Segunda edición.
- MATEOS, M. (2001). *Metacognición y educación*. Buenos Aires: Aique
- MCNIFF, J. (1988). *Action Research: Principles and Practice*. Basingstoke: Macmillan.
- MERINO, G.; M. M. Añino; A. Miyara (2011). Facilitando el aprendizaje del retrato de fase a través de una herramienta informática. Una experiencia en Bioingeniería», en *Anales del XVI EMCI Nacional, VIII EMCI Internacional*.
- MOURTOS, N., DeJong Okamoto, N., & Rhee, J. (2004). Open-ended problem-solving skills in thermal-fluids engeneering. *Global Journal of Engeneering Education* , 8 (2), 189-199.
- RESNICK, L. y W. FORD (1990). *La enseñanza de las matemáticas y sus fundamentos psicológicos*. Barcelona: Paidós/MEC.
- SCHOENFELD, A. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics. En: *Handbook for Research on Matematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- LOPEZ PASTOR, V. M. (Coord.) (2009). Evaluación Formativa y Compartida en *Educación Superior. Propuestas, técnicas, instrumentos y experiencias*. Madrid.
- RIGAL, L. Y SIRVENT M. T. (2011): La Investigacion Accion Participativa: Alcances y Posibilidades. En *Proyectos en Accion: Tecnicas, Metodos y Claves para la investigacion en Ciencias Sociales*. Parte A y B, CAICYT CONICET (<http://ecursos.caicyt.gov.ar>), Argentina.