

EL PROYECTO DE INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN LOS CURSOS DE MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. PERIODO 2014-2016

Edgardo Arita Dubón

Universidad de Costa Rica (Costa Rica)

edgardo.arita@ucr.ac.cr

Palabras clave: TIC, Multimedial, foros

Key words: ICT, Multimedia, fórums

RESUMEN: Este escrito presenta un proyecto sobre la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los cursos de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica que tienen la modalidad de laboratorio computacional y también en varios cursos que no tienen laboratorio. Mediante el uso del aula virtual se mantiene una comunicación estrecha con los estudiantes y se le da seguimiento a su desempeño académico tanto dentro como fuera de la clase. Se realiza trabajo colaborativo y se han creado nuevas técnicas didácticas para lograr el aprendizaje significativo de los estudiantes.

ABSTRACT: This product consists on the Integration of the Communication and Information Technologies (ICT) in the Math School courses which category is a computer Lab as well as in other courses which have no Lab category included. The use of the virtual Lab keeps a very close communication with the students and provides a follow up academic performance not only in the class but also outside the room. Collaborative work is being developed and new didactic (educational) techniques have been created so the students may be able to achieve a significant learning.

■ INTRODUCCIÓN

El proyecto se presentó en la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica, en los cursos de Matemática Aplicada con el objeto de utilizar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) como herramientas para promover una docencia interactiva, dinámica y colaborativa en el aprendizaje del estudiantado.

Las características de las TIC y su rápida implementación a escala global son ampliamente utilizadas en cualquier campo. En el ámbito educativo, Bustos y Román (2011) mencionan que la formación de los ciudadanos de hoy requiere de sistemas y escuelas que incorporen recursos tecnológicos a los procesos de enseñanza y aprendizaje, la integración de las TIC en el ámbito educativo es actualmente un tema capital desde múltiples perspectivas, y en todos los niveles educativos.

En el área de la matemática, Román, Cardemil y Carrasco (2011) expresan que la incorporación de las TIC permite la construcción de modelos matemáticos, elaboración de hipótesis, interpretación de gráficas, aprendizaje de conceptos.

Para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, las instituciones de educación superior deben desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de formación. Se requieren docentes que utilicen frecuente y responsablemente las tecnologías.

Al enfrentar al estudiante a la resolución de un problema de manera digital con la ayuda del software existente y las propuestas didácticas que deseamos desarrollar, le obligará a reafirmar los conocimientos adquiridos durante la lección y le exigirá un razonamiento más detallado de los pasos en la resolución de la situación planteada, procedimientos que redundarán en un mejor rendimiento académico.

La tecnología aplicada como herramienta en la enseñanza y aprendizaje de la matemática puede ayudar a generar imágenes visuales, organizar datos y realizar cálculos. Cuando disponen de herramientas tecnológicas, los estudiantes pueden enfocar su atención en procesos de toma de decisiones, reflexión, razonamiento y resolución de problemas (Santos, 2001).

El uso de las TIC en el aula de matemática no puede plantearse como una herramienta aislada sino que cada concepto que se trabaje en clase puede encontrar una o varias herramientas tecnológicas que permitan profundizar en la exploración.

■ ANTECEDENTES

Desde el año 2003 la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica inició la incorporación del uso de la tecnología. Proyectos como Apoyo Multimedial para la Enseñanza de la Matemática, coordinado por la Dra. Sonia Rodríguez Soto, fueron pilares fundamentales para su planteamiento y ejecución. En el curso MA1003 Cálculo III el Prof. Juan Félix Ávila Herrera implementó en dos grupos de la cátedra el uso frecuente de las herramientas tecnológicas como apoyo a sus clases, también desarrolló el software Gen-GCF que permite a los estudiantes una rápida y fácil visualización de los objetos matemáticos de estudio. Tres años después, la cátedra de MA1002 Cálculo II realizó lo mismo. En esa época los profesores Sonia Rodríguez Soto, Minor Chacón Díaz y Edgardo Arita Dubón incursionaron en la aplicación de diversas herramientas

tecnológicas aplicadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática: incorporaron material multimedia que semestre a semestre se ha mejorado y que se utiliza en la actualidad, aulas virtuales para almacenar material multimedia, utilizando la plataforma Moodle en el sitio de la Escuela de Matemática <http://emoodlenew.emate.ucr.ac.cr/>, y tener comunicación permanente con sus estudiantes así como otras herramientas en el campo de la graficación de funciones o programas de cálculo simbólico (CAS).

Para el año 2010, se inauguró un laboratorio con 30 computadoras, una para cada estudiante y una computadora para el profesor conectada a un proyector de vídeo lo cual permitió ampliar la gama de cursos que ofrece con ayuda directa de herramientas tecnológicas en las clases, de aquí en adelante estos cursos son denominados cursos en modalidad laboratorio. Es así como se incorporaron un grupo de la cátedra MA1001 Cálculo I, dos grupos de MA1002 Cálculo II, uno de MA1003 Cálculo III, uno de MA1004 Álgebra Lineal y otro de MA2210 Ecuaciones Diferenciales Aplicadas al campo de la Salud. Dos semestres después se incorporaron dos grupos más de MA1001. En el 2012, la cátedra de MA1210 Cálculo I incorporó un grupo en modalidad laboratorio. En el 2013 se incorporaron otro grupo para MA1002 y dos grupos para MA1003. Todos los grupos mencionados anteriormente en modalidad laboratorio se conservan hasta la fecha.

■ METODOLOGÍA

El proyecto consiste en la incorporación de herramientas tecnológicas en las clases de los cursos del Departamento de Matemática Aplicada de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica, siendo en los cursos con modalidad laboratorio donde se realizan diferentes actividades que permiten incorporar herramientas como la plataforma Moodle, software educativo como GeoGebra, Gen-GCF, Graphing Calculator, Marimba, Mathematica, WinPlot y Daum Equation Editor, entre otros. Enfocándose principalmente en lo siguiente:

1. Foros: Se plantea un problema o ejercicio no tradicional para que los estudiantes investiguen del tema, exploren métodos de solución con ayuda de software dinámico, formulen conjeturas, demuestren o refuten esas conjeturas, justificando y argumentando sus conclusiones y las comuniquen utilizando la plataforma Moodle.
2. Trabajo en equipo: Una vez que el estudiante escribe sus conclusiones a una tarea específica, utilizando la plataforma Moodle, sus compañeros y compañeras pueden leer y analizar el método de solución y aportar al respecto. Es importante mencionar que se usa Moodle porque permite la escritura matemática utilizando un filtro LaTeX para la correcta visualización de símbolos.
3. Métodos colaborativos: El uso de Moodle permite crear ambientes donde un estudiante puede realizar una pregunta y los demás compañeros le hacen sugerencias de cómo resolverla. Esto permite una comunicación muy fluida fuera del horario lectivo. El profesor supervisa y retroalimenta los comentarios de los estudiantes, nunca proporciona el método de solución sino que contesta con preguntas generadoras.
4. Prácticas o quices virtuales: Se programan prácticas donde el estudiante no solo tenga que bajar de internet un archivo y trabajarlo con papel y lápiz, sino que sea dinámico, es decir, se utiliza el potencial de la Web para que se formule tanto la pregunta como el método de solución en línea y quede un registro detallado. Por otra parte se realizan quices en línea donde dada una pregunta

generada por el sistema, el estudiante, utilizando sus conocimientos matemáticos y herramientas computacionales, modele el método de solución, tras esto coloque su respuesta en el sistema y sea calificada en tiempo real con la opción de obtener una retroalimentación, también en tiempo real, de cómo se resuelve la pregunta. Para lograr lo anterior se ha trabajado en la creación de una base de datos de preguntas por tema. Cada quiz o práctica se genera en forma aleatoria para cada estudiante, es decir, cada vez que se ingresa a una práctica o quiz se obtendrán preguntas diferentes.

5. Material de estudio interactivo: Varios cursos cuentan con material didáctico tanto en formato pdf o interactivo. Así, el estudiante tiene una fuente de materiales interactivos para su estudio. Dentro del aula, mediante el método de resolución de problemas los ambientes dinámicos no solo permiten a los estudiantes construir figuras con ciertas propiedades sino que también les permiten transformar esas construcciones en tiempo real, para estudiar variaciones y posiblemente proveer bases intuitivas para justificaciones formales de conjeturas y proposiciones.

Por otra parte, es importante difundir el trabajo realizado con los colegas de la Escuela de Matemática es por ello que se realizan charlas informativas durante cada semestre para dar a conocer los logros alcanzados y las dificultades por superar para la implementación de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. El propósito es incentivar a los colegas a sumar las experiencias positivas en sus propios cursos. También se realizan talleres, cursos y asesorías a profesores para que puedan incorporar las herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además se colabora con los integrantes de otros proyectos que requieran incorporar el uso de las TIC en el marco de sus objetivos, para la creación de nuevos materiales o actividades didácticas.

■ RESULTADOS PRELIMINARES

Durante el año 2014 y el 2015, la práctica educativa se favoreció mediante conversaciones y discusiones con profesores externos al proyecto pero con inquietudes en el uso de las tecnologías digitales recientes, esto sirvió como base para expandir la visión de los integrantes del proyecto en el uso y aplicación de la tecnología. El proyecto amplió la visión en el campo pedagógico y tecnológico, un factor que permitió observar el hecho anterior fue la participación de dos miembros del proyecto en el IV Encuentro Provincial de Educación Matemática, realizado en Tambor de Puntarenas, Costa Rica, los dos temas expuestos trataron sobre el uso de herramientas tecnológicas en el aula de matemática: La herramienta foro en Matemática y el papel de las herramientas tecnológicas en la resolución de problemas.

En el trabajo realizado en los grupos de las cátedras en la modalidad laboratorio se ha logrado elaborar e implementar material multimedia, vídeos, tutoriales de software entre otros y una de las metas principales que se ha conseguido es que, gracias a las charlas de discusión e información del uso de las TIC en las clases de matemática y los talleres impartidos a los docentes de la Escuela de Matemática en el uso de software especializado en matemática, las siguientes cátedras: MA0125 Matemática Elemental, MA0230 Matemáticas para Ciencias Económicas, MA0110, matemática Básica, MA1210 Cálculo I, MA1111 Fundamentos de Trigonometría y MA0292 Algebra Lineal para Computación, se han integrado el uso de las TIC en todos sus grupos y de esta manera han innovado en técnicas didácticas.

Algunos ejemplos se ilustran a continuación:

Figura 1. Un ejemplo de asignación de ejercicios para un foro y réplicas

A continuación están dos problemas sobre la aplicación de integrales de línea:

1. Calcular la masa de la cuerda que tiene la forma de la curva C que corresponde a la intersección de las superficies $x^2 + 3y^2 + z^2 = 4x$, $z = y$, donde la función de densidad está dada por $f(x, y, z) = \sqrt{1 + z^2}$.
2. Calcular $\int_C \vec{F} \cdot d\vec{r}$ para el segmento C de la curva que corresponde a la intersección de las superficies $x^2 + \frac{y^2}{4} + \frac{z^2}{9} = 1$, $12(x - 1)^2 - 3y^2 + 4z(x - 1) = 0$, que va desde el punto $A = (0, 2, 0)$ hasta el punto $B = (0, 0, 3)$ y para el campo vectorial $\vec{F}(x, y, z) = (z^2 + y \cos x, -4 + \sin x, 2 + 2xz)$.

El problema 1. lo resolverá Edelman Espinoza y el problema 2. lo resolverá Roberto Villegas. Ambos tienen hasta las 10 p.m. del sábado 27 de junio para que resuelvan el problema asignado. La solución de cada problema debe ser realizada utilizando la escritura de texto matemático en $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.

Los demás estudiantes del grupo tienen hasta las 11:00 p.m. del domingo 28 de junio para que su opinión sobre la solución de ambos problemas sea calificada.

Añadir un nuevo tema de debate

Debate	Comenzado por	Réplicas	Último mensaje
Ejercicio 2	 Roberto Villegas Díaz	27	Edgardo Arita lun, 29 de jun de 2015, 21:44
Solución del problema 1	 Edelman Espinoza	26	jostin fabian lopez fernandez lun, 29 de jun de 2015, 21:18

En la Figura 1 se ilustra la asignación de ejercicios para resolver en el curso de MA1003 Cálculo III en el primer ciclo del 2015 y también se ilustra la cantidad de réplicas de los demás estudiantes. Los dos estudiantes tuvieron una semana para plantear la solución y los demás estudiantes tuvieron un día para revisarla y opinar.

Figura 2. Ejemplo sobre la resolución de un ejercicio en un foro

Ejercicio 13, parte b
de Jorge Garrote Medrano - jueves, 9 de julio de 2015, 16:19

Hallar la circulación del campo vectorial $\vec{F}(x, y, z) = (x - z, x^3 + yz, -3xy^2)$ a lo largo del camino limitado por las superficies $z = 2 - \sqrt{x^2 + y^2}$, $z = 0$

(b) aplicando el teorema de Stokes

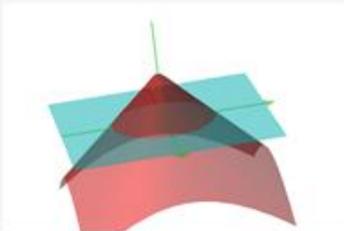
Lo primero que debemos hacer es conocer saber que superficies se están intersecando y como, para así luego aplicar el teorema de Stokes.

Primero, reorganizamos la función $z = 2 - \sqrt{x^2 + y^2}$, para saber que superficie es:

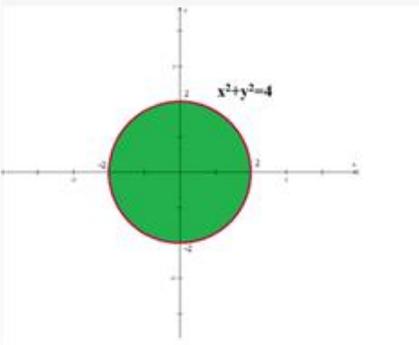
$$z = 2 - \sqrt{x^2 + y^2} \iff (z - 2)^2 = x^2 + y^2$$

Vemos que se trata de un cono circular con centro en $(0, 0, 3)$ y que solo se ocupará la parte de abajo del mismo, esto por el - antes de la raíz.

Lo rojo corresponde a la parte inferior del cono circular $z = 2 - \sqrt{x^2 + y^2}$ y lo celeste es el plano $z=0$



Su intersección forma lo siguiente: $\begin{cases} (z - 2)^2 = x^2 + y^2 \implies x^2 + y^2 = 4 \\ z = 0 \end{cases}$, corresponde a un círculo de radio 2 en el plano xy, el mismo se aprecia a continuación:



Ahora si, comenzamos a aplicar el teorema de Stokes. El teorema nos dice que $\oint_C \vec{F} \cdot d\vec{r} = \iint_S \text{rot} \vec{F} \cdot \vec{n} dA$, por lo que necesitamos el $\text{rot} \vec{F}$ y un vector normal \vec{n} de una de las dos superficies, en este caso se trabajará con el plano $z=0$.

Entonces, el rotacional es el siguiente

$$\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ x - z & x^3 + yz & -3xy^2 \end{vmatrix} = (-6xy - y, -(3y^2 - 1), 3x^2 - 0) = (-6xy - y, 3y^2 + 1, 3x^2)$$

El vector normal del plano este $\vec{n} = (0, 0, 1)$, no escogemos el $(0, 0, -1)$ porque estaría apuntando dentro de la parte de abajo del cono y ocupamos uno que apunte hacia afuera.

$$\iint_S \text{rot} \vec{F} \cdot \vec{n} dA = \iint_R (-6xy - y, 3y^2 + 1, 3x^2) \cdot (0, 0, 1) dA$$

$$\Rightarrow \iint_R 3x^2 dA, \text{ viendo en la proyección vemos que el más fácil trabajar la integral en coordenadas polares. Por lo que,}$$

$$x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta, \quad 0 \leq r \leq 2, \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi$$

$$\Rightarrow \int_0^{2\pi} \int_0^2 (3r^2 \cos^2 \theta) r \, dr d\theta = \int_0^{2\pi} \left(\frac{3r^4}{4}, \text{ evaluado en } r=2 - r=0 \right) d\theta$$

$$\Rightarrow \int_0^{2\pi} 12 \cos^2 \theta d\theta = \frac{12}{2} \int_0^{2\pi} (1 + \cos 2\theta) d\theta$$

$$\Rightarrow 6 \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}, \text{ evaluado en } \theta = 2\pi - \theta = 0 \right) = 12\pi$$

(Editado por Edgardo Arita - envío original domingo, 5 de julio de 2015, 14:49)

Calificación máxima: 100 (1)

Editar | Borrar | Responder

En la Figura 2 se ilustra la resolución del ejercicio asignado a un estudiante del curso de MA1003, siendo muy útil el editor Daum Equation Editor para escribir en línea el texto matemático en LaTeX y luego pasarlo al foro de Moodle.

Figura 3. Ejemplo sobre la réplica de un estudiante

Re: Ejercicio 13, parte b
 de Roberto Villegas Díaz - martes, 7 de julio de 2015, 18:31

Buen trabajo el realizado por el compañero Jorge, queda claro el proceso para encontrar la solución del ejercicio. Si hay algunos pequeños errores en la notación:

1. El centro del cono es $(0, 0, 2)$ y no $(0, 0, 3)$
2. En el cálculo del rotacional la componente en \hat{j} el valor correcto es $(3y^2 - 1)$ y no $(3y^2 + 1)$. Este error no afecta en el cálculo debido a que la componente \hat{j} en \vec{n} es 0.
3. Recuerde "encerrar" en paréntesis toda la función a integrar: $\int_0^{2\pi} (1 + \cos(2\theta))d\theta$ en lugar de $\int_0^{2\pi} 1 + \cos(2\theta)d\theta$

Calificación máxima: 100 (1) | 100

Mostrar mensaje anterior | Editar | Dividir | Borrar | Responder

Re: Ejercicio 13, parte b
 de Jorge Garrote Medrano - miércoles, 8 de julio de 2015, 12:25

Pura vida Roberto. Gracias por hacer notar esos detalles que por dicha no alteran el resultado del problema, pero no hay duda que puede confundir a más de uno, se le agradece!

Gracias

Calificación máxima: -

Mostrar mensaje anterior | Editar | Dividir | Borrar | Responder

En la Figura 3 se ilustra la discusión realizada entre el estudiante que planteo la solución del ejercicio de la Figura 2 con otro compañero del grupo. La intervención del compañero es para corregir los errores cometidos en la solución planteada.

Figura 4. Ejemplos sobre la participación del profesor en los foros

Re: Ejercicio 13, parte b
 de Edgardo Arita - jueves, 9 de julio de 2015, 16:20

Jorge hay que tomar en cuenta las observaciones de Roberto.

Calificación máxima: -

Mostrar mensaje anterior | Editar | Dividir | Borrar | Responder

Re: Problema 4
 de Edgardo Arita - jueves, 9 de julio de 2015, 11:31

Eduardo hay dos correcciones:

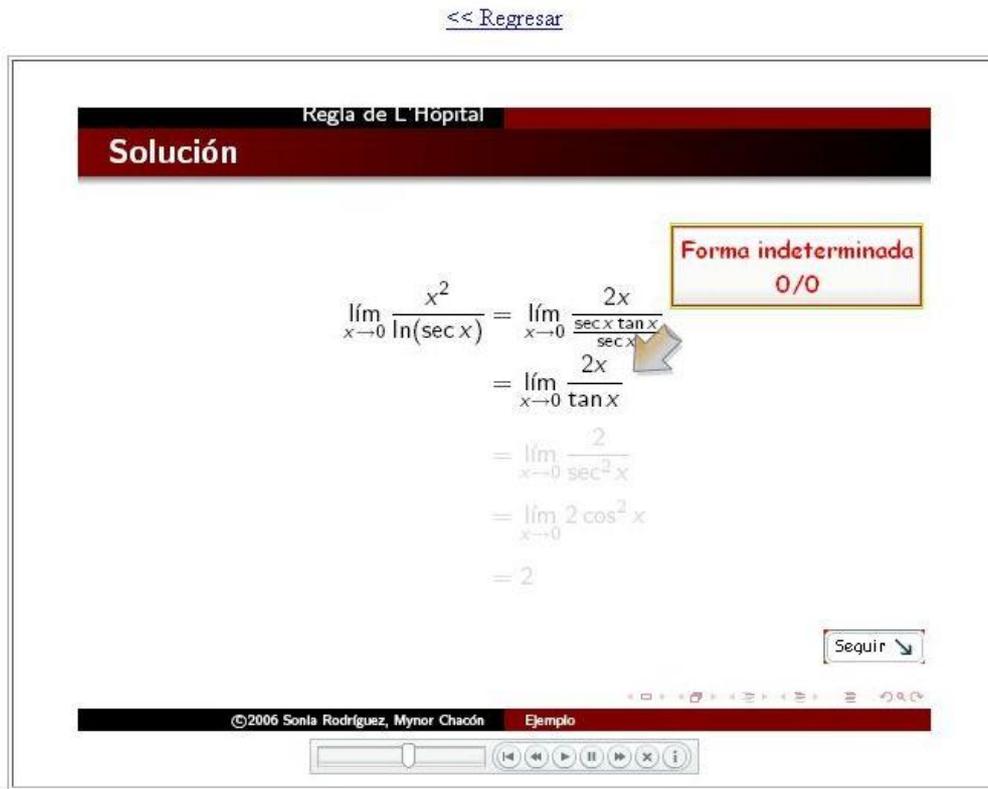
1. La ecuación vectorial de la curva es $r(t) = (2 \cos t, 2 \sin t, 4), 0 \leq t \leq 2\pi$. Usted escribió que $z = 1$ y no le afectó en su procedimiento porque no hay nada que sustituir con z .
2. La otra es que $z = 4$ y usted escribió $z = 2$ para la integral de superficie. Edelman le hizo la observación.

Calificación máxima: -

Mostrar mensaje anterior | Editar | Dividir | Borrar | Responder

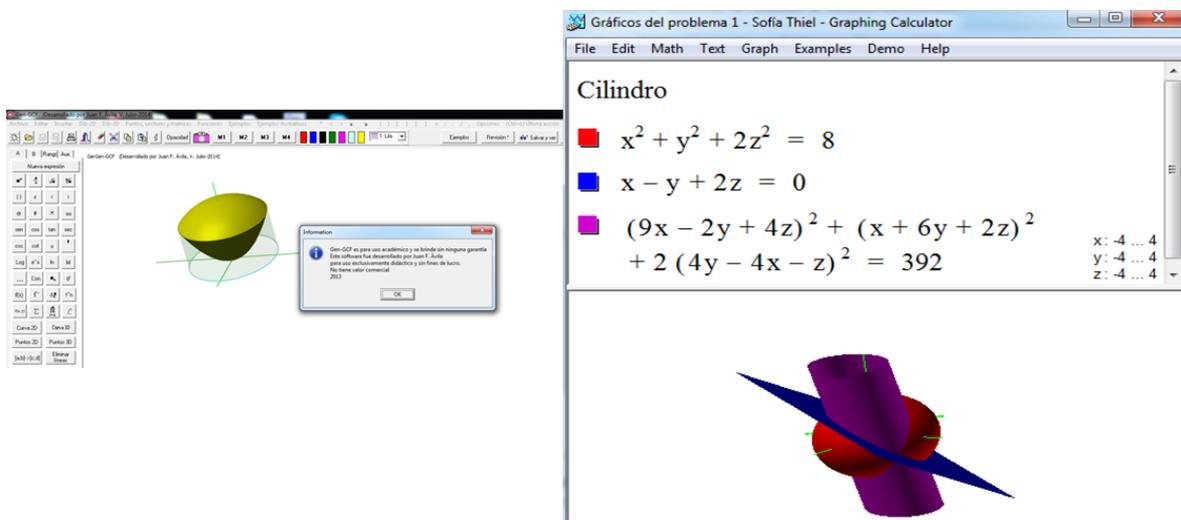
En la Figura 4 se ilustra la participación del profesor del curso después de que se concluyó la discusión entre los estudiantes, bien avalando la solución y la discusión planteada o bien corrigiendo los errores cometidos en la solución y que no fueron detectados por los demás estudiantes que opinaron.

Figura 5. Ejemplo sobre una página de un vídeo



En la Figura 5 se ilustra una página del vídeo de la solución de un ejercicio en el cual se incorpora audio y animación. El audio consiste en la explicación del procedimiento realizado por un profesor al resolver el ejercicio planteado. La calidad de los vídeos es excelente, tanto desde el punto de vista didáctico como la presentación del contenido. Los vídeos son utilizados para que los estudiantes reafirmen sus conocimientos al resolver ejercicios planteados.

Figura 6. Ejemplo sobre el uso de software Gen-GCF y Graphing Calculator



En la Figura 6 se ilustra la página inicial del software Gen-GCF, utilizado para el trazado de gráficas en 2D y 3D, y un ejemplo de las gráficas que genera en el software Graphing Calculator. Los estudiantes tienen que digitar las ecuaciones del problema para luego observar las gráficas correspondientes. En el caso de las gráficas en 3D pueden manipularlas con el cursor del mouse y así pueden tener diferentes perspectivas de las mismas, principalmente para comprobar las proyecciones sobre los planos coordenados y las intersecciones entre superficies.

■ CONCLUSIONES

En los foros se logra la participación activa de todos los estudiantes, ya que semanalmente se asignan diferentes estudiantes para resolver los ejercicios. Además, cada estudiante debe opinar sobre el trabajo realizado por sus compañeros y compañeras cuando no se le asigne la solución de un ejercicio.

Se fortalece la relación entre pares ya que los intercambios de opinión entre los estudiantes se realizan con el respeto que conlleva una actividad académica y se logra que el aprendizaje significativo sea evidente.

La escritura de texto matemático utilizando el filtro LaTeX en Moodle resuelve el problema que se presenta en otros foros donde no se cuenta con ese filtro.

La utilización de la plataforma Moodle en la implementación de los cursos en línea ha sido de gran utilidad por la creación de materiales didácticos utilizando diferentes herramientas tecnológicas.

Las herramientas tecnológicas que se utilizan son un valioso apoyo, tanto para los estudiantes como para los docentes. Hay que tomar en cuenta las limitaciones que tienen para no cometer errores en su uso.

Para la próxima etapa del proyecto se pretende la utilización de aplicaciones matemáticas para tabletas y celulares en las clases de matemática que no involucren el uso de un laboratorio computacional.

■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustos, A. y Román, M. (2011). La importancia de evaluar la incorporación y el uso de las TIC en educación. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4 No 2, 4-7.
- Román, M., Cardemil, C. y Carrasco, A. (2011). Enfoque y metodología para evaluar la calidad del proceso pedagógico que incorpora TIC en el aula. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4 No 2, 9-36.
- Santos, L. (2001). Potencial didáctico del software dinámico en el aprendizaje de las matemáticas. *Avance y Perspectiva*, 20, 247-258.