XIII CONFERENCIA INTERAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA
CIAEM 2011
26 - 30 Junio, 2011
Recife, Brasil
50 años del Comité Interamericano de Educación Matemática

Enseñar Matemática a través de problemas abiertos: un desafío para los docentes.

Gustavo de Dios **Pita**
gdpita@bioingenieria.edu.ar
María Magdalena **Añino**
maena@gigared.com
Emiliano **Ravera**
emiliano_ravera@yahoo.com.ar
Alberto **Miyara**
ajmiyara@fceia.unr.edu.ar
Gabriela **Merino**
lagabimerino@hotmail.com
Leandro **Escher**
leandro_escher@hotmail.com
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos
República Argentina

Resumen

En los últimos años ha comenzado a plantearse la necesidad de proponer al estudiante de ingeniería la resolución de problemas abiertos. Sin embargo la propuesta de este tipo de problemas no es usual en los textos de matemática. Surge así un desafío para el profesor: ¿cómo diseñar problemas abiertos adecuados para ser propuestos a los estudiantes en los cursos de Matemática que se dictan en los primeros años de la carrera de Ingeniería? En este trabajo se describen las actividades investigativas realizadas por un grupo interdisciplinario de profesores del Departamento Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (República Argentina) en el marco de un proyecto de Investigación – Acción, con el objetivo de encontrar respuestas al interrogante planteado. Se presentan algunos de los problemas elaborados para ser presentados a los alumnos de los cursos de Cálculo de una y varias variables correspondientes a Bioingeniería.

Palabras clave: didáctica, matemática, resolución de problemas, problemas abiertos y cerrados, modelos matemáticos, relación de la matemática con otras ciencias, matemática en la formación del ingeniero.

Introducción

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. Aquí es donde se plantea el primer interrogante: ¿es la ejercitación habitual lo suficientemente compleja y desafiante como para generar aptitud para la resolución de problemas de Ingeniería? (Añino, y otros, 2010). Sin dudas que las incógnitas del mundo real no son las del libro de texto; saber resolver ejercicios no garantiza en absoluto la provisión de criterio para obtener respuestas a problemas reales. Es más, pueden darse muchas soluciones a un mismo problema y es el ingeniero, interactuando con otros profesionales, quien debe elegir la más adecuada considerando los diferentes aspectos del mismo (económicos, sociales, ambientales, etc.).

La realización en los cursos de Matemática de series de ejercicios que presenten dificultades crecientes hasta llegar a los problemas que implican una modelización matemática de una situación contextualizada, como generalmente se propone en los textos de Matemática para estudiantes de ingeniería (Stewart, 2008), (Marsden & Tromba, 2004), (Thomas, 2006), es un camino a transitar para que el alumno pueda ir manipulando los diferentes conceptos y métodos matemáticos, etapa por etapa, tomando conciencia de los obstáculos que se van presentando para vencerlos, efectuar relaciones y construir su conocimiento.

Entre las características de los denominados *problemas abiertos* (Garret, 1988) podemos notar que:

1) No se ofrece explícitamente toda la información requerida para resolverlo, pero quien va a proponer una solución (en este caso el estudiante) dispone de los conocimientos y de los medios para obtenerla.
2) Existe cierta ambigüedad en la estructura del problema que permite a quien intenta resolverlo redefinirlo poniendo en juego su creatividad y originalidad.
3) Hay libertad para seleccionar restricciones, modelos, métodos matemáticos diferentes. En función de la elección realizada se pueden generar diferentes soluciones. La selección de una de ellas implica una justificación, la propuesta de diferentes soluciones debe ir acompañada de las correspondientes ventajas y desventajas.

Sin embargo, no es habitual que en los libros de texto de Matemática para carreras de Ingeniería aparezca ejercitación con las características propias de un problema ingenieril. Surge así la siguiente inquietud: ¿cómo diseñar problemas abiertos adecuados para ser propuestos a los estudiantes en los cursos de matemática que se dictan en los primeros años de la carrera de ingeniería?

En este trabajo se describen las actividades investigativas realizadas por un grupo interdisciplinario de profesores del Departamento Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (República Argentina), con el objetivo de encontrar respuestas al interrogante planteado. Se presentan algunos de los problemas elaborados para ser presentados a los alumnos de los cursos de Cálculo de una y varias variables correspondientes a la carrea de Bioingeniería y Licenciatura en Bioinformática. Se sintetizan las dificultades encontradas y logros alcanzados por los docentes en este proceso de elaborar un material didáctico diferente.

Antecedentes y Fundamentación Teórica

En la actualidad existe un reconocimiento tácito entre psicólogos, pedagogos y educadores en general, que la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas debe ser objeto de estudio central en las investigaciones relacionadas con la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas en particular. Existen diferentes escuelas y el abordaje de esta problemática se hace desde diferentes aristas. Entre las múltiples corrientes se destacan por su relevancia: *Resolución de Problemas* (*Problem Solving)*, *Enseñanza Problémica* y *Aprendizaje Basado en Problemas*.

Dentro de la corriente denominada *Problem Solving*, se considera fundamental el trabajo de G. Polya "How to solve it", en el cual el autor identifica cuatro fases en el proceso de resolución de problemas: *comprensión, elaboración de un plan, ejecución de un plan, revisión-extensión*, (Polya, 1965). Schoenfeld hace una observación minuciosa del proceso de resolución de problemas en sujetos reales e identifica ciertos componentes que están presentes en el proceso de resolución: *recursos, heurísticas, control y creencias* (Schoenfeld, 1985). Es una corriente orientada hacia el aprendizaje de la matemática.

Independientemente, en la entonces Unión Soviética, se desarrolló una escuela didáctica que produce aportes a la pedagogía y la psicología entre los que se destacan los trabajos de Lev Vigotsky y S. L. Rubinstein, entre otros. Uno de los productos de esa escuela de didáctica es lo que se conoce como Enseñanza Problémica. Desde esta perspectiva didáctica los alumnos son situados sistemáticamente ante problemas cuya solución debe realizarse con su activa participación y en la que el objetivo no es sólo la obtención del resultado, sino además, su capacitación independiente para la resolución de problemas en general.

Por su parte, Howard Barrows desarrolló un método para promover en los alumnos la articulación de saberes, las conexiones entre disciplinas y el desarrollo de capacidades para resolver problemas. En 1965 aplicó este método tutorial en la escuela de medicina de la Universidad McMaster en Canadá. Desde entonces el método es conocido como Problem Based Learning (PBL) o Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). (Escribano, 2008).

En cuanto al aprendizaje basado en problemas y la enseñanza en ingeniería hay numerosas publicaciones, entre las cuales pueden mencionarse por su importancia los trabajos de D. R.Woods, miembro del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad McMaster (Woods, y otros, 1997); (Woods, An evidence-based strategy for problem solving, 2000); (Woods, Rugarcia, & Stice, The future of Engennering Education III. Developing Critical Skills, 2000); (Woods, R.M. Felder, A. Rugarcia, 2000). La estrategia propuesta, desarrollada específicamente para cursos de Ingeniería (Mourtos, DeJong Okamoto, & Rhee, 2004) puede resumirse en los siguientes pasos:

1) Compromiso con el problema: generar la necesidad de resolver el problema, sentirse parte de la solución con aportes personales.
2) Definir el problema, lo que establece y requiere, analizando la información dada y sus restricciones.
3) Determinar el real objetivo del problema y estimar soluciones.
4) Desarrollar un plan para la solución y elegir el enfoque.
5) Implementar el plan
6) Chequear los resultados obtenidos, evaluando y revisando lo actuado.

Tomando como base a dichos trabajos, podemos plantear que el sujeto que aspira a resolver problemas debe poseer los siguientes atributos: *estar consciente del proceso utilizado para resolverlo; monitorear y reflexionar sobre el mismo; saber identificar patrones para decidir si la situación es un problema o un ejercicio; aplicar diversas técnicas y heurísticas; poner el énfasis en la precisión de la solución; analizar los datos creando gráficas y diagramas; ser organizado y sistemático durante el proceso de resolución; ser flexible (dejar abiertas las diferentes opciones); recordar los conocimientos involucrados y determinar su calidad, exactitud y pertinencia; estar dispuesto a trabajar con información ambigua, aceptando el cambio y la angustia; estar dispuesto a reunir información para definir adecuadamente el problema; tener un acercamiento que utilice principios básicos al tiempo de no tratar de memorizar soluciones simples para después combinarlas* (Woods, y otros, 1997).

Algunas Universidades que forman ingenieros, han adoptado el Aprendizaje Basado en Problemas para organizar su currículum. Se pueden mencionar: Universidad Aalborg en Dinamarca, Universidad McMaster en Canadá, Universidad Monash en Australia, Universidad Manchester en Inglaterra, entre otras.

En sus trabajos, Woods establece una diferencia entre los términos “ejercicio” y “problema”. Algunos autores caracterizan como ejercicio a una instancia de aplicación de procedimientos preestablecidos, con una única forma de resolución y que podríamos considerar rutinaria, fuera de un contexto real (Steiman, 2008). Es decir que sabiendo la regla o la fórmula necesaria, el ejercicio estará resuelto.

La mera resolución de ejercicios no es la manera más adecuada de hacer Matemática, ni lo más apropiado para los procesos de enseñanza y de aprendizaje de esta disciplina en carreras de Ingeniería. Pero debemos reconocer que los ejercicios representan el primer e importante paso que permite al estudiante incorporar niveles de abstracción necesarios y la adquisición de habilidades que luego, en situación, podrán ser puestas en práctica. Es decir que, a la manera de un puente, conectan la teoría con la aplicación (Mourtos, DeJong Okamoto, & Rhee, 2004).

Enseñar Matemática en Ingeniería es transmitir al estudiante las herramientas lógico-formales que la disciplina proporciona a fin de lograr un nivel de abstracción suficiente que permita actuar sobre una porción de la realidad aplicando una teoría (Añino, Ravera, Waigandt, Miyara, Pita, & Perassi, 2010). La idea es mostrar una perspectiva de mayor generalidad que permita apreciar el valor y la potencia del conocimiento. La Matemática es una actividad de modelización y ésta a su vez conlleva la idea de producción de conocimiento. (Sadosky, 2005)

Es materia de discusión permanente el rol que juega la Matemática en carreras de Ingeniería. Sabemos que el currículum no es neutro ni aséptico, hay luchas de poder en él para concretar los proyectos políticos. Pero lo verdaderamente importante, más allá de la coyuntura, es permitir que el educando realice aprendizajes significativos que potencien su crecimiento personal, lo habiliten a llevar a cabo una clara lectura de la realidad y lo capaciten para saber elegir y no tomar lo que le es impuesto. A través de la trascendencia de los saberes enseñados, dentro de un contexto donde se determine qué enseñar en forma organizada y relacionada, el objetivo debe ser formar un sujeto capacitado para lo general y apto para lo particular, alejado de lo dogmático y con capacidad para hacer nuevas experiencias y aprender de ellas.

Desde el aspecto disciplinar, hay que enseñar Matemática para formar criterio y dar los instrumentos necesarios para que partiendo de lo que ya se sabe, se logre en el futuro ingeniero una evolución para actuar en un mundo de complejidad creciente y cada vez más incierto. Para ello, el estudiante debe prepararse para adquirir la capacidad de adaptarse a la sociedad en la cual va a trabajar, siendo al mismo tiempo un usuario calificado que valore adecuadamente las nuevas herramientas tecnológicas puestas a su disposición. Muchos de esos instrumentos tienen su fundamento en teorías matemáticas existentes o en vías de desarrollo. Es aquí donde se debe apuntalar el conocimiento de tal modo que el ingeniero pueda elegir y comprender apropiadamente el modelo matemático que mejor se adapte a los problemas que la profesión le va a plantear. Este desafío legitima el lugar que ocupan las matemáticas dentro del currículo del ingeniero, y lo revaloriza con el tiempo, ya que las nuevas tecnologías con las que el profesional debe trabajar justifican nuevos enfoques en la enseñanza de Matemática en la carrera de Ingeniería.

Precisamente, en la realidad donde debe actuar el ingeniero, las situaciones a resolver pueden no tener una única solución, y en ese caso el acierto está en elegir cuál de todas las posibles es la óptima. Aparece entonces el concepto de problema o situación problemática (Steiman, 2008). Es decir, no sólo la aplicación de procesos rutinarios y repetitivos, sino un recorte contextualizado que lleve a elaborar hipótesis y permita la toma de decisiones en la búsqueda de la o las soluciones.

Metodología y Diseño

Desde hace dos décadas nuestro grupo de trabajo ha realizado innovaciones que tienden a responder a las necesidades formativas del futuro profesional. Estas reformas se llevan a cabo en el marco de un proyecto de Investigación – Acción. Con esta metodología a partir de una situación que necesita ser cambiada se diseña un plan de acción que se implementa, para luego observar los resultados, reflexionar y efectuar los ajustes necesarios comenzando un nuevo ciclo.

Este trabajo se focaliza en la etapa de diseño de problemas en los cuales existe cierta ambigüedad en la información inicial y donde la estrategia a seguir no está pautada. Son los denominados problemas abiertos ya mencionados en la introducción. Se considera aquí que entre un problema cerrado y uno abierto hay toda una gama de posibilidades. Si representamos metafóricamente el problema cerrado por un ángulo de 0º y el problema abierto por un ángulo de 180º entre ambos hay un abanico de posibles “situaciones problemáticas” para ir presentando a los estudiantes. Nuestra propuesta es entonces a partir de los ejercicios y problemas cerrados ofrecidos por la bibliografía (Marsden & Tromba, 2004); (Stewart, 2008), ir generando distintos problemas con distintos grados de apertura de manera que se pongan en juego diferentes habilidades y formas de pensamiento en su resolución.

Para el diseño de los problemas abiertos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1) Se seleccionaron problemas que admiten ser contextualizados en un recorte de la realidad que les da sentido, priorizando aquellos temas de interés para la Ingeniería.
2) Los datos o información brindada pueden exigir, en algunos casos, un trabajo previo de búsqueda, selección, clasificación y o crítica de los mismos.
3) La búsqueda de soluciones demanda elaborar algún tipo de hipótesis.
4) La complejidad del problema exige desarrollar un plan para la solución, elegir el enfoque y seleccionar métodos o procedimientos.
5) Admitir una o varias soluciones que implican tomar decisiones.

Resultados

A fin de ejemplificar, se propone a continuación el desarrollo de un problema extraído de la bibliografía básica de los cursos de Cálculo (Stewart, 2008) y la propuesta de otro por la cátedra que, siendo en un principio cerrados, puedan ser reelaborados para darle forma de abiertos.

Originalmente, el problema enuncia:

Se entrega grava por medio de una cinta transportadora a razón de 30 pies cúbicos por minuto; las dimensiones de sus fragmentos permiten formar una pila en forma de cono cuyo diámetro y altura son siempre iguales. ¿Qué tan rápido se incrementa la altura de la pila cuando ésta mide 10 pies de alto?

En esta instancia, observamos que el enunciado mantiene como restricciones la forma, el diámetro y la altura. Proponemos abrir el problema suponiendo el diseño de un contenedor, para el cual se pueda elegir convenientemente la forma y que esto conlleve a establecer la manera más adecuada de optimizar el consumo de material de fabricación.

Problema 1

Una cinta transportadora descarga semillas en un contenedor a una capacidad de $30\ ft^3/min$. Usted es el ingeniero contratado para que diseñe la forma de este receptáculo de almacenamiento, donde los granos deben acopiarse sin daños que disminuyan su valor. Su decisión es importante para la empresa y para su prestigio, de tal manera que la firma ha depositado en su persona la confianza para que plantee una solución. Se busca lograr la menor velocidad de cambio de la altura h en el instante en que la misma alcance los $10\ ft$ (límite necesario para el correcto funcionamiento de este sistema) y que requiera el menor gasto de material para su fabricación.

Resolución

Datos:

$$\frac{dV}{dt} = 30\ ft^3/min$$

A los efectos de los ejemplos se considera en todos los casos que $r = \frac{h}{2}\ ft$

Caso 1: Forma cónica
El volumen de un cono viene dado por:

$$V = \frac{1}{3}\pi\, r^2\, h = \frac{1}{3}\pi\, \left(\frac{h}{2}\right)^2\, h = \frac{\pi\, h^3}{12}$$

Por regla de la cadena, se halla $\frac{dV}{dt}$ y se despeja $\frac{dh}{dt}$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dh}\frac{dh}{dt} \rightarrow\ 30 = \frac{\pi\, h^2}{4}\ \frac{dh}{dt}\ \rightarrow\ \frac{dh}{dt} = \frac{120}{\pi\, h^2}$$

Evaluando para $h = 10$

$$\frac{dh}{dt}_{h=10} = \frac{120}{\pi\, 10^2} = \frac{6}{5\,\pi} \approx 0{,}38\ ft/min$$

Calculando el área del mismo para tener una relación con el costo estimado

$$A = \pi\, r^2 = \pi \frac{10^2}{4} \approx 78{,}5\ ft^2$$

Caso 2: Forma cilíndrica

$$V = \pi\, r^2\, h$$

$$\frac{dh}{dt}_{h=10} \approx 0{,}13\ ft/min$$

$$A = 2\,\pi\, r\, h + \pi\, r^2 \approx 332{,}7\ ft^2$$

Caso 3: Forma esférica
A modo de ejemplo se tiene en cuenta que el volumen de una esfera es $2/3$ del volumen del cilindro circunscripto a la esfera, cuya base es igual al círculo del diámetro de la circunferencia de la esfera.

$$V = \frac{2}{3}(\pi\, r^2\, h)$$

$$\frac{dh}{dt}_{h=10} \approx 0{,}19\ ft/min$$

$$A = 4\,\pi\, r^2 \approx 314{,}15\ ft^2$$

Caso 4: Forma de cubo con lados igual a h

$$V = h^3$$

$$\frac{dh}{dt}_{h=10} \approx 0{,}10\ ft/min$$

$$A = 5\, h^2 \approx 78{,}5\ ft^2$$

Retomado lo comentado en los antecedentes de este trabajo sobre la metodología propuesta por Woods, el estudiante recibe la motivación suficiente para desarrollar el problema y buscar la solución a partir de su elección libre de la forma del contenedor y la determinación de la conveniencia de cada tipo (paso 1). Para la definición del problema debe tomar los datos dados y las restricciones debidas la capacidad y la altura límite (paso 2). El objetivo es darle forma al depósito y efectuar cálculos que apunten a la mejor solución (paso 3). A continuación se desarrolla un plan y se lo implementa con los datos sugeridos. Esto da lugar a distintos enfoques (pasos 4 y 5). Finalmente, observamos que se generan para el alumno situaciones donde debe volcar y defender las hipótesis propuestas. Por ejemplo, si el recipiente es de forma cónica en relación al mismo de forma cilíndrica, la velocidad de cambio de la altura aumenta, pero el gasto de material es notablemente inferior. Una situación similar se da para la forma esférica. Podría ser el cubo la mejor opción, pero el problema tiene otras connotaciones si se plantean otras alternativas tales como diferentes capacidades, u otras relaciones entre radio y altura. En este punto se puede revisar lo hecho o elegir una solución que se considere adecuada (paso 6).

Problema 2 (propuesto para funciones)

Un bimetálico es un elemento formado por dos chapas de diferentes metales firmemente adheridas entre sí. Si los metales se dilatan en diferente proporción con la temperatura, las longitudes finales luego de un calentamiento son diferentes, provocando la curvatura del par. Consideremos un bimetálico como se indica en la figura, formado por dos chapas de 0,5 mm de espesor de cinc (que se dilata 26 ppm/ºC) y acero (que se dilata 12 ppm/ºC) que a 25 ºC miden 10 cm de longitud cada una. El ancho de las chapas es mucho menor que su longitud y carece de importancia para este problema. Si un extremo está fijo, obtener la desviación *y* del otro extremo en función de la temperatura si se la quiere utilizar como disyuntor. Encuentre la distancia que minimice la posición de los puntos de conexión.

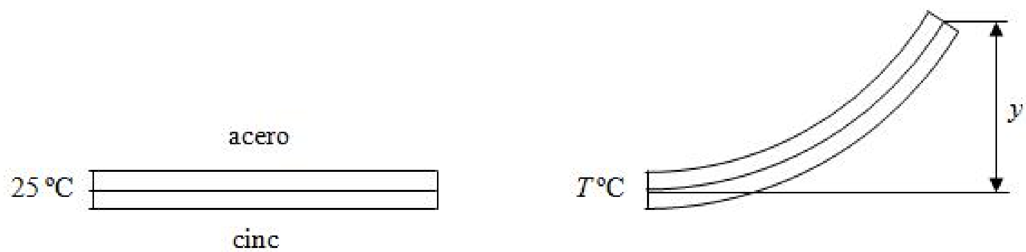

Figura 1. Esquema de un bimetálico

Sin detallar los pasos correspondientes, podemos agregar una hipótesis suponiendo que la forma curva que adquiere el par es un arco de circunferencia y por lo tanto determinar cuál es el radio correspondiente a cada metal.

Problema 3 (propuesto para derivadas)

Un club contrata sus servicios como ingeniero para construir un pórtico de entrada para el campo de deportes. Debido al movimiento vehicular que circulará, se ha determinado que la altura del portal debe ser de 5 m y el ancho 8 m; y por cuestiones estéticas, estará formado por tres arcos de parábola: dos arcos laterales con la concavidad hacia arriba y uno central empalmado con los anteriores con la concavidad hacia abajo. En los empalmes entre parábolas, entre sí y con el piso, no debe haber angulosidades.

Agregamos aquí lo que se espera por parte del alumno para este problema. Siguiendo la metodología expuesta, hay una motivación en la búsqueda de la solución como una aplicación; la definición del problema involucra el planteo de un esquema, eligiendo un sistema de ejes coordenados; examinar los datos provistos y las restricciones; plantear la solución haciendo uso de las leyes de cada una de las parábolas y de la simetría del problema, y qué conceptos de Cálculo se deben aplicar; implementar el plan, observando que puede no haber una única solución. Por último, evaluar la solución propuesta en términos estéticos y económicos, fundamentando la respuesta.

Conclusiones y Reflexión Final

Se han descripto las actividades realizadas por los docentes en este proceso de diseñar problemas abiertos y las modificaciones que esto produjo en la formación de los mismos, tanto en aspectos disciplinares como pedagógicos. Fundamentalmente la actividad realizada permitió discutir acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en Ingeniería y del rol del profesor en estos procesos. A modo de conclusión exponemos una síntesis de esas reflexiones, en la seguridad de que hemos cambiado nuestra perspectiva educativa y que el camino transitado nos lleva ahora a una próxima etapa: la implementación áulica de los problemas diseñados, recolección de los resultados obtenidos y evaluación de los mismos.

A nivel docente, esta propuesta de búsqueda y elaboración de problemas abiertos promovió principalmente:

1) Acercamiento a otras disciplinas mejorando la articulación de los cursos de Cálculo con otras asignaturas

2) Revisión bibliográfica y de problemas acordes a las demandas provenientes de diferentes sectores de la sociedad en la cual ejercerá el futuro ingeniero.

3) Discusión sobre las distintas perspectivas o enfoques desde los cuales se puede elaborar un plan para resolver un problema preparándolos para la situación áulica.

4) Reelaboración del cronograma de actividades con el objetivo de incorporar estos nuevos problemas.

5) Reflexión sobre los propios recursos y habilidades puestas en juego en cada etapa del proceso de solución de un problema abierto.

Se ha popularizado la idea de que *la Matemática está en todos lados*, pero esto no es tan taxativo. Dicho de otra manera, no es simplemente que está sino que hay que hallarla, aprovechando sus métodos y procedimientos en la formación del estudiante de Ingeniería. Pero ello no es posible si antes no reflexionamos sobre la trascendencia de lo enseñado. Una cita del matemático alemán Leopold Kronecker (The MacTutor History of Mathematics archive) enuncia "*Dios creó los números naturales, todo lo demás es obra del hombre*" (Amster, 2007). Por lo tanto la Matemática es creación humana y entonces el hoy estudiante que aspiramos sea ingeniero, debe valorar y comprender que la tecnología va a progresar, pero la Matemática va a trascender.

No toda explicación matemática, aún impartida con claridad y rigor, induce al alumno a una comprensión inmediata. Es importante acompañar este proceso con un adecuado enfoque didáctico, de tal manera que el acto pedagógico sea provechoso y trascendente. De nada sirve enseñar contenidos sin facilitar la integración de los mismos a la estructura cognitiva. El estudiante es consumidor del saber, muchas veces quiere encontrar todo inmediatamente y no tiene en cuenta lo que significa investigar durante mucho tiempo. Al mismo tiempo, un profesor que se deja llevar por simplificaciones ya que tiene que estar al frente de una enseñanza de masas, presupone que un discurso claro y bien construido va a inducir por sí mismo a una comprensión veloz por parte del alumno. Tengamos en cuenta que la comprensión de los conceptos matemáticos no es tan simple y no obedece en absoluto a la inmediatez.

Somos conscientes de que los cambios necesitan de apertura y receptividad por parte de los profesores para el momento en el que el alumno presente sus hipótesis, las cuales pueden ser totalmente diversas. Para ello el educador debe estar preparado en lo disciplinar y en lo pedagógico y convencido en su fundamentación. Y es precisamente por este planteo que creemos que esta metodología es importante, ya que estamos formando profesionales que estarán inmersos en una actividad social que no sólo debe esperar resultados sino también trascender. Los distintos enfoques que se le pueden dar a una situación problemática permiten que el estudiante de ingeniería se capacite reflexivamente y fundamente sus respuestas, al tiempo que los docentes podemos generar en el educando actitudes que le permitan, citando a Pestalozzi[1], *conocer verdaderamente sólo aquello que sabe explicar.*

Nuestra meta es una enseñanza atractiva que mejore las condiciones de aprendizaje, apuntado a formar un estudiante hábil en la identificación y apto para la formulación de problemas de Ingeniería. Como educadores, es nuestra misión generar el ámbito propicio para que el discurso matemático llegue, que el conocimiento matemático sirva para enriquecer y fundamentar la enseñanza, y que el saber matemático sea la base para el aprendizaje en cada instancia que lo necesitemos.

Referencias y bibliografía

Amster, P. (2007). *Fragmentos de un discurso matemático* (Primera ed.). Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Añino, M. M., Ravera, E. P., Waigandt, D. M., Miyara, A. J., Pita, G., & Perassi, M. (2010). Interdisciplinarity: Perspectives for the design of Didactic strategies in Engeneering., (págs. 123-128). Antalya, Turkey.

Añino, M. M., Waigandt, D., Perassi, M., Pita, G., Miyara, A., Klimovsky, E., y otros. (2010). Action Research: A way to generate new approaches to teaching mathematics in Bioingeneering. *Education Engeneering (EDUCON), 2010 IEEE* , 1385-1390.

Escribano, A. (2008). *El aprendizaje basado en problemas: una propuesta metodológica.* Narcea.

Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias , 6* (3), 224-230.

Marsden, J., & Tromba, A. (2004). *Cálculo Vectorial* (Quinta ed.). Madrid: Pearson Educación.

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.

Polya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas.* México: Trillas.

Sadosky, P. (2005). *Enseñar Matemática hoy. Miradas, sentidos y desafíos.* Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Schoenfeld, A. (1985). *Ideas y tendencias en la resolución de problemas.* Buenos Aires: Olimpíada Matemática Argentina.

Steiman, J. (2008). *Más didáctica (en la educación superior)* (Primera ed.). (UNSAM, Ed.) Buenos Aires: Miño y Dávila.

Stewart, J. (2008). *Multivariable Calculus: early trascendentals* (Sixth ed.). Thomson Brooks Cole.

The MacTutor History of Mathematics archive. (s.f.). Recuperado el 16 de Enero de 2011, de http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Mathematicians/Kronecker.html

[1] Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), pedagogo suizo

Thomas, G. (2006). *Cálculo. Varias Variables* (Undécima ed.). México: Pearson Educación.

Woods, D. (2000). An evidence-based strategy for problem solving. *Journal of Engeneering Education , 89*, 443-459.

Woods, D., Hrymak, A., Marshall, R., Wood, P., Crowe, C., Hoffman, T., y otros. (1997). Developing problem-solving skills. *Journal of Engeneering Education , 86* (2), 75-91.

Woods, D., Rugarcia, A., & Stice, J. (2000). Techniques to help students develop rpblem-solving, writing, teamwork, self-assessment, change-management and lifelong learning skills. *Chem. Engr. Education , 34* (2), 108-117.