

## LA ENSEÑANZA DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA

CIPRIANO CRUZ

Universidad Central de Venezuela / Universidad Metropolitana. Caracas. Venezuela  
cipriano.cruz@ucv.ve; ccruz@unimet.edu.ve

Recibido: octubre de 2008

Recibido en forma final revisado: enero de 2010

### RESUMEN

La Educación Matemática tiene como propósitos esenciales: (1) buscar explicaciones coherentes acerca de cómo las personas aprenden matemática, y, (2) generar propuestas de enseñanza-aprendizaje que resulten eficientes para satisfacer los propósitos declarados en el currículum. En este trabajo se argumenta como deben tomarse en cuenta ciertos fundamentos de la educación matemática, para centrar el diseño de experiencias didácticas que se orienten hacia la formación de los estudiantes de carreras de ingeniería en el manejo contextual de la modelación matemática, actividad vista no sólo como un proceso de trabajo bidireccional entre situaciones contextuales y la estructura de contenidos de la matemática, sino también como la orientación de la enseñanza hacia el desarrollo de destrezas del estudiante necesarias para obtener una primera aproximación al “método del diseño”, entendido éste como la forma de trabajo habitual de un profesional de la ingeniería. Se abordan aspectos conceptuales tales como: modelación matemática, contextualización y diseño en ingeniería, asuntos relacionales entre dichos conceptos y se hacen algunas reflexiones y ciertas propuestas procedimentales en relación con el diseño de experiencias didácticas que tomen en cuenta, los contenidos, el desarrollo del pensamiento matemático y el desarrollo del pensamiento estratégico orientados hacia el uso del diseño, vía la modelación matemática.

*Palabras clave:* Modelación matemática, Educación matemática de ingenieros, Diseño en ingeniería, Pensamiento matemático, Pensamiento estratégico.

### TEACHING MATHMODELLING IN ENGINEERING

#### ABSTRACT

The essential goals of Mathematical Education are: (1) find coherent explanations on how people learn maths, and (2) generate efficient teaching-learning proposals to satisfy the goals stated in the curriculum. This article addresses the way to consider various fundamentals in maths teaching. The idea is to focus the design of teaching experiences aimed at developing engineering students in contextual mathmodelling. This is regarded not only as a process of bidirectional work among contextual activities and mathematics content structures, but also towards the development of the student's necessary skills to obtain a first approximation to the “design method,” understood as the habitual work of an engineer. Conceptual aspects such as mathmodelling, contextualization, and design in engineering, and relation issues among these concepts are taken into account. The study presents some analysis and various procedures related to the design of teaching experiences that take into account contents, development of mathematical and strategic thinking, both oriented to the use of the mathmodelling design.

*Keywords:* Mathmodelling, Maths teaching for engineers, Design in engineering, Mathematical thinking, Strategic thinking.

#### INTRODUCCIÓN

La Matemática es una de las ciencias básicas que ocupan un lugar relevante en el diseño curricular de la carrera de ingeniería, en cualquiera de sus especialidades o menciones. Dos son las razones fundamentales que se dan para justificar la necesidad de asignar a esta disciplina un espacio

importante en la formación de ingenieros: (a) por una parte se encuentra el conjunto de competencias intelectuales que se desarrollan al estudiar contenidos matemáticos (observación, análisis, comparación, síntesis, etc.) y (b) por otra, el hecho de constituir un poderoso lenguaje de comunicación de conocimientos de otras ramas que se usan en la formulación de situaciones ligadas a los llamados “problemas de

la ingeniería” (física, química, mecánica, electricidad, sistemas, etc.).

En los lugares en los cuales se forman ingenieros tradicionalmente se ha sostenido que debe enseñarse Matemática Aplicada, expresión que pretende llamar la atención sobre qué es lo más importante de la Matemática que constituye una herramienta útil para resolver los problemas de la ingeniería. Considerando el desarrollo actual del conocimiento y la amplitud y variabilidad de situaciones contextuales en las cuales se necesita actuar a través del método ingenieril (que incluye las competencias intelectuales ya señaladas, reunidas en la práctica del diseño), no es sencillo determinar cuáles son exactamente aquellos contenidos de la Matemática que deben enseñarse en los estudios de ingeniería y, lo que es tan o más importante que los contenidos, cuál debe ser la forma en que dichos contenidos deben ser procesados para que el estudiante vaya incorporando a su formación las competencias que caracterizan el estilo del quehacer profesional de un ingeniero.

En este artículo se plantea la modelación matemática no como un simple algoritmo elemental (Arcos, 2000), sino como un centro de interés didáctico que permite establecer importantes relaciones entre situaciones contextuales (Mendible & Ortiz, 2003-2007), la formación de competencias necesarias para el uso del método del diseño en ingeniería (Krick, 1995) y el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento estratégico (Cruz, 2006), que deben estar presentes en el diseño de experiencias de enseñanza-aprendizaje dirigidas a la formación de ingenieros.

### LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

Para efectos de esta presentación, la modelación matemática se entiende como un proceso intelectual en el cual se dispone de:

1. Una situación-problema dada en un contexto, generalmente de realizaciones prácticas, en la cual se requiere obtener una meta, respuesta o decisión acerca de cómo se deberá proceder o cómo se deberá usar un recurso para obtener el mejor resultado entre una variedad de ellos.
2. La formulación de la situación-problema del mundo real en términos matemáticos, generalmente a través de ecuaciones o relaciones entre variables que describen la situación dada (esto es, la construcción del modelo matemático en sí).
3. La solución y análisis del problema matemático obtenido.

4. La interpretación de los resultados matemáticos vistos en el contexto de la situación real original (por ejemplo, verificar si ella se corresponde con la pregunta originalmente propuesta o implícita en la situación-problema original).

Un esquema sencillo de modelación matemática elemental puede ser el siguiente (Arcos, 2000) (figura 1):

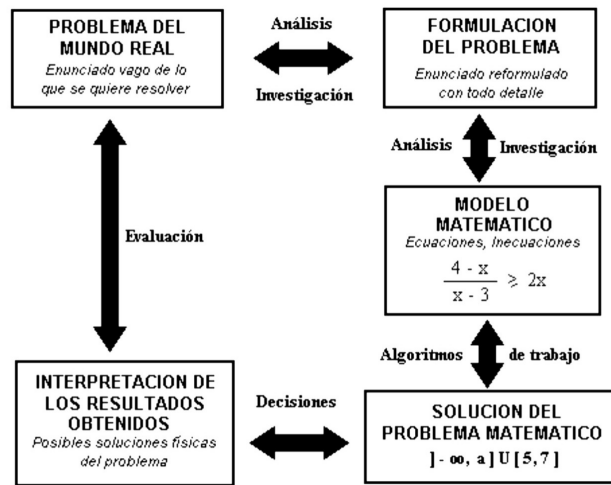
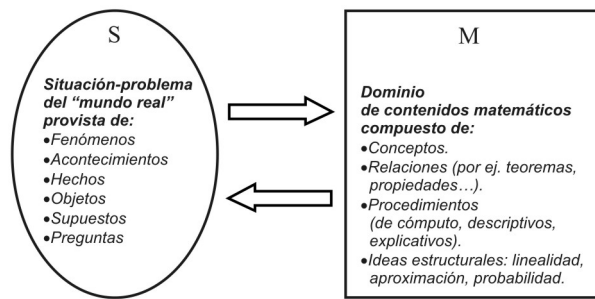


Figura 1. El proceso de modelación matemática elemental.

Para ubicarse de manera simplificada en las dificultades inherentes al proceso de modelación, éste puede ponerse en comparación con otros más sencillos de la matemática, y a los cuáles él incluye, como son: (a) los procesos de cómputo (contar, calcular, establecer secuencias numéricas, establecer relaciones de orden usando los números...), (b) los procesos descriptivos (caracterizar objetos por algunas de sus propiedades, clasificar, categorizar, etc.) y, (c) los procesos explicativos (demostrar, validar argumentos, estructurar, optimizar, etc.), y proponer que la modelación pertenece a un dominio extra-matemático, pues requiere no sólo del manejo conceptual y relacional propios de la estructura matemática, sino de procedimientos propios del pensamiento estratégico como son: la visualización en variadas formas de representación de una información, la apreciación de invariantes y variables y la selección de formas de asociación compatibles (establecimiento de analogías) con el inventario de recursos y condiciones que define la situación en estudio.

Otra forma de visualizar el proceso de modelación es a través del establecimiento de un conjunto de asociaciones bidireccionales o puentes entre una situación-problema del mundo real S, y un cierto dominio de contenidos matemáticos M, tal como se muestra a continuación (figura 2):



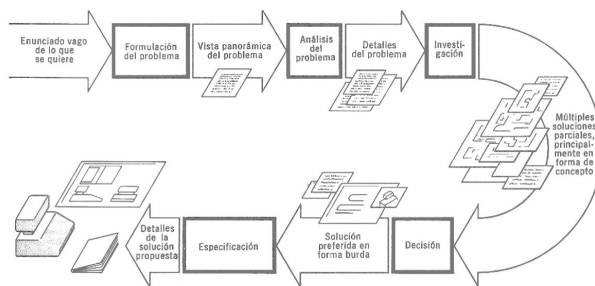
**Figura 2.** La modelación matemática como proceso de asociaciones.

Si uno de los argumentos esenciales para defender la incorporación de la matemática en el currículo de los futuros ingenieros es que “ella constituye un modelo para variadas aplicaciones”, es obvia la siguiente conclusión: el proceso de modelación matemática debe enseñarse y practicarse desde los primeros niveles de estudio en las carreras de ingeniería.

## EL DISEÑO EN INGENIERÍA

El diseño en ingeniería no es un producto acabado sino una metodología que se apoya en el conocimiento, la inventiva, la creatividad y la toma de conciencia del concepto de urgencia, para visualizar un problema real, formularlo en términos técnicos, explorar posibles soluciones, evaluar alternativas, proponer una o más formas o vías de solución, evaluar los procesos posibles que se necesite usar y sus correspondientes resultados, seleccionar una de las mejores soluciones con base en un conjunto de criterios, ejecutar las acciones necesarias para llevar a cabo una propuesta particular y evaluar el proceso y los resultados de todas y cada una de las acciones, realizando permanentemente ajustes y correctivos y emitiendo juicios y recomendaciones que se apoyen en hechos, preferentemente cuantificables.

Para Krick (1995), el diseño en ingeniería es un proceso de cinco fases con entradas y salidas tal como se sintetiza en el siguiente diagrama (figura 3):



**Figura 3.** El proceso de diseño en Ingeniería.  
Fuente: Krick (1995).

El enunciado vago es la situación-problema tal como se encuentra en el “mundo S”, la formulación del problema es, como primera fase y en sentido amplio, el establecimiento del estado inicial o inventario de recursos disponibles y de la meta o estado final que se desea alcanzar, valiéndose de palabras, esquemas o diagramas que aclaren lo que se tiene y lo que se desea.

La visión panorámica ya es una asociación bidireccional entre los dominios S y M, pues debe contener las formas de representación típicas de ellos y la toma de conciencia del ingeniero de que, “para el caso en estudio”, la matemática es la herramienta más apropiada para la búsqueda de posibles soluciones.

La segunda fase o análisis contiene la incorporación de las condiciones y restricciones que señalan la estructura de relaciones entre las constantes y variables que se han detectado, así como también los criterios que ayudan al manejo de estas relaciones.

Los detalles del problema se refieren tanto a los elementos del dominio S como del dominio M y a la consistencia que debe existir entre ellos.

La tercera fase o de investigación puede requerir de un estudio más profundo acerca de los elementos tanto de S como de M o de la búsqueda de variantes posibles en las cuales se estima necesario descartar datos o agregar algunos no conocidos. En esta fase juegan un rol fundamental las tres ideas básicas de la matemática: linealidad, aproximación y probabilidad.

La producción de soluciones requiere, no sólo competencias técnicas, sino creatividad y disposición.

En la cuarta fase o de decisión aparecen cuestiones ligadas a la optimización (razón costo-beneficio, predicción de un costo o un tiempo,...) y a la consideración y cumplimiento de criterios para decidir.

La solución preferida deberá satisfacer criterios de sencillez, economía, factibilidad u otros.

La quinta fase o de especificación contiene la solución que se recomienda y que se está en condiciones de defender tanto desde un punto de vista técnico como de sentido común.

Los detalles de la solución deben estar en el mismo lenguaje en el cual se presentó la situación problema original y, en consecuencia, pertenecen esencialmente al dominio S.

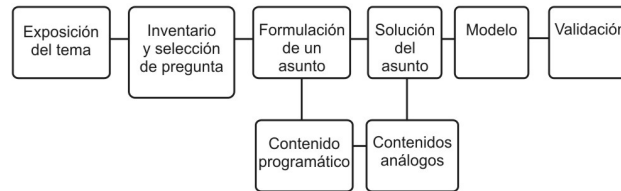
## EL CONTEXTO DE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA PARA FUTUROS INGENIEROS

A cualquier institución educativa le corresponde el rol de diseñar, planificar, supervisar y evaluar permanentemente tanto las políticas como los planes y programas de formación de ingenieros, buscando la coherencia entre su misión, visión, valores, planes de desarrollo y políticas públicas de desarrollo nacional y regional. El estudio de las ventajas comparativas, competitivas y compartidas de la institución debe estar en manos de sus mejores talentos, a quienes les corresponde diseñar propuestas de acción que, al menos, sean: (a) legítimas (aceptadas por su comunidad), (b) factibles (de desarrollo posible en función de los recursos disponibles), (c) pertinentes (en concordancia con las necesidades de desarrollo de las comunidades), y (d) de calidad (las exigencias académicas deben estar en correspondencia con las exigencias previstas en los sistemas nacionales de acreditación de estudios).

La institución debe disponer de un conjunto coherente de políticas que, desde el ingreso del estudiante hasta su seguimiento como graduado, garanticen el mejor aprovechamiento de recursos y talentos. En las circunstancias actuales los problemas esenciales siguen siendo: (i) cómo incorporar a los primeros niveles de estudios a las personas mejor dotadas de conocimientos y motivaciones para el estudio de una carrera profesional, (ii) la disponibilidad de enfoques y materiales contextualizados para una enseñanza que contemple las aplicaciones como un centro de interés, (iii) la comunicación permanente entre docentes de los llamados “ciclo básico” y “ciclo profesional” de la enseñanza para acordar programas de trabajo conjunto y sistemas de evaluación que conduzcan al estudiante, desde su ingreso a la carrera hasta su egreso, hacia el trabajo intelectual que deberá realizar cuando ejerza como profesional, (iv) la permanencia en el trabajo docente cotidiano de una vieja creencia de que para entrarle a ciertos problemas prácticos se requiere disponer primero de buenos fundamentos teóricos.

Abordar cada uno de estos problemas no es una tarea sencilla, y por lo tanto retardadora. Sólo haremos referencia al problema señalado en cuarto lugar, pues creemos hay experiencias exitosas que han demostrado que dicho mito puede romperse y, además, creemos que a través de réplicas de estas experiencias y tomando en cuenta nuestro contexto, es posible dotar a la enseñanza de ejemplos motivadores y formadores en el proceso de modelación.

Biembengut (1998), afronta la modelación y sus implicaciones en la enseñanza de la matemática en ingeniería, haciendo una propuesta metodológica que se esquematiza y aplica a continuación (figura 4):



Fuente: Biembengut (1998). Traducción: propia

**Figura 4.** Un esquema para trabajar en la enseñanza de la modelación.

En la primera etapa el docente hace una exposición del tema para que los estudiantes se concentren en la temática que se tratará.

En la segunda etapa se realiza, con la participación de los estudiantes, un inventario de preguntas que derivan del asunto propuesto, seleccionando aquellas que se consideren más adecuadas para el desarrollo del contenido programático que se tratará.

El profesor, en la tercera etapa, formula el asunto central, tomando en cuenta la intención de llegar a través de él al contenido que se contempla en el programa de enseñanza. Conjuntamente con ello, motiva la búsqueda de posibles respuestas que lleven a las metas propuestas y a la necesidad de estructurar contenidos que sustenten dichas respuestas.

En la cuarta etapa se desarrolla el contenido matemático, en el momento adecuado y de tal manera que no se pierda de vista el asunto central que motivó la necesidad del contenido.

La presentación del contenido debe enriquecerse, en la quinta etapa, con ejemplos análogos, de manera que el estudiante no restrinja su visión al ejemplo inicial propuesto, visualizando así que es lo común y relevante de los ejemplos y cuáles son sus posibles debilidades en el manejo de los contenidos.

La sexta etapa es un regreso a la situación central que generó el proceso, presentando una solución, y permitiendo así apreciar lo importante que es la matemática como herramienta de modelación, y como ayuda en la obtención de respuestas para el asunto que se está tratando.

En la séptima etapa se debe, por una parte, consolidar el modelo matemático usado y, por otra, dejarlo suficientemente “abierto” como para que no se piense que es exclusivo de la situación particular que lo generó.

La validación, u octava etapa, debe permitir al grupo no sólo apreciar la importancia del modelo sino también el análisis detallado de cuáles son las razones que sostienen su utilidad y su fortaleza.

Los siguientes ejemplos, descritos de manera muy sucinta, pueden ayudar a comprender la aplicación de la metodología.

*Un problema de contaminación.*

Las industrias químicas descargan sobre los ríos residuos con componentes esencialmente ácidos, sin embargo las industrias textiles descargan residuos con componentes esencialmente básicos. Como los residuos ácidos y básicos se neutralizan entre sí, es posible establecer, según las cantidades de residuos producidas por ambos tipos de empresas, los equilibrios y desequilibrios producidos por estos dos tipos de industrias cuando descargan sus residuos sobre un mismo río.

**Tabla 1.** Esquema de Biembengut (1998), para el problema de contaminación.

Etapas	Preguntas, acciones, datos adicionales, resultados posibles, variantes...
1: exposición	Presentación del asunto. ¿Se conoce el problema y su importancia? ¿Por qué resulta interesante? En un caso particular, una industria química descarga 500 L/h de un líquido ácido, en tanto que una industria textil descarga 200 L/h de un líquido básico. La primera de ellas trabaja sin interrupciones (24 horas diarias) y la segunda sólo en dos turnos de 6 horas.
2: inventario	¿Qué preguntas pueden formularse en relación con este asunto? ¿Qué preguntas son de “carácter cuantitativo”? ¿Qué cantidades son constantes?, ¿Qué variables hay en esta situación?, ¿Es posible vincular constantes y variables?, ¿Qué conceptos físicos están presentes?, ¿Qué conceptos matemáticos están presentes?
3: formulación	Determinar relaciones vinculantes entre: (a) las descargas de líquido de cada industria después de n días, (b) las descargas totales, (c) los desequilibrios contenido ácido-básico, (d) las variaciones a las preguntas anteriores de acuerdo a los diferentes momentos en que se hacen las mediciones, (e) las variaciones a las preguntas anteriores si se cambian datos, por ejemplo una de las industrias tiene tiempo de funcionamiento cuando la otra comienza, las proporciones de “neutralización” ácido base no son 1 a 1 sino 1 a 2, 2 a 1, etc.
4: Contenido	Funciones afines
5: Ejs. análogos	Problemas del tipo depredador-depredado, desarrollo y neutralización de un virus, precios producción-venta,...
6: Solución	Modelo de la función afín con regla de correspondencia $f(x)=mx+n$ , significado práctico de las constantes m y n, del dominio de la variable x y del “recorrido de la variable $y=f(x)$ ”
7: Modelo	Modelo de la función afín con regla de correspondencia $f(x)=mx+n$ significado teórico (algebraico, geométrico) de las constantes m y n, del dominio de la variable x, del “recorrido de la variable $y=f(x)$ ”.
8: Validación	¿Por qué el modelo da respuesta eficiente? ¿Por qué el modelo sobrepasa los requerimientos de la situación? ¿Es el modelo “inmutable” en el tiempo? ¿Qué significan en la realidad y en el modelo asuntos como la saturación? ¿Qué se predice a partir del modelo acerca de equilibrios y desequilibrios?....

Las posadas de turismo cobran precios variables, según las llamadas “temporadas altas” o “temporadas bajas” y, por otra parte la variación de sus precios depende de los “datos” que pasen unos clientes a otros y, por supuesto de la competencia con otras posadas del sector.

**Tabla 2.** Esquema de Biembengut (1998), para el problema de los precios en las posadas de turismo.

Etapas	Preguntas, acciones, datos adicionales, resultados posibles, variantes...
1: exposición	Presentación del asunto. ¿Se conoce el problema y su importancia? ¿Por qué resulta interesante? En un caso particular, una posada, con 60 apartamentos cobra Bs F 240 diarios por el alquiler de una de sus habitaciones. Su administrador ha observado que por cada Bs. F 20 de aumento del alquiler dos habitaciones se desocupan. El costo de mantenimiento de una habitación desocupada es de Bs. F 24 diarios. ¿Cuánto debería cobrarse por el alquiler de cada habitación para optimizar las ganancias?
2: inventario	¿Qué preguntas pueden formularse en relación con este asunto? ¿Qué preguntas son de “carácter cuantitativo”? ¿Qué cantidades son constantes? ¿Qué variables hay en esta situación? ¿Es posible vincular constantes y variables? ¿Qué conceptos económicos están presentes? ¿Qué conceptos matemáticos están presentes?
3: formulación	Determinar relaciones vinculantes entre: (a) los precios que se cobran y los gastos, (b) lo que se recibe, lo que se paga y lo que queda de ganancia, (c) las posibles pérdidas, (d) las variaciones a las preguntas anteriores de acuerdo a los diferentes momentos en que se hacen las mediciones (temporadas “altas”, temporadas “bajas”, (e) las variaciones a las preguntas anteriores si se cambian datos, ya sea en los precios que se cobran o en los gastos de mantenimiento,...
4: Contenido	Funciones cuadráticas
5: Ejs. análogos	Problemas del tipo construcciones de cercas a costo mínimo, ubicación de construcciones en posiciones relativas con respecto a un centro de operaciones...
6: Solución	Modelo de la función cuadrática con regla de correspondencia $f(x)=ax^2+bx+c$ , significado práctico de las constantes a, b y c, del dominio de la variable x y del “recorrido de la variable $y=f(x)$ ”
7: Modelo	Modelo de la función cuadrática con regla de correspondencia $f(x)=ax^2+bx+c$ significado teórico (algebraico, geométrico) de las constantes a, b y x, del dominio de la variable x, del “recorrido de la variable $y=f(x)$ ”.
8: Validación	¿Por qué el modelo da respuesta eficiente? ¿Por qué el modelo sobrepasa los requerimientos de la situación? ¿Es el modelo “inmutable” en el tiempo? ¿Qué significan en la realidad y en el modelo asuntos como “precio óptimo”, “ganancia óptima”? ¿Qué predice el modelo acerca de precios, pérdidas y ganancias?....

## RELACIONES ENTRE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA PARA FUTUROS INGENIEROS Y LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

Aceptando por una parte que: las funciones y tareas que desempeña un ingeniero se pueden visualizar en áreas tan diversas como: (1) Diseño y construcción de obras civiles (vías de comunicación, obras hidráulicas, obras sanitarias, puertos, aeropuertos, edificaciones de diversa naturaleza, remodelaciones y, en general, construcción y ambientación “tecnologizada” de espacios para las múltiples actividades que los seres humanos realizan). (2) Diseño y construcción de plantas e instalaciones industriales. (3) Prospección, explotación y refinación de productos provenientes de fuentes energéticas. (4) Comercialización de productos tecnológicos de orígenes y estados de elaboración muy diversos. (5) Instalación y mantenimiento de maquinarias y equipos de variadas clases. (6) Proyectos y supervisión del funcionamiento de sistemas. (7) Participación en equipos multidisciplinarios para proponer soluciones a variados problemas de administración o tecnológicos. (8) Gerencia en organizaciones públicas y privadas. (9) Docencia en su especialidad o en áreas relacionadas con ella. (10) Desarrollo e investigación en diversas ramas de la tecnología y en el estudio de los efectos de la adopción y adaptación de nuevos equipos y sistemas (Cruz, 2004).

Y por otra que el “método esencial de trabajo es el diseño” (Krick, 1995), parece natural orientar las acciones que se realizan en la educación matemática de los alumnos de ingeniería hacia: (1) Abordar a través de la modelación matemática situaciones contextuales. (2) Proponer situaciones en las cuales estén presentes necesidades tales como: averiguar y ordenar datos, realizar mediciones, distinguir constantes y variables, seleccionar opciones de trabajo, formular hipótesis. (3) Aplicar la matemática para explicar fenómenos, para hacer predicciones, para tomar decisiones, validar propuestas y elaborar criterios de comparación.

La modelación matemática, vista en los términos que aquí se ha planteado, es un proceso que se relaciona directamente con el diseño en ingeniería pues exige el desarrollo de competencias para: a) Visualizar en paralelo y bidireccionalmente lo contextual y su formulación en términos de un dominio matemático adecuado a la situación. (b) Confrontar situaciones reales, de manera individual y colectiva, que deben ser comunicadas con diferentes modalidades de representación (el lenguaje natural, el lenguaje matemático). (c) Apreciar el conocimiento matemático como útil, pertinente, con significado y con posibilidades de ser reconstruido, atendiendo a las necesidades del evento en el cual se está trabajando. (d) Validar los modelos y las soluciones atendiendo tanto a la teoría como a la situación contextual,

y, por otra parte: como dicen Biembengut & Hein (citados por Mendible & Ortiz, 2003-2007): La idea de muchos defensores de la modelación en la enseñanza es la de que cada alumno pueda elegir un tema de algún área de su interés, para hacer una investigación al respecto, proponer cuestiones y, bajo la orientación del profesor elaborar un modelo matemático. En estos términos, el alumno pasa a ser (co) responsable de su aprendizaje y el profesor un orientador.

Desde luego, sólo con el trabajo sistemático en la práctica y el uso de la modelación en todas las etapas de la educación de los futuros ingenieros se podrá lograr que ellos avancen, desde los primeros niveles, del simple reconocimiento de eventos contextuales y sus posibles modelos matemáticos, hasta los más complejos del trabajo independiente y del análisis crítico del uso de determinado modelo o la necesidad de crear otros fuera de los habituales en la literatura.

## EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

La incorporación de las nuevas tecnologías (TICs) en la vida cotidiana está impactando de tal manera nuestras formas habituales del quehacer, que es imprescindible reflexionar acerca de su influencia en el sistema educativo. Por ejemplo, se ha señalado que: la aparición de las computadoras amplió considerablemente la capacidad de establecer modelos matemáticos más sofisticados, gracias a la posibilidad de manejar mejor y en mayor cantidad las variables que intervienen en un problema de ingeniería. Esto, naturalmente, ha cambiado el rol del ingeniero al liberarlo de cálculos tediosos y rutinarios dejándole mayor tiempo disponible para concentrarse en el aspecto creativo. Es fácil observar la aplicación de las computadoras en todos los sectores industriales, técnicos y administrativos (cálculo de estructuras, automatización de líneas de producción, control automático de comunicaciones, negocios, administración de personal, asuntos gubernamentales, etc.), significando economías en tiempo y dinero y un desarrollo importante; pero, ninguna de estas ventajas habría sido posible sin el empleo de métodos matemáticos adecuados para desarrollar los respectivos programas de computación y la integración de datos y procedimientos. Cuando la utilización de computadoras se hace por la vía intuitiva y sin el uso de una visión apoyada en “el pensar matemáticamente” las reducciones de costos son prácticamente inexistentes. (Cruz, 2004).

Algunas de las consideraciones generales que apoyan la incorporación de las nuevas tecnologías en la educación son: (a) su impacto motivacional en los estudiantes, (b) la posibilidad de manejar con rapidez y precisión grandes cantidades de información, (c) liberación de tiempo de ejecución de tareas rutinarias y repetitivas, (d) variabilidad

en la representación de situaciones, (e) exploración experimental de conjeturas en tiempos breves.

Desde el punto de vista de la modelación, el uso de las nuevas tecnologías puede ayudar de manera directa en tareas tales como: (a) someter los modelos a “pruebas” de coherencia con respecto a lo contextual, (b) obtener diferentes modalidades de representación y experimentación, (c) establecer interpolaciones y extrapolaciones que lo contextual no provee, (d) confrontar diferentes opciones propuestas por individuos o por grupos en busca del establecimiento de criterios de efectividad y eficiencia.

Pero se debe ser muy cuidadoso en el uso de las TICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje, pues su sobrevaloración o la excesiva confianza en su poder motivacional, puede llevar a distorsiones en la formación del estudiante o a la creación de falsas explicaciones por las cuales no se abordan ciertas tareas, tales como: “sin el computador es imposible que...” o “si no dispongo de un computador nada puedo hacer porque...”

La recomendación obvia es que el docente sigue siendo quien debe planificar, orientar y supervisar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la selección de contenidos, situaciones, métodos, medios, materiales y sistemas de evaluación mediante los cuales se pretende alcanzar la formación curricularmente declarada por la institución respectiva.

## **LOS NUEVOS RETOS DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA DE FUTUROS INGENIEROS**

Desde el ámbito de trabajo de la educación matemática, en sus dos propósitos o vertientes fundamentales: (1) buscar explicaciones coherentes acerca de cómo las personas aprenden matemática, y, (2) generar propuestas de enseñanza-aprendizaje que resulten eficientes para satisfacer los propósitos declarados en el currículum, hay numerosos retos que pueden visualizarse tanto desde las perspectivas institucionales como individuales.

Desde la perspectiva institucional cabe plantearse asuntos que están en el tapete de la discusión de este momento tales como: (a) la necesidad de acortar las carreras en su tiempo de duración para una incorporación temprana de los nuevos profesionales al mundo laboral; (b) la derivación hacia el postgrado de ciertos conocimientos especializados; (c) la definición de los “perfiles profesionales” en términos de competencias; (d) la pertinencia social de la universidad y de los profesionales que está preparando; (e) la homologación de los estudios de ingeniería a niveles nacionales e internacionales.

Los esfuerzos que se realicen para abordar estas situaciones impactan directamente los diseños curriculares y, particularmente, la selección de contenidos y enfoques que permitan optimizar el siempre escaso tiempo disponible para las tareas de investigación, docencia y extensión universitaria cada día más exigentes.

Los docentes están frente a los nuevos retos que, en cierto sentido, dejan de lado los roles tradicionales: monopolizador del saber, trasmisor de conocimientos, controlador del trabajo de los estudiantes y único organizador del currículo, y los sustituyen o superponen con los de: diagnosticador, especialista en recursos, clarificador de valores, investigador, promotor de la investigación contextualizada y organizador de equipos de producción.

Las grandes interrogantes siguen siendo las más antiguas de todas las que rodean el “acto pedagógico”: ¿cómo lograr que los estudiantes aprecien el valor del conocimiento y se comprometan en su aprendizaje, más allá del resultado inmediatista de “aprobar la asignatura”, el cual sólo promueve la memorización de algunos conocimientos fragmentados y de “reglas” de corto alcance?, ¿cómo evaluar los aprendizajes para que los juicios que se emitan certifiquen que los alumnos han recibido la formación y han desarrollado las competencias esperadas, que son de más largo alcance?

Creemos que está fuera de discusión, la necesidad que la educación matemática de los futuros ingenieros sea: (a) tan sólida como las condiciones institucionales lo permitan; (b) forjadora de personas competentes para resolver problemas; (c) formadora de personas creativas y con disposición para la investigación; (d) promotora de individuos con capacidad para el uso de instrumentos de apoyo (calculadoras, computadores) y (e) impulsora de personas con conciencia de la importancia del trabajo en equipo.

La evaluación de los aprendizajes no puede dissociarse del proceso de enseñanza-aprendizaje de manera que, entre otras consideraciones, según Biembengut (1998), debe: (a) inspirarse en un modelo que no sólo contemple los avances del estudiante, sino también permita redireccionar las tareas que se han planificado; (b) contemplar variados eventos objetivos (exámenes, pruebas, ejercicios, presentación de informes) y subjetivos (apreciación de la dedicación o disposición al trabajo encomendado); (c) considerar la autoevaluación y coevaluación como registros del comportamiento ante los retos y con indicadores específicos tales como: participación, responsabilidad, calidad de las intervenciones y presentaciones, pertinencia de los aportes, y consideraciones para la validación del trabajo realizado.

## CONCLUSIONES

Si se adopta como enfoque central de la enseñanza-aprendizaje una metodología que privilegie la modelación matemática:

¿Se estarán ofreciendo mejores condiciones motivacionales y de recursos para la formación de futuros ingenieros en el manejo del “método del diseño”?

¿Se logrará erradicar del sistema educativo la falsa antinomia “matemática pura v/s matemática aplicada”, pues no se trata de una división conceptual?

¿Se logrará así el desarrollo de competencias para que los estudiantes puedan actuar de manera crítica, creativa, autónoma y “proactiva” frente al contexto?

¿Se logrará de esta manera una integración curricular que centre las actividades alrededor de una concepción “profesionalizante” desde los inicios de los estudios?

¿Ayudarán las necesidades que se generen por el rediseño de situaciones y materiales de enseñanza y de evaluación a buscar una mayor comunicación entre los docentes de los ciclos “básico” y “profesional”?

Es obvio que la investigación en matemática educativa, como ha sido demostrado por numerosas experiencias en diferentes contextos (que incluyen algunas realizadas o dirigidas por el autor de este trabajo en Universidades tales como Central de Venezuela, Experimental de Guayana, Pedagógica Experimental Libertador), puede ayudar a encontrar respuestas a éstas u otras interrogantes vinculadas a la modelación matemática y su enseñanza en carreras de Ingeniería.

## REFERENCIAS

ARCOS, R. (2000). Modelación Matemática Elemental. Notas didácticas para el curso Cálculo I: Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. s/n.

BIEMBENGUT, M.S. (1998). Modelagem Matemática e suas implicações no ensino de Matemática. Memorias III Congreso Iberoamericano de Educación Matemática. Caracas, Venezuela. pp. 1-13.

CRUZ, C. (2006). Desarrollo del Pensamiento Matemático y del Pensamiento Estratégico. Investigaciones sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas. Un reporte Iberoamericano. Clame: México. pp. 533-554.

CRUZ, C. (2004). Aportes de la Matemática en la Información, Capacitación y Formación del Ingeniero. Conferencia en Foros de Ciencia y Tecnología. Departa-

mento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional Experimental De Guayana. s/n.

KRICK, E.V. (1995). Introducción a la Ingeniería y al diseño en Ingeniería. Limusa: México. s/n.

MENDIBLE, A., ORTIZ, J. (2003-2007). Modelización Matemática en la formación de Ingenieros. La importancia del contexto. Enseñanza de la Matemática. Vols. 12 al 16 N° Extraordinario 2003-2007, pp. 133-150.