



Uso de recursos tecnológicos en la resolución de problemas

Malva **Alberto** Toso

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Argentina

mtoso@frsf.utn.edu.ar

Adriana **Frausin**

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Argentina

afrausin@fiq.unl.edu.ar

Marta **Castellaro**

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Argentina

mcastell@frsf.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo describimos y socializamos experiencias concretas sobre la gestión, el uso y el impacto de aplicaciones tecnológicas para mejorar el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas, como uno de los componentes de la formación práctica en ingeniería. Complementamos la tarea con una propuesta metodológica que incorpora la investigación a las prácticas cotidianas en el aula. Los desafíos fueron: articular e integrar conceptos y procedimientos en ciencias y tecnologías; gestionar y usar recursos tecnológicos facilitadores de cálculos y procedimientos algorítmicos y seleccionar estrategias que permitieron diseñar, desarrollar, organizar, implementar o controlar las soluciones de un problema específico, existente o ideado. Destacamos dos resultados: mejoras sustantivas y reales en la comprensión de conceptos y actitudes favorables de confianza y perseverancia en el esfuerzo ante la solución de una situación problemática.

Palabras clave: resolución de problemas, recursos tecnológicos, formación práctica, ciencias y tecnologías básicas y aplicadas.

Introducción

Las normas vigentes para la acreditación de carreras de ingeniería tienen exigencias bien definidas respecto de los estándares, los contenidos curriculares básicos, la carga horaria mínima y los criterios de intensidad de la formación práctica, entre otros. Numerosos documentos (ME,

RM N°786/09; Perez, 2004) hacen referencia a las distintas modalidades de la formación práctica. Ésta debe incluir horas destinadas a sus cuatro componentes: formación experimental, resolución de problemas de ingeniería, proyecto y diseño y práctica profesional supervisada. Estos documentos aseguran que la intensidad de la formación práctica marca un hecho significativo para evaluar la calidad de un currículum. Consideran que esta actividad constituye la base formativa para que el alumno adquiera habilidades explícitas para encarar diseños y proyectos. Por ello, adherimos a que debe ser adecuadamente estimulada desde los primeros niveles de la enseñanza universitaria.

Uno de los impactos de aplicación de la normativa en las casas de estudio estuvo dado por la toma de conciencia del cuerpo académico respecto a la selección de actividades diferenciadas para alguno de los componentes de la formación práctica. Por ejemplo, en muchas instituciones universitarias, el número de horas requerido para la formación experimental implicó la reorganización de la disponibilidad de los recursos existentes o la realización de inversiones para la compra de aquellos que eran escasos o inexistentes. Otro impacto importante fue la necesidad de realizar ajustes en la organización y articulación curricular en cátedras de ciencias y tecnologías básicas, especialmente vinculados a la integración horizontal y vertical de contenidos y de metodologías usadas para la comprensión de conceptos y procedimientos. Como consecuencia se produjeron, inclusiones de temas en algunas cátedras, cambios en el modo de trabajo de los equipos docentes, permutas en algunas asignaturas que pasaron de electivas a obligatorias, refuerzos en el uso y disponibilidad de los laboratorios y consecuentemente necesidad del uso de recursos tecnológicos tanto en las prácticas áulicas como en la resolución de problemas planteados desde la especialidad.

Nuestras carreras de ingeniería no han escapado a esta realidad. En nuestro ámbito de trabajo estamos pasando por distintas etapas. Por un lado hemos realizado la búsqueda, el diseño y la articulación de contenidos que involucraron a varias cátedras de ciencias y tecnologías básicas; las cátedras se integraron en una propuesta didáctica que abarcó dos ciclos lectivos donde los espacios temporales y las actividades producidas fueron aportes para esta formación práctica. Por otro lado, y paralelamente, hemos diagramando y completando con nivel creciente de complejidad el desarrollo de problemas que requieren para su solución del uso de recursos tecnológicos, propios o disponibles.

Una característica que tiene este método de trabajo es su naturaleza probabilística; esto significa que el método no garantiza los resultados educativos y formativos deseados, sino que sólo aumenta las probabilidades de que tales resultados tengan lugar.

En este trabajo comentaremos nuestros avances en la selección, organización, implementación e impacto de dos tipos de actividades bien diferenciadas pero tendientes a favorecer competencias para la formación experimental y la resolución de problemas usando recursos tecnológicos.

Fundamentación

Los documentos citados señalan que la carga horaria para la formación práctica no incluye la resolución de problemas tipo o rutinarios de las materias de ciencias y tecnologías básicas y que los componentes del plan de estudios deben estar adecuadamente integrados para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. En particular la resolución ME, RM N°786/09, define como “problemas abiertos de ingeniería a aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiere la aplicación de

los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías” (2009, p.37).

Como docentes de matemática debemos consensuar además el significado que la disciplina atribuye a problemas abiertos. Un problema abierto (Paenza, 2009; Arteaga, 2003) es un problema cuya solución no se conoce, es decir, que no se ha logrado aún resolver; por ello, intentar resolver un problema abierto, en matemática, es un desafío muy motivador. Los problemas abiertos no sólo desvelan a los matemáticos profesionales, sino también a muchos alumnos entusiastas y emprendedores, quienes con su ingenio y herramientas elementales esperan superar los obstáculos que se resistieron durante muchos años y de hecho que a veces, lo logran. La matemática tiene muchos ejemplos de problemas abiertos; pero el verdadero desafío de este equipo docente es encontrar el equilibrio para que el tratamiento y la adecuación de un problema abierto (en el sentido de la RM N°786/09) logren convertirlo en un problema que aporte a la resolución de problemas en ingeniería y que aspire a proveer de herramientas y competencias iniciales para ser usadas en las futuras actividades de diseño y proyecto, en el marco de esa formación práctica.

Por ello, los objetivos, contenidos y actividades del currículum de cátedras incluidas en las ciencias y tecnologías básicas en las carreras de ingeniería, deben brindar oportunidades, desde el propio inicio de la vida universitaria, para que el futuro ingeniero pueda desarrollar las habilidades y destrezas indicadas para el logro de buenas metas profesionales.

Observando lo que sucede en las clases de ciencias y tecnologías básicas, se puede asegurar que, aunque se trabaje en una clase de resolución de problemas, no siempre se realiza un trabajo de resolución de problemas abiertos en ingeniería (en el sentido dado por la ordenanza). ¿Existen actividades que realizan los alumnos y que pueden clasificarse como resolución de problemas abiertos? ¿Qué diferencias o coincidencias tienen estas prácticas con las que aparecen en los libros de textos o en las lecturas de las planificaciones y que se titulan como resolución de problemas?

Desde nuestro ámbito de cuestionamientos y respuestas, intentamos generar acciones de formación en la resolución de problemas abiertos de ingeniería y diseñar e implementar actividades curriculares que a priori puedan contribuir favorablemente para que el trabajo curricular planificado sea considerado efectivamente como un componente de la formación práctica. Para lograrlo es ineludible que deben existir coherencias entre los programas curriculares y las acciones del profesor en el aula, los desempeños de los estudiantes para la acción y las oportunidades que se brinden a través de proyectos específicos de cátedras, áreas o actividades profesionales.

Cualquiera sea el camino que se realice o se requiera para la búsqueda de soluciones, éste incluye generalmente, como necesario, la conjetura, la estimación y básicamente la prueba y resolución con lápiz y papel. Al mismo tiempo aparecen como consecuencia, secuela o derivación algunas dificultades para validar resultados o incluir cuentas que insumen tiempo excesivo. Pero en nuestra búsqueda de posibilidades y equilibrio para la resolución de problemas, proponemos aquellos que no se limiten a una aplicación mecánica de una fórmula y de un determinado juego de datos numéricos, sino que contemplen ciertos parámetros en función de los cuales puedan producirse situaciones cualitativamente diferentes y que requieran para su solución del uso de recursos tecnológicos.

En el aprendizaje de la resolución de problemas abiertos, la actividad puede ser un problema abierto en un entorno y para un determinado grupo de alumnos, en tanto contribuya al

desarrollo de la creatividad y sea significativo. Sin embargo, ese mismo problema puede convertirse en un problema rutinario para otros entornos o grupos más avanzados. Esto supone entonces, repensar las prácticas para el aula para que sean flexibles, factibles, eficientes e integradas; para que favorezcan el desarrollo de habilidades cognitivas que preparen al estudiante para el cambio; para que tiendan a anclar las habilidades de índole práctico y permitan la convivencia o equilibrio entre el estudiante y su entorno social; para que contribuyan al ejercicio de la comunicación, la responsabilidad profesional y la honestidad intelectual, entre otras competencias.

Las estrategias desarrolladas y la metodología utilizada están centradas en el diseño de actividades integradas y sostenidas por una o varias cátedras y en el intercambio de experiencias de docentes de matemática y alumnos avanzados de las ciencias y tecnologías básicas; atienden a la selección y recorte de contenidos de álgebra, análisis matemático, cálculo avanzado o matemática discreta, que se articulan intrínsecamente o con otras disciplinas y permiten vínculos entre estos contenidos y sus aplicaciones; los ejemplos muestran continuidad en el tiempo e incluyen el rediseño de actividades y el uso de sistemas algebraicos de cómputo en algunos casos, o bien, la necesidad de gestionar nuestras propias aplicaciones tecnológicas por ausencia o escasa disponibilidad de las existentes.

La resolución de problemas amplía enormemente sus horizontes cuando cuenta con los recursos tecnológicos apropiados que permiten realizar cálculos tediosos en menor tiempo, aproximaciones por exceso y defecto, validaciones, metodologías de diseño y análisis de factibilidad, análisis de alternativas con variación de parámetros, pruebas de ensayo y error, etc. Por ello, los recursos tecnológicos disponibles, tales como calculadoras gráficas, computadoras o aplicaciones específicas, constituyen una condición imprescindible para la mejora de la calidad de la enseñanza universitaria y deben ser incorporados y explotados dentro y fuera del aula.

Las tecnologías de la información y la comunicación forman parte de la educación desde distintos enfoques. Cabero, Salinas, Duarte y Domingo (2000) señalan que pueden usarse como recurso didáctico; como objeto de estudio (formando parte de los contenidos del currículum); como medio de comunicación y, como medio de administración y/o de gestión e investigación. En esta propuesta son usados como un recurso didáctico, poniendo en relieve algunas de sus reconocidas características, entre las que señalamos: interactividad entre los sujetos y la información; calidad y flexibilidad de los resultados y de las imágenes atendiendo a la introducción de datos distintos; influencia sobre los procesos que los generan y las personas que los usan; rapidez en el desarrollo de cálculos y posibilidad de introducir innovaciones tanto en el contenido como en el propio recurso; desarrollo de nuevos lenguajes comunicacionales; distribución fluida de la información al resto de docentes y pares; pluralidad de tecnologías y mayor capacidad de almacenamiento para depositar la información, entre otras.

Con la utilización de las computadoras o de recursos y aplicaciones tecnológicas en general, pretendemos que las clases de resolución de problemas abiertos en ingeniería se muestren como verdaderos laboratorios experimentales que permitan al alumno explorar alternativas y aplicar diferentes estrategias de resolución. En este sentido, la efectiva inclusión de recursos tecnológicos en los escenarios educativos ofrece una oportunidad y un desafío. La oportunidad de que las nuevas tecnologías forman una parte cada vez más inseparable de nuestra relación con los alumnos y nos acercan a sus modos de sentir, de actuar y de vincularse. El desafío es contar con modos de mediación de las tecnologías en el aula para que sean utilizadas como herramientas didácticas en beneficio del aprendizaje, del conocimiento, del análisis de la

información y del acceso a nuevas formas de aprender, de internalizar o de organizar el pensamiento (Stone, 2006).

La integración de tecnologías en el aula establece una relación entre el uso de nuevos medios y la innovación educativa. Esta integración requiere a los docentes transitar por diferentes fases y diseñar estrategias formativas. Este equipo reconoce el paso por las siguientes etapas:

1. Exploración de las posibilidades que ofrecen las tecnologías para el aprendizaje, como artífices del desarrollo de nuevas habilidades cognitivas y de mejora en los desempeños para la comprensión de contenidos disciplinares.
2. Adecuación de las habilidades personales y flexibilización de actividades y horarios para contribuir activamente a la innovación pedagógica, integrando soluciones tecnológicas a la enseñanza y el aprendizaje, en el desarrollo de prácticas de clase o de laboratorio.
3. Exploración de las posibilidades de integrar y compartir el conocimiento y las habilidades con otros (pares). Diseño, implementación y registro de las experiencias en distintos contextos.

Las experiencias

Describimos dos experiencias concretas y bien diferenciadas, realizadas en la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. En la primera, proponemos resolver problemas que requieren del uso de una aplicación tecnológica estándar; en la segunda, se implementó una secuencia de actividades para generar una herramienta tecnológica propia y que además, permita dar respuesta a fines específicos; en ambos casos se describen, se exponen resultados y conclusiones y se hacen observaciones respecto del uso, implementación e impacto de estos recursos tecnológicos para la resolución de problemas.

Experiencia I

Justificación y objetivos. Para mejorar la comprensión y el tratamiento didáctico de contenidos sobre Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDP) se escogieron tres problemas abiertos (RM N°786/09) que incluyen la resolución de “situaciones nuevas” para los alumnos. Específicamente cada problema involucra el tratamiento de algún aspecto no abordado en clases. Se pretende que a partir de la experimentación se exploren estas situaciones nuevas, se concluyan resultados, se validen tesis y/o se establezcan condiciones necesarias y/o suficientes.

Descripción. Esta experiencia se llevó a cabo con 80 alumnos que en el año 2010 cursaron la cátedra Cálculo Avanzado que se dicta en el tercer nivel de las carreras de Ingeniería Civil, Eléctrica, Industrial y Mecánica. Los alumnos podían trabajar en grupos por asociación espontánea. Como recurso tecnológico podían usar planillas de cálculo o lenguajes de programación. La consigna fue resolver uno de los siguientes tres problemas y cada problema enuncia sus propias actividades y metas:

Problema 1. Considerar el siguiente problema a valores en el borde donde u representa la densidad de alguna concentración química en el interior de un cilindro “unidimensional” de longitud 1, cuya superficie lateral es impermeable de modo tal que la liberación de droga al medio ambiente tiene lugar sólo a través de los extremos, $x = 0$ y $x = 1$. En ambos extremos la concentración de droga es igual a cero (porque se supone que se diluye inmediatamente en el medio ambiente). El coeficiente de difusión de la droga dentro del cilindro es 1 y la distribución inicial de droga está dada por $u(x,0)$

- Usar el método de separación de variables para hallar una expresión de la solución “exacta” del problema determinado por las siguientes ecuaciones (Crank, 1975),

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad 0 \leq x \leq 1, \quad t \geq 0$$

$$u(0,t) = 0 \quad \text{y} \quad u(1,t) = 0, \quad t \geq 0$$

$$u(x,0) = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 1/2 \\ 2(1-x), & 1/2 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

- Aplicar el Método explícito de Diferencias Finitas (MDF) con $\Delta x = 0.1$ para aproximar el valor de $u(x,T)$ en cada uno de los casos siguientes:
 - i) $\Delta t = 0.0048$ para $T = 0.048$ y 0.096 .
 - ii) $\Delta t = 0.0052$ para $T = 0.052$ y 0.104 .
- Comparar gráficamente en cada caso la solución numérica hallada con MDF, con la solución “exacta” y comentar los resultados.

Problema 2. Escribir el problema que modela la evolución de la temperatura en una barra homogénea de longitud 1 (aislada en su superficie lateral) sin fuentes internas, con coeficiente de difusión $k = 1$, temperatura prescrita igual a 1 en ambos bordes y distribución inicial de temperatura $u(x,0) = (1/\pi^4)\text{sen}(\pi x) + 1$.

- Reformular el problema aplicando una sustitución que permita aplicar al nuevo problema el método de separación de variables, para hallar la solución exacta del problema original.
- Aplicar el Método explícito de Diferencias Finitas con $\Delta x = 10^{-1}$ y $\Delta t = 10^{-3}$ para hallar la solución aproximada al problema cuando $T = 0.01$.
- Comparar gráficamente los valores aproximados hallados en el inciso anterior con los valores exactos y comentar los resultados.
- Comparar el error local de discretización en cada nodo, para $T = 0.01$, con la estimación para estos errores que proporciona el teorema de convergencia del MDF. Comentar estas observaciones.

Problema 3. Plantear un esquema de diferencias finitas para analizar el estado de tensiones y deformaciones, u , de uno de los pilares que soporta un puente. Suponiendo el pilar como una estructura unidimensional de 0.5 m de longitud y teniendo en cuenta la carga que corresponde al peso del puente junto a una sobrecarga estimada debida al tránsito, así como el peso y módulo de elasticidad (E) del hormigón, se obtiene la siguiente ecuación de gobierno

$$-\frac{d}{dx} \left[0.25 E(1+x) \frac{du}{dx} \right] = 6.25(1+x)$$

sujeta a las condiciones de borde, $\left[0.25 E(1+x) \frac{du}{dx} \right](0) = -5$ y $u(0.5) = 0$.

Implementar el esquema planteado con $\Delta x = 10^{-1}$ para determinar los valores aproximados de la variable de estado u . Usar $E = 28 \times 10^6 \text{ kNm}^{-2}$.

Resultados. Se conformaron 33 grupos y todos escogieron resolver el problema 1. Los alumnos justificaron la escogencia por considerarlo “más fácil”, dado que el esquema de diferencias finitas para este problema es semejante a otro deducido en clases y que el método de separación de variables puede aplicarse directamente. Mientras que en el problema 2, tienen que

“descubrir” una sustitución apropiada para luego aplicar la técnica enseñada. Por otra parte no se animaron a aplicar las técnicas de aproximación a las ecuaciones diferenciales ordinarias del problema 3, desaprovechando la oportunidad de transferir conocimientos en esta nueva situación. Esto nos muestra la existencia de una clase de alumnos con mayores cualidades para ser reproductores que innovadores. Sin embargo el uso de recursos didácticos tecnológicos (planillas de cálculo, software y calculadoras) les permitió una adecuada experimentación con distintos parámetros y el arribo a conclusiones apropiadas. La elección del problema 1 privilegió el ejercicio de habilidades relacionadas con la formación experimental. La mayoría de los alumnos fueron capaces de concluir lo esperado; esto puede sintetizarse diciendo que, para Δx fijo las aproximaciones pierden precisión al aumentar el paso temporal Δt . Sólo 5 grupos (7 alumnos) tuvieron presente la condición de estabilidad para este tipo de problemas y así notaron que, cuando para la malla de puntos $(i \Delta x, j \Delta t)$ no se satisface la relación $\Delta t \leq (\Delta x)^2 / (2k)$, donde k es el coeficiente de difusividad, el método puede volverse inestable. Uno de estos grupos avanzó más hacia el ejercicio de habilidades cognitivas para la resolución de problemas, tomando más valores para el paso temporal y concluyendo que en caso de inestabilidad, ésta aumenta considerablemente para pequeños aumentos de Δt .

Finalmente estos alumnos concluyeron, que aunque la condición de estabilidad, $s \leq 0.5$, limita el paso temporal, asegura que el MDF produce “buenas” aproximaciones, en el sentido de que los errores no se acumulan conforme avanza el cálculo. Esta observación se hizo notar a todos los alumnos en los coloquios finales.

También se puso en evidencia, aprovechando las representaciones gráficas superpuestas de la solución “exacta” y la numérica, que los mayores errores se producen “cerca” de $x = 0.5$ debido a que en este punto es discontinuo el gradiente inicial.

Otro aspecto observado es que todos los alumnos implementaron el esquema de diferencias finitas usando una planilla de cálculo y que las conclusiones fueron obtenidas a partir de los datos obtenidos con este recurso. Es evidente que descartaron la implementación del MDF usando un lenguaje de programación, a pesar de haber usado el software Mathematica en numerosas prácticas de laboratorio, durante el primer y segundo nivel de la carrera, donde abordaron contenidos de Análisis Matemático y Álgebra y Geometría Analítica.

Conclusiones. Entendemos que los problemas propuestos son formas preliminares de problemas abiertos de ingeniería; si bien tienen una formulación clara, las consignas, tales como, comparar, comentar y deducir provocan significados diferentes y respuestas alternativas de los alumnos; éstos pueden encontrar distintas vías para llegar o comentar un resultado. Son problemas bien estructurados que requieren de pensamiento productivo, deductivo y anticipativo, por lo cual contribuyen a mejorar el desarrollo de habilidades mentales tales como interpretar, observar, proponer, seleccionar, decidir, explorar, analizar, resolver, argumentar, organizar y comunicar entre otras. El desafío será continuar hacia una propuesta que los acerque a niveles de resolución de problemas más complejos.

Por otra parte la incorporación de recursos tecnológicos para el contenido curricular explícito y obligatorio, incluido en las planificaciones de Cálculo Avanzado sobre “Resolución numérica de ecuaciones diferenciales parciales” facilita notablemente la adquisición y comprensión de resultados. Si los teoremas matemáticos quedan simplemente en sus enunciados, suelen no ser entendidos. Es la experimentación y visualización de situaciones concretas, modificando parámetros, eliminando y/o cambiando hipótesis, lo que permite validar,

comprender y retener una tesis, especialmente cuando la demostración analítica de la misma se omite por no contar con los contenidos previos o por no responder a las necesidades específicas de la materia en estudio. Tal es el caso del teorema de convergencia y estabilidad del MDF finitas para problemas de difusión unidimensionales donde la variable de estado está prescripta en los extremos y cuya demostración requiere, entre otros conceptos, de la teoría de diagonalización de matrices simétricas.

Experiencia II

Justificación y objetivos. Para el diseño de las instancias formativas superadoras para alumnos de primer año, se cuenta con poca formación en ciencias básicas y con pocas habilidades en tecnología para abordar situaciones-problemas de interés y motivación. Diferentes son las fuentes que articulan las tecnologías de la información y comunicación (TICs) con los procesos educativos. En García Valcárcel (2009) encontramos en forma sintetizada y actualizada, algunas características referentes a la tecnología en la educación que sustentan esta experiencia; destacamos aquella que hace referencia a que si bien en línea, en distintos portales o páginas educativas, podemos encontrar materiales y recursos tecnológicos de acceso gratuito sobre todas las áreas curriculares, resulta de gran interés la posibilidad de realizar nuestros propios materiales o software educativos ajustados con precisión a nuestras metas y necesidades curriculares. El objetivo fue el diseño e implementación de una herramienta tecnológica propia (software) que responda a fines específicos.

Para contar con la aplicación, organizamos secuencias didácticas mediante procesos en espiral y cada vez más complejos, que posibilitaron el desarrollo del software, MATDIS, en sus versiones 1.0 y 2.0, para resolver, constatar y validar soluciones a problemas planteados.

Descripción. La experiencia se realiza con alumnos de Ingeniería en Sistemas de Información. La secuencia se describe en cuatro fases, cada una de un semestre de duración. El esquema de trabajo tiene en cuenta la selección de contenidos, los conocimientos previos de los alumnos, la situación didáctica a alcanzar, la necesidad de satisfacer demandas para la resolución de problemas y la voluntad de poner esos nuevos instrumentos a disposición de una auténtica apropiación por parte de los usuarios, individuales y colectivos, alumnos o docentes.

En los siguientes párrafos hacemos un recorte de las actividades realizadas descriptas por fases, que pueden sintetizarse en la gestión, diseño, implementación e impacto del uso de una aplicación tecnológica, comenzada en principio, por alumnos del primer nivel para sus pares del año próximo.

Fase 1. Corresponde al primer semestre del primer nivel y se inicia en el año 2008. En el diseño curricular se incluyó un Taller de Introducción a la Programación (TIP) que se cursa en paralelo con Matemática Discreta (MAD), con carácter nivelador. En TIP se abordaron contenidos básicos de algoritmos y programas, apoyados con un lenguaje de programación simple y de libre acceso (Python), incluyendo la realización de trabajos prácticos en laboratorio, consistentes en construir pequeñas y simples aplicaciones con un alcance concreto, basados en las condiciones lógicas estudiadas en MAD. Para el trabajo final de TIP se seleccionaron problemas de contenidos tratados en MAD, tales como obtener las soluciones enteras con condiciones iniciales para problemas que requieren ecuaciones diofánticas, manejo de puntos y de rectas. Los trabajos fueron grupales. Finalizados, se publicaron los resultados más completos y mejor manejados.

Fase 2. Corresponde al segundo semestre del primer nivel del año 2008. Dentro de las tecnologías básicas, se desarrolla Algoritmos y Estructuras de Datos (AED). En el contexto de la experiencia se definió que los alumnos construyeran aplicaciones en lenguaje C como herramientas para apoyar y favorecer el aprendizaje de contenidos de MAD para que sean usadas por otros usuarios-alumnos. En el primer trabajo práctico se solicitó una herramienta que apoye el estudio de Estructuras Algebraicas Finitas (grupos y anillos). El segundo trabajo se planteó como una evolución del primero, de tal manera que incluya en el menú de funcionalidades el apoyo a Estructuras Algebraicas ya desarrollado y que agregue el estudio de Grafos. Esta segunda parte empleó estructuras, archivos y listas dinámicas. También se utilizaron tipos de datos abstractos. El ingreso de datos fue por teclado o desde archivos preexistentes. Por otra parte las especificaciones del trabajo incluyeron funcionalidades de acceso (manejo de usuarios, contraseñas de seguridad). Se plantearon algunas restricciones para la solución pero a la vez se dejaron liberados a la creación de los alumnos algunos aspectos como el diseño de la presentación de la aplicación. Se definieron protocolos para la elaboración y entrega de los trabajos, fomentando el trabajo profesional. Los docentes de las cátedras realizaron una selección y ajuste de los productos logrados en el trabajo final de AED, convocaron a dos estudiantes de ingreso 2008 y a una estudiante guía de ingreso 2007 para realizar mejoras en la presentación e integrar las funcionalidades desarrolladas por los compañeros, dando lugar a la versión 1.0 de MATDIS.

Fase 3. Corresponde al primer semestre para los alumnos de ingreso 2009 y es el tercer semestre para el ingreso 2008. Los alumnos ingresantes 2009, transitaron la fase 1 del modelo, en la integración de MAD y TIP; pero además asistieron por primera vez al laboratorio y utilizaron como instrumento complementario de aprendizaje para algunos temas de MAD, la aplicación MATDIS 1.0 que desarrollaron sus pares del ingreso 2008. Los ejercicios propuestos para estas clases de laboratorios requerían del uso de la herramienta, se amplió la cantidad de variables a utilizar y se incluyeron formalmente dos horas de taller dentro de la planificación curricular de MAD destinadas a la formación práctica. Estos talleres contaron con la presencia y guía de las alumnas del ingreso 2008 convocadas para coordinar el software. Para la próxima fase, estos alumnos, en su rol de generadores tendrán que complementar, ajustar y mejorar dichas herramientas a los fines de su empleo, así como participar en la revisión de la documentación de usuario. En estas prácticas MATDIS fue evaluado y validado por medio de numerosos casos de prueba.

Entre las funcionalidades definidas para Estructuras Algebraicas, MATDIS 1.0 cuenta con las siguientes: cargar alfabeto y ley de composición interna; visualizar la matriz de la ley de composición interna; idempotencia; semigrupo; semigrupo conmutativo; semigrupo con identidad; subgrupo; grupo y grupo abeliano; divisores de cero; anillo; anillo conmutativo; anillo con identidad; anillo con división; anillo de integridad; cuerpo. Para digrafos dirigidos, cuenta con las funcionalidades: cargar digrafo; grado de un nodo; visualizar digrafo; nodo aislado; nodo pendiente; camino; dígrafo reflexivo; simétrico; nodos adyacentes; listar grados de los nodos; listar nodos pendientes.

Fase 4. Corresponde al segundo semestre para el ingreso 2009 y es el cuarto para el ingreso 2008. Este segundo grupo de ingresantes, en el segundo cuatrimestre, al cursar AED contó con los resultados alcanzados en año anterior, más su propia experiencia como usuarios. Ellos han valorado, criticado y elogiado a MATDIS 1.0. Han mejorado y ampliando la herramienta. Incorporaron funcionalidades de apoyo a contenidos de Lógica Proposicional y

Árboles, manejo de expresiones con variables y operadores lógicos, tablas de verdad, equivalencias, tautologías, contradicciones y fórmulas satisfacibles e insatisfacibles.

La secuencia continúa, se repite y se renueva con los nuevos ingresantes en el año 2010.

Resultados. En la fase 1, los alumnos integraron, ampliaron e investigaron sobre temas que estaban desarrollando en paralelo; los estudiaron desde diferentes aspectos, tuvieron que revisar y contextualizar los temas matemáticos para poder plantear una solución. Esto retroalimentó los contenidos propuestos para TIP, porque comprendieron la finalidad de la programación al encontrar soluciones a problemas planteados en MAD, apoyados por computadoras. En la fase 2 se crearon funcionalidades integradas en una herramienta tecnológica; se genera MATDIS 1.0. En particular, la herramienta dio respuestas a problemas que no se resolvían hasta el momento en MAD, tal es el caso de probar si una operación binaria es asociativa cuando está definida en un conjunto finito o si se verifica la propiedad distributiva cuando se definen dos operaciones binarias también sobre un conjunto finito. En la fase 3, alumnos y docentes participaron en un doble rol: “usuarios” de las herramientas generadas y “generadores” de propuestas de ajustes y mejoras para las mismas. Desde ambos roles se integraron más aún los conocimientos informáticos y matemáticos que estaban estudiando; la herramienta permite: constatar resultados de resoluciones manuales, efectuar resoluciones de problemas más complejos (que se dificultan manualmente pero que tienen riqueza de resultados). Junto a los alumnos guías de los niveles anteriores, durante el tránsito por la fase 4, los alumnos potenciaron el aprendizaje de los temas de programación; generaron nuevas funcionalidades; desarrollaron competencias de órdenes superiores ya que debieron trabajar en la construcción de un módulo para integrar funcionalidades a un software ya existente, lo que implica analizarlo y respetar cuestiones de diseño realizadas por otros alumnos; desarrollaron y activaron capacidades de análisis crítico de un software previamente modelado y construido y las que requerían para modificarlo y lograr mejoras. Se genera MATDIS 2.0.

Durante el año 2010, se incorporó un módulo sobre Teoría de Números; los nuevos usuarios contaron con la disponibilidad de una aplicación tecnológica que continúa siendo mejorada; ellos realizaron dos prácticas en laboratorio con MATDIS 2.0.

La experiencia es rica además en resultados no previstos originalmente: tres alumnas de ingreso 2008 se iniciaron como las becarias de investigación más jóvenes incorporadas a partir del año 2009; ellas realizaron tareas de difusión en cuatro congresos de estudiantes de ingeniería; la cátedra MAD cuenta actualmente con tres alumnas que se desempeñan como tutoras y que año a año trabajan en los laboratorios con los nuevos ingresantes; doce alumnos de ingreso 2009 son candidatos a la obtención de nuevas becas de investigación.

Conclusiones. Cada fase hizo sus propios aportes de acuerdo a los momentos que se estaban transitando. Así, la fase 1 hizo aportes a la integración de contenidos y a la mejora de la comunicación. Los alumnos validaron su propia producción, mejorando el espíritu de colaboración y el trabajo en equipo. En la fase 2, los alumnos lograron una aplicación concreta para unos usuarios concretos (los alumnos que ingresen en los próximos años, 2009 y posteriores) y eso constituyó un factor importante de motivación: comenzaron a trabajar en la formación profesional. Se promovió el trabajo grupal, la comunicación, la validación, el espíritu de desafío y de mejora. El ejercicio en valores y competencias ingenieriles siguió en progreso. En la fase 3 tenemos alumnos “usuarios” y nuevos “generadores”. El uso de estas herramientas complementarias generó capacidades de aprendizaje diferentes y competencias nuevas, entre

ellas las de validación y valorización de los instrumentos (que habían sido diseñados y contruidos por sus pares); en la fase 4 se concreta el diseño final, la implementación de horas curriculares de laboratorio para el manejo y uso de MATDIS 2.0. Se implementaron encuestas de satisfacción cuyos resultados muestran la motivación generada y el compromiso de participación en propuestas similares; las cátedras cuentan con registros de asistencia y de trabajo en los laboratorios y con material didáctico ampliatorio con aportes a la formación experimental y a la resolución de problemas como componentes de la formación práctica en ingeniería.

Reflexiones

El uso de recursos tecnológicos en las clases de matemática se suma una propuesta más general que se está implementando en la Facultad: la formación de docentes en el uso de plataformas educativas y campus virtuales. Las perspectivas para el futuro son alentadoras, ya que otras cátedras se están involucrando, a pesar de la resistencia de algunos sectores del personal docente. En el caso de la Experiencia II se prevé que los alumnos de ingreso 2011 (junto a sus pares de ingresos previos) inicien actividades para concretar una nueva aplicación tecnológica para resolver problemas de Álgebra y Geometría Analítica; ellos ya cuentan con una motivación intrínseca para responder positivamente a esta convocatoria.

Las experiencias implementadas y sus impactos descriptos para el aprendizaje constituyen una herramienta de valor, tanto como apoyo a la actividad docente como para la formación práctica en ingeniería. Dan un marco de referencia para que las experiencias sean implementadas como acciones sistemáticas de inclusión y expansión hacia otras cátedras; involucraron a diversos actores (docentes, alumnos, becarios) que participaron en diversas actividades (de docencia, investigación, formación y difusión); se hicieron aportes significativos que mejoraron el intento educativo, fortaleciéndose actitudes de colaboración y cooperación entre los involucrados.

Los avances nos han llevado a reconocer que estas experiencias no son estancas ni definitivas; que se trata de procesos que se pueden mejorar y retroalimentar, en los que influyen diversos factores internos (resultados de la aplicación de las tecnologías, nuevos estudios y propuestas, nuevos problemas y consensos, modificaciones curriculares, disposición de los alumnos y de los docentes) y otros externos (nuevos medios, nuevos recursos, nuevos espacios, nuevos alumnos y docentes). Entendemos que las experiencias mencionadas están en evolución continua, se adaptan, se corrigen y se renuevan, se socializan y vuelven a enriquecerse.

Referencias y bibliografía

- Arteaga Valdés, E. (2003). La contribución de los problemas matemáticos “cerrados heurísticos” y “abiertos” al desarrollo de las potencialidades creativas de los alumnos. *Maseducativa. Revista2. Barcelona*. (En línea). Disponible en http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=6888
- Cabero, J.; Salinas, J.; Duarte, A.M. & Domingo, J. (2000). Nuevas Tecnologías aplicadas a la educación. *Madrid: Síntesis Educación*.
- García Valcárcel, A. (2009). Herramientas tecnológicas para la mejora de la docencia universitaria. En García Valcárcel, A. (Coord). La incorporación de las TIC en la docencia universitaria: recursos para la formación del profesorado. *España: Davinci Continenta, p.55-65*.

Ministerio de Educación, Secretaría de Políticas Universitarias. (2009). Resolución ministerial N° 786 de fecha 26 de mayo de 2009. (En línea). Disponible en http://www.coneau.edu.ar/archivos/Res786_09.pdf

Paenza, A. (2009) Problemas abiertos. (En línea). Disponible en <http://adrianpaenza.blog.arnet.com.ar/archive/2009/03/21/problemas-abiertos.html>

Pérez, C. (2004). La acreditación y la formación de los ingenieros en la Argentina. *Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria*. (En línea). Disponible en <http://www.coneau.edu.ar/archivos/1244.pdf>

Stone, M.; Rennebohm F. K. & Breit, L. (2006). Enseñar para la Comprensión con nuevas tecnologías. *Buenos Aires: Paidós*.