

HERRAMIENTAS PARA EL CAMBIO EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: ALGUNAS POSIBILIDADES

Agustín de la Villa, Alejandro Lois, Liliana Milevicich y Gerardo Rodríguez

Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI

España

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco

Argentina

Escuela Politécnica Superior de Zamora. Universidad de Salamanca.

España

avilla@dmc.icaui.upcomillas.es, alelois@hotmail.com, liliana_milevicich@yahoo.com.ar, gerardo@usal.es

Resumen. Las nuevas tecnologías han llegado para quedarse y formarán parte cada vez más activa de los procesos de enseñanza y aprendizaje. El presente trabajo surge del curso corto desarrollado durante RELME 27 con el propósito de analizar las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas en las escuelas de Ingeniería: su incidencia y adecuación. En ese sentido se abordaron los siguientes tópicos: los Laboratorios de Matemáticas, una enseñanza integrada de las Matemáticas, algunas experiencias surgidas del proceso de Bolonia: Proyectos y concursos, las nuevas tecnologías: plataformas en línea, tutorías y evaluación.

Palabras clave: nuevas tecnologías, laboratorios de matemáticas, enseñanza por competencias, evaluación en línea, tutorías en línea

Abstract. New technologies are here to stay and will form an increasingly active part of the teaching and learning process. This paper arises from the short course developed over RELME 27 in order to discuss new technologies in the teaching and learning of mathematics in engineering schools: their impact and adequacy. In this sense, the following topics were addressed: Mathematics laboratories, integrated teaching of mathematics, some experiences arising from the Bologna Process: Projects and contests, new technologies: online platforms, tutorials and evaluation.

Key words: new technologies, math laboratories, teaching skills, online assessment, online tutoring

Antecedentes

Los centros de estudios superiores: Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Argentina y las universidades españolas Universidad Pontificia Comillas de Madrid, y Universidad de Salamanca, en el marco del Programa de investigación conjunta entre Argentina y España, y sustentado por sendos convenios firmados entre las mencionadas universidades, han venido desarrollando actividades conjuntas con el propósito de:

1. Evaluar la evolución sobre la incorporación de Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en la Educación Superior en América Latina y el Caribe, fundamentalmente en los últimos 10 años.
2. Favorecer la investigación en el uso de tecnologías educativas en la Educación Superior.
3. Contribuir a fomentar la investigación en el uso de tecnología educativa dentro y fuera del aula, divulgar sus resultados y aplicarlos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en el nivel superior.
4. Fomentar la interrelación entre las instituciones educativas, universidades, facultades, países y diferentes culturas para contribuir a una enseñanza en el nivel superior más acorde con los tiempos actuales.

En respuesta a tales propósitos se han presentado propuestas en la modalidad de grupos de discusión, cursos y talleres en las Reuniones Latinoamericanas de Matemática Educativa de los años 2009, 2010 y 2012. A saber:

- ❖ Un grupo de discusión en la RELME XXIII en Santo Domingo, República Dominicana, referido a la *Perspectiva de las TICs en la Educación Superior en América Latina*. (Lois, Milevicich, Rodríguez, de la Villa, 2010)
- ❖ Un grupo de discusión en RELME XXIV en la Ciudad de Guatemala, Guatemala referido a la *Perspectiva de las TICs en la Educación Superior Iberoamérica*. (Lois, Milevicich, Rodríguez, de la Villa, 2011)
- ❖ Un taller en la RELME XXVI en Belo Horizonte, Brasil referido a *Enseñar matemática: un reto en el nuevo paradigma tecnológico*. (Lois, Milevicich, Rodríguez, de la Villa, 2013)
- ❖ Un curso corto, en el recién mencionado congreso, referido a *La revolución tecnológica en la enseñanza de las matemáticas. El nuevo paradigma. ¿Es una oportunidad de cambio o un simple engaño?* (Lois, Milevicich, Rodríguez, de la Villa, 2013)

Introducción

En el presente trabajo se pretende plasmar el contenido del curso dictado durante la RELME 27: los tópicos abordados, conclusiones y perspectivas de continuidad en esta línea de investigación.

El curso comenzó analizando *la evolución de los Laboratorios de Matemáticas*, desde la aparición de los primeros computadores en la década de los 70 del siglo XX hasta nuestros días, haciendo hincapié sobre cómo, lenta pero sostenidamente, se ha ido trasladando el laboratorio de informática al aula tradicional, lo que ha permitido lograr *una enseñanza integrada de las matemáticas* donde el uso del ordenador es tan común como la tiza y el pizarrón, las diapositivas o las transparencias.

El curso continuó analizando algunos *Laboratorios de Matemática adaptados al proceso de Bolonia*, en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

La segunda parte del curso estuvo destinada a *las nuevas tecnologías: plataformas en línea, tutorías y evaluación*. Se presentaron numerosos ejemplos con el propósito de mostrar cómo puede la virtualización de la enseñanza contribuir a mejorar la calidad, la equidad, la flexibilidad, la eficiencia y las posibilidades de formación y actualización permanente en la Educación Superior.

Desarrollo

La evolución de los Laboratorios de Matemáticas

La aparición de las primeras computadoras dio un auge especial a determinadas ramas de las matemáticas en las cuales su utilización era esencial, como por ejemplo en el Análisis Numérico. Posteriormente, en la década de los 80, se empezó a usar el ordenador como herramienta didáctica, intentando enfatizar aspectos tales como la visualización y la capacidad de cálculo, tanto simbólico como numérico. Se crearon entonces, en las diferentes Escuelas de Ingeniería, los Laboratorios de Matemáticas con el propósito de favorecer aprendizajes significativos, el desarrollo de habilidades y capacidades relacionadas con las asignaturas correspondientes y la autonomía del estudiante.

A nuestro juicio, hubo tres elementos determinantes que impulsaron la creación de los Laboratorios de Matemáticas en la Educación Superior. En primer lugar, el uso de ordenadores portátiles que permitió trasladar físicamente el laboratorio de informática al aula, en segundo lugar el acceso masivo a Internet, y finalmente, el acceso a CAS especializados y su incorporación a las diferentes asignaturas.

En este nuevo contexto se vincula la enseñanza y el aprendizaje de temas específicos de las Matemáticas integrando las TICs en el aula como herramienta didáctica, utilizando, entre otros recursos, el acceso a páginas interactivas de Matemáticas, donde los gráficos y los cálculos cobran vida a través de escenas configurables. Tal es el caso del material ofrecido en el sitio destinado al Proyecto Descartes (<http://recursostic.educacion.es/descartes>).

La confección de estas páginas interactivas (denominadas applets, término tomado del inglés) y la utilización de otros estándares facilitan investigar propiedades, adquirir conceptos y relacionarlos, aventurar hipótesis y comprobar su validez, hacer deducciones, establecer propiedades y teoremas, plantear y resolver problemas.

Descartes Web 2.0 es un complemento del núcleo interactivo para páginas educativas que se insertan en una página de hipertexto de tal modo que se pueda editar simultáneamente el hipertexto y las escenas interactivas insertadas en él. Por ello es que Descartes puede ser utilizado por los autores de páginas WEB educativas para enriquecer sus materiales con una amplia variedad de modelos matemáticos interactivos. En la figura 1 se observa un applet que permite analizar la intersección de un cono con un plano y , a partir de la variación de parámetros en el gráfico, trabajar sobre las competencias de investigar, deducir, conjeturar, etc. Algunas preguntas interesantes relacionadas son:

- a) ¿Qué resulta de la intersección del cono con un plano paralelo al plano xy ? ¿Puede deducir tal intersección de manera analítica?,
- b) ¿En algún caso la intersección es vacía?,

c) ¿Cuál es la superficie que resulta si el plano no es paralelo al plano xy ?

d) ¿Puede expresarse la curva intersección entre el cono y el plano a través de una función

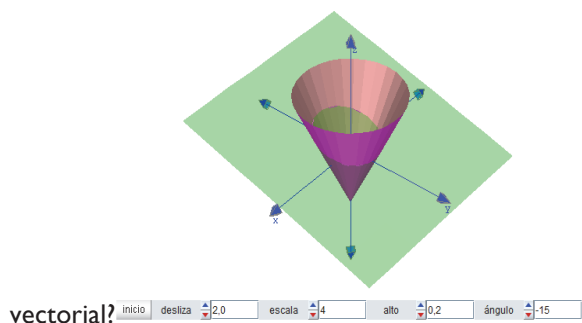


Figura 1. Applet intersección del cono centrado en el origen de coordenadas y un plano.

En el curso impartido también se analizó EDUTEKA, Portal Educativo gratuito de la Fundación Gabriel Piedrahita Uribe (FGPU), que se publica en Cali, Colombia, desde 2001 y se actualiza mensualmente. Este sitio Web (www.eduteka.org) provee, en forma gratuita, materiales para docentes. Pone a su disposición una amplia variedad de contenidos formativos e informativos con el uso de las TICs y presenta espacios interactivos en línea con recursos útiles y valiosos para los docentes. Algunos ejemplos presentados están referidos a Funciones y gráficos, Planos de coordenadas y los gráficos y Sistemas de coordenadas cartesianas. En cada uno de ellos se examinaron los ejemplos, las actividades adicionales y las discusiones. No se desarrollan en este trabajo por razones de espacio, sin embargo se pueden consultar a través del link:

<http://www.eduteka.org/MI/master/interactivate/activities/Flaydata/Index.html>

Luego se presentó el Laboratorio de Matemáticas diseñado por nuestro grupo de investigación, formado por los docentes de UTN, Universidad Pontificia Comillas y Universidad de Salamanca, tal como se mencionó en los antecedentes; y algunos programas desarrollados en relación con:

el concepto de derivada (Posición – Velocidad – Aceleración, Razón de cambio, Construcción de la función anti-derivada), el concepto de integral (Suma de Riemann, Integrales impropias), las funciones vectoriales (Triedro de Frénet, Círculo osculador), el cálculo multivariable (Mapa de contorno, La derivada direccional, Integrales dobles, Coordenadas esféricas) y el cálculo vectorial (Superficies orientadas).

Laboratorios de Matemáticas adaptados al proceso de Bolonia

Las experiencias realizadas en los últimos años en las Escuelas de Ingeniería españolas se han realizado dentro del movimiento de renovación causado por la entrada en vigor del Espacio Europeo de Educación Superior, conocido comúnmente por proceso de Bolonia, por ser esta ciudad italiana donde se firmó la primera Declaración sobre el Espacio Europeo común.

El proceso de Bolonia tiene como características esenciales una educación centrada en el estudiante y basada en competencias (genéricas y específicas) que el alumno debe adquirir a lo largo de sus estudios y en cada una de las asignaturas que cursa en su currículo.

En ese sentido, las principales competencias asociadas a las carreras de Ingeniería en relación con las matemáticas son: sentido crítico, trabajo autónomo, trabajo en equipo, capacidad para resolución de problemas y el uso de las TICs.

La incorporación a la práctica docente de los fundamentos metodológicos del proceso de Bolonia ha obligado a cambiar la metodología en los procesos de enseñanza y aprendizaje, incluyendo la elaboración de nuevos materiales destinados a un contexto de enseñanza mixta, dada la incorporación, incluso en las universidades de enseñanza presencial, de las enseñanzas on-line.

Por su parte, la incorporación de los diferentes CAS se ha realizado de manera gradual. En una primera etapa se establecieron los Laboratorios de Matemáticas donde se realizaban periódicamente unas prácticas usando diferentes CAS que luego se evaluaban mediante un examen en los citados laboratorios. El uso de los CAS no siempre proporcionaba resultados compatibles con el análisis matemático del problema a resolver. En algunas ocasiones, que nos servían de pretexto para explicar a los alumnos que un CAS no podía convertirse en una caja negra mágica, el resultado era absolutamente inesperado. (Alonso, et al., 2001).

Con el paso del tiempo las posibilidades de uso de los CAS se ampliaron, incrementando su influencia en el rol docente e incentivando a los estudiantes a desarrollar sus propios procedimientos y a comparar diferentes tipos de software para tratar de elegir el más apropiado en cada tema. Un ejemplo de ello quedó plasmado en el material sobre Cálculo Diferencial en varias variables desarrollado con los CAS Maple y Mathematica. (García, García, Hoya, Rodríguez & de la Villa, 2002).

Las nuevas necesidades docentes han puesto, además, de manifiesto la conveniencia de formar equipos docentes amplios para realizar las nuevas tareas educativas. La elaboración de nuevos materiales docentes ha implicado el inicio de tareas colaborativas, con la participación, en primer lugar, de profesores de otras universidades españolas y, posteriormente, con la participación en diferentes proyectos europeos: Xmath Project y dMath Project.

Una segunda etapa en experiencias de innovación, nos permitió profundizar el trabajo iniciado, consolidando la participación en diferentes proyectos europeos (EVLN Project, WEBMLS Project)

Con el propósito de favorecer la motivación de los estudiantes en las asignaturas de Matemáticas en Ingeniería, se han organizado concursos donde se premiaba, mediante la participación en un Congreso, el que resultara mejor trabajo. Los trabajos debían estar relacionados con problemas

técnicos o de la vida real, propuestos por el profesor, y en los que se aplicaran conceptos desarrollados en la asignatura. A modo de ejemplo se expuso, durante el curso, el trabajo ganador del concurso sobre Transformaciones ortogonales, que consistió en el almacenaje óptimo de contenedores en un puerto. (García, García, Rodríguez & de la Villa, 2011).

Las nuevas tecnologías: plataformas en línea, tutorías y evaluación.

Los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS), entre ellos las plataformas en línea, están actualmente disponibles en la mayoría de las universidades. Estas plataformas, que contienen una estructura de soporte para la creación y organización pedagógica de diferentes tipos de materiales didácticos, están sustentadas por un software instalado en un servidor de Internet o Intranet y se utilizan con el propósito de ejecutar, administrar, distribuir y controlar las actividades de formación presencial, semi-presencial (b-learning) o a distancia (e-learning). (Milevicich y Lois, 2012)

Esta formación en línea tiene características técnicas y pedagógicas específicas:

1. Que se produzca en red, lo que permite una actualización inmediata, almacenamiento y recuperación, distribución y capacidad de compartir los contenidos y la información.
2. Que llegue al usuario final a través de un ordenador, utilizando estándares tecnológicos
3. Que esté centrado en una visión de los procesos de enseñanza aprendizaje distinta de los paradigmas tradicionales.

En primer lugar, si focalizamos nuestra atención en los recursos técnicos, debemos mencionar que es imprescindible contar con redes de transmisión de alta velocidad para poder lograr un tráfico ágil en la información y en el acceso al material disponible en servidores propios o externos.

En segundo lugar, si nos referimos a los recursos humanos, cabe preguntarnos cuáles son las competencias docentes en este nuevo contexto, asociadas a los requerimientos de mayor esfuerzo, mayor complejidad en las tareas a desarrollar, incertidumbre frente a lo desconocido y perder el control del proceso de enseñanza-aprendizaje. Parfraseando a Bautista, Borges y Forés (2006), creemos que las competencias requeridas son de comunicación, de gestión del conocimiento, de actualización permanente y de trabajo en equipo.

A modo de ejemplo analizamos un curso virtual de tipo b-learning destinado a la enseñanza y aprendizaje de Análisis Matemático II para alumnos de las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional, en los siguientes ítems:

El diseño (seguridad, configuración del curso, manejo de usuarios),

Los recursos (enlace a archivos o páginas Web), las actividades (foros, consultas, chat, cuestionarios, bases de datos, encuestas, glosarios, lecciones, wikis, tareas y hotpot).

Una parte sustancial de las actividades son los foros que permiten gestionar las tutorías en línea, así como los hotpot y consultas que permiten elaborar e implementar las evaluaciones. En ese sentido, se presentaron en el curso ejemplos sobre la utilización de los foros (organización, pautas de uso, roles, etc.) y de evaluaciones en línea en cada una de las unidades de la asignatura. Los proyectos de innovación en marcha están abordando nuevas formas de evaluación que complementen o sustituyan a la evaluación tradicional.

Conclusiones

La creación de los Laboratorios de Matemáticas en la Educación Superior estuvo asociada al uso masivo de ordenadores portátiles, a la irrupción de Internet y de CAS específicos.

En este nuevo contexto se ha propiciado una enseñanza integrada de las Matemáticas y se ha orientado el proceso hacia una enseñanza basada en competencias. Los cambios introducidos han impulsado un replanteo en la metodología, en el rol docente y en los materiales de estudio.

Cabe destacar que en la actualidad nuestro material de estudio incluye un CD/DVD con diferentes posibilidades de uso de diferentes CAS. En general en dichos ficheros se incluyen tutoriales auto-contenidos y una colección de problemas resueltos con el CAS de los que aparecen propuestos en los materiales. De este modo se facilita el trabajo autónomo y en grupos de trabajo.

El cambio metodológico sobre el proceso de evaluación es uno de los problemas al que nos enfrentamos en la actualidad. Es necesaria una reflexión profunda sobre los principios pedagógicos que orientan los procesos de evaluación. Parece evidente que, tras los cambios sufridos en los otros aspectos de la tarea docente, no nos podemos quedar en los tradicionales exámenes con lápiz y papel para evaluar las competencias matemáticas. Las experiencias en marcha se están ocupando de estudiar las diferentes opciones que las nuevas tecnologías nos permiten.

Estos cambios nos han llevado a modificar el sistema de evaluación de tal manera de disminuir el peso de los exámenes tradicionales y reemplazarlo por un nuevo esquema de evaluación en la que se ponderen todas las actividades del alumno: realización de proyectos, resolución de problemas, realización de prácticas con un CAS; sin excluir los exámenes tradicionales. En ese sentido, las tutorías en línea cumplen un papel fundamental. Su incorporación permite propiciar una interacción asincrónica entre docente – alumno y alumno – alumno, realizar un seguimiento del proceso de aprendizaje y reorientar el mismo si fuera necesario.

Referencias bibliográficas

- Alonso, F., García, A., García, F., Hoya, S., Rodríguez, G., de la Villa, A. (2001). *Some unexpected results using computer algebra systems*. *International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 8 (3), 239-252.
- Bautista, G., Borges, F. & Forés, A. (2006). *Didáctica universitaria en entornos virtuales de enseñanza aprendizaje*. Madrid, España: Narcea Ediciones.
- García, A., García, F., Hoya, S., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2002) *Differential Calculus of several variables with Mathematica and Maple*. *Second International Conference of Mathematics*. Creta, Grecia.
- García, A., García, F., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2011). *Orthogonal transformations with DERIVE*. *Seventeenth International Conferences on Applications of Computer Algebra*. Houston, Texas, U.S.A.
- Lois, A., Milevicich, L., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2010). *Perspectiva de las TIC'S en la Educación Superior en América Latina*. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 23*, pp. 1331-1340. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- Lois, A., Milevicich, L., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2011). *Perspectiva de las TIC'S en la educación superior en Iberoamérica*. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 24*, pp. 1170-1178. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Lois, A., Milevicich, L., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2013). *La revolución tecnológica en la enseñanza de las matemáticas: el nuevo paradigma ¿es una oportunidad de cambio o un simple engaño?*. En R. Flores (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 26*, pp. 1867-1876. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Lois, A., Milevicich, L., Rodríguez, G. & de la Villa, A. (2013). *Enseñar Matemática: un reto en el nuevo paradigma tecnológico*. En R. Flores (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 26*, pp. 1859-1866. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Milevicich, L. & Lois, A. (2012). *La evaluación en la educación superior. El proceso desde la presencialidad hacia la virtualidad*. *III Congreso Europeo de Tecnologías de la Información en la Educación y en la Sociedad: Una visión crítica (TIES 2012)*, Barcelona, España.