

EL TIPO DE MATEMÁTICAS QUE DEBEN SER ENSEÑADAS Y APRENDIDAS POR LOS FUTUROS INGENIEROS

Ruth Rodríguez, Bertha Ivonne Sánchez, Ismael Arcos, Hipólito Hernández, Alberto Camacho, Atenea De la Cruz, Fernando Cajas

Tecnológico de Monterrey, Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Chiapas, Instituto Tecnológico de Chihuahua II. México. Universidad de San Carlos de Guatemala. ruthrdz@itesm.mx, ivonnesanchez10@yahoo.com, ismael_arcos@msn.com, politico_hernandez@hotmail.com, ateneadr@hotmail.com, camachoalberto@hotmail.com, fcajas@usac.edu.gt

RESUMEN: El objetivo del grupo es reflexionar sobre la enseñanza de la matemática en escuelas de formación de ingenieros. Se presentan parte de las discusiones que se generaron durante la presentación en la Relme 30 en Monterrey, México, enfocadas a la matemática que se enseña y la que debiera enseñarse en las escuelas de ingeniería.

Palabras clave: formación de ingenieros, matemática educativa, modelación matemática

ABSTRACT: The aim of this group is to reflect on the teaching of mathematics in engineer training schools. Some of the discussions that were generated during the presentation at the 30th RELME in Monterrey, Mexico, are presented, focused on the mathematics being taught and the one that should be taught in engineering schools.

Key words: training of engineers, educational mathematics, mathematical modeling

■ Introducción

Uno de las 5 preguntas directrices de este grupo de discusión es justamente el cuestionarse sobre la Matemática que debiera ser enseñada y aprendida por los estudiantes de ingeniería en formación. Si bien es cierto que hasta hace algunos años la enseñanza de Cálculo principalmente estaba en base a un discurso matemático escolar de los libros de texto “clásicos” (o más utilizados en las universidades), desde hace aproximadamente dos décadas la enseñanza de las Matemáticas, y del Cálculo en particular, ha sido cada vez enfatizando el carácter funcional de los conceptos matemáticos ahí estudiados (Zaldívar, Cen Chen, Briseño, Méndez & Cordero, 2015); es decir, mostrando cada vez el uso y aplicaciones de estos conceptos con problemáticas de la vida real y/o del “cotidiano” profesional de los estudiantes una vez que estén en situación laboral.

■ Marcos de referencia para la educación matemática de los ingenieros

Sólo recientemente se comienza a reconocer que, en el estudio de la problemática referente a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en el nivel superior, un factor muy importante a tomar en cuenta lo constituyen las necesidades específicas que de la disciplina tendrán los egresados de un determinado programa educativo, en nuestro caso, de ingeniería. Por tal razón resulta indispensable analizar las indicaciones y propuestas que se producen en los ámbitos nacional o internacional, con respecto a esta problemática.

A continuación se mencionan algunos documentos en los que podemos encontrar indicaciones sobre la educación en general, sobre la formación escolar de ingenieros y sobre la formación matemática de los ingenieros.

Comencemos, pues, haciendo referencia a uno de los varios documentos que la UNESCO ha emitido para hacer recomendaciones sobre la educación en este siglo. Se trata de Educación de Calidad para Todos: un asunto de derechos humanos (UNESCO, 2007), en donde se llama la atención sobre la necesidad de considerar la educación en las escuelas como un asunto mucho más amplio que sólo transmitir conocimientos. En el resumen ejecutivo del documento encontramos lo siguiente:

La selección de los aprendizajes más relevantes adquiere especial significación en la actual sociedad del conocimiento, donde los contenidos se duplican a gran velocidad y muchos pierden vigencia rápidamente. La sobrecarga de los currículos actuales hace necesario decidir de manera urgente cuáles son los aprendizajes más relevantes que han de formar parte de la educación escolar. [...]. Los cuatro pilares del informe Delors (1996) para el aprendizaje del siglo XXI, –aprender a conocer, a hacer, a ser y a vivir juntos– constituyen una referencia indispensable para establecer cuáles deben ser los aprendizajes básicos y más relevantes en la educación. (Delors, 1996).

Podemos identificar aquí, como una recomendación, la de disminuir considerablemente la lista de contenidos, que en el caso de los cursos de matemáticas en escuelas de ingeniería suelen ser tradicionalmente muy amplios. Al utilizar aprendizajes en lugar de contenidos se está llamando la

atención sobre la necesidad de considerar habilidades y valores, además de los conocimientos mismos, como se indica en los citados cuatro pilares del informe Delors.

En el caso de la educación universitaria, y en el ámbito latinoamericano, encontramos, en el informe final del Proyecto Tuning-América Latina (2004-2007), indicaciones precisas sobre cuestiones relevantes como las competencias genéricas para el nivel universitario (licenciatura), así como las competencias específicas para un determinado programa educativo, por ejemplo, el de ingeniería civil. También encontramos, para el caso de la ingeniería civil, indicaciones sobre enfoques de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

En cuanto a recomendaciones específicas sobre la formación matemática de los ingenieros, en el ámbito nacional encontramos las emanadas del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI). En la versión 2014 del marco de referencia para la acreditación de los programas de ingeniería (CACEI, 2014), encontramos lo siguiente:

El objetivo de los estudios en Matemáticas es contribuir a la formación del pensamiento lógico-deductivo del estudiante, proporcionar una herramienta heurística y un lenguaje que permita modelar los fenómenos de la naturaleza. Estos estudios estarán orientados al énfasis de los conceptos y principios matemáticos más que a los aspectos operativos. Deberán incluir Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales, además de temas de Probabilidad y Estadística, Álgebra Lineal, Análisis Numérico y Cálculo Avanzado. Los cursos de computación no se consideran dentro del grupo de materias de Ciencias Básicas y Matemáticas.

Así pues, podemos observar que el CACEI sigue identificando los conocimientos con los contenidos y agrupándolos en disciplinas que, implícitamente, sugieren agrupar los contenidos en esos cursos que han permanecido tradicionalmente en los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería.

Por otra parte, la Sociedad Europea para la Formación de Ingenieros (SEFI), en su Marco de Referencia para el Currículo Matemático en la Formación de Ingenieros (SEFI, 2013), establece un conjunto de recomendaciones más específicas respecto de la formación matemática de los ingenieros, considerando como un propósito fundamental de los cursos de matemáticas el de habilitar al estudiante en el aprendizaje y manejo de los conocimientos propios de las ciencias de ingeniería.

En este documento se da un conjunto de recomendaciones más detalladas y específicas. Primeramente, se propone una estructura de organización de los contenidos en niveles, correspondiendo el núcleo o nivel cero, a los prerequisites de ingreso, que serían los contenidos que se esperaría fueran impartidos en el bachillerato, el nivel uno a las competencias que deben adquirir todos los estudiantes de ingeniería, y que en consecuencia serían incluidos en cursos obligatorios, independientemente del área, el nivel dos, correspondiente a los contenidos que resultan de interés en áreas específicas de la ingeniería, y que por lo tanto serían incluidos en cursos optativos, y el nivel tres, que incluiría módulos específicos para alguna área en particular.

Por otra parte, se indican ocho competencias matemáticas básicas para los estudiantes de ingeniería, para cada una de las cuales se establece un nivel de dominio deseable: Reproducción, Conexión y reflexión. Las ocho competencias son: pensamiento matemático, razonamiento matemático, Resolución de problemas, modelación matemática, comunicación, representación, simbolización y formalismo y ayudas y herramientas.

Para cada nivel las competencias se agrupan en áreas y se describen indicando lo que “se espera que el alumno sea capaz de hacer, luego del aprendizaje del material correspondiente”, así, el nivel 1 se compone de cinco áreas: Análisis y Cálculo, Matemáticas Discretas, Geometría, Álgebra lineal, y Probabilidad y Estadística. En el área de Análisis y Cálculo, por ejemplo, la primera competencia indicada es: (*el alumno será capaz de*) definir y hacer un croquis de la gráfica de las funciones \sinh , \cosh y \tanh .

■ Vincular la matemática al contexto de la ingeniería: una necesidad

En las carreras de ingeniería sus objetivos son: analizar, diseñar, aplicar, diagnosticar o predecir fenómenos naturales y de contextos propios de la ingeniería para su solución. El Discurso Matemático Escolar, los programas de estudios de matemáticas están fraccionadas y descontextualizadas de la vida real y sin aplicación en su entorno social, así como, en los textos de ingeniería la matemática solo es usada como una herramienta y no para generar conocimiento matemático por sí mismo (Hernández, 2016).

En el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas es importante tener en cuenta los objetivos y las preguntas que nos hacen los estudiantes que cursan materias de matemáticas en una carrera de ingeniería, sobre el uso y aplicación de los contenidos que se está abordando en los cursos de matemáticas en turno. Sobre estos cuestionamientos es importante caracterizar la importancia de relacionar los contenidos de matemáticas y de las ingenierías, es decir, abordar los contextos de las ingenierías como señala Camarena (2012), con la finalidad de hacer que la matemática sea más funcional en las carreras de ingeniería.

Por lo tanto, debemos buscar alternativas o propuestas didácticas que apoyen a la relación de la matemática y los contenidos con las ingenierías; con la finalidad de obtener elementos de nuevas formas de aprendizaje de la matemática con el contexto de por medio, es decir, como mencionan Mendoza y Cordero (2014) en el sentido de hacer la matemática más funcional en la ingeniería y en la vida cotidiana. Pensamos que esta propuesta enriquece el aprendizaje de las matemáticas en las ingenierías.

En este sentido es pertinente abordar temáticas de: la modelación y graficación en el comportamiento de estructuras; potencial complejo; procesos de infiltración, variación de temperatura, impedancia compleja, campos de pendientes de ecuaciones diferenciales en circuitos eléctrico, producto escalar y

vectorial, teorema de continuidad, conservación de masa y procesos de reacción de energía enzimática por mencionar algunos.

Para fortalecer la relación entre los contenidos de los cursos de matemáticas y los contenidos de la ingeniería, se sugiere:

1. Caracterizar los procesos de aprendizaje que relacionen los conceptos, modelos, procedimientos matemáticos que se usan en los contextos de ingeniería: civil, mecánica, química, eléctrica y electrónica, etc.
2. Analizar que habilidades tienen los estudiantes en la modelación y resolución de problemas en contextos de las ingenierías.

Sin embargo, aún hay mucho por hacer. Creemos que la riqueza de los hallazgos previamente encontrados se mueven justamente a mostrar los aportes de:

- a) enfoques de enseñanza basados en la modelación de fenómenos reales (Camacho-Leon y Quishpe-Armas, 2015; Rattan & Klingbeil, 2015; Rodríguez y Quiroz, 2016);
- b) en la simulación de éstos tomando en cuenta otros factores de manera más amplia (Smith & Campbell, 2011; Rodríguez y Bourguet, 2015);
- c) sobre el aprender de las prácticas de los ingenieros en el mundo laboral y la manera en cómo llevar éstas a situaciones de aprendizaje en el aula (Covián y Romo-Vázquez, 2014; Camacho y Romo-Vázquez, 2015; Vázquez, Romo-Vázquez y Trigueros, 2016);
- d) en el aprendizaje basado en retos donde la parte de aprendizaje experiencia es central (Tecnológico de Monterrey, 2015).

■ Algunos riesgos de la modificación del currículo de Matemáticas para ingenieros

Es relevante notar el riesgo de trabajos de esta naturaleza son varios:

- a) La enseñanza de las Matemáticas a través de la modelación de fenómenos asume el pensar la modelación como una estrategia didáctica. Para ello, se ha previamente reportado la importancia de que el profesor a cargo de la clase conozca de manera importante no sólo los conocimientos puramente matemáticas sino algunas otros de naturaleza disciplinar (física, química, biología, otros) y además que conozca y desarrolle en sus alumnos algunas otros conocimientos transversales pero igualmente importante como lo son el uso de ciertas tecnologías (ejemplo: uso de sensores para la parte experimental en clase) y que pueda lidiar con los diversos argumentos y cuestionamientos que puedan surgir de los propios alumnos cuando se enfrentan a modelar problemas diversas y abiertos que corresponden no a una única disciplina sino a varias otras.

- b) En el caso de la simulación es algo bastante parecido y justamente el uso de tecnología muy específica propone que los profesores conozcan la herramienta que pretenden enseñar (caso de Smith & Campbell, 2011, sería el uso de Matlab/Simulink; el caso de Rodríguez & Bourguet, 2015, en el uso del software de modelación dinámica Vensim).
- c) Respecto a la introducción de nuevas prácticas (de modelación principalmente) en el aula de clase con la intención de que se promuevan desde etapas tempranas el uso específico de ciertas nociones matemáticas y se favorezca su significación en contextos muy específicos, creemos de gran valor estos procesos (Covián y Romo-Vázquez, 2014; Camacho y Romo-Vázquez, 2015; Vázquez, Romo-Vázquez y Trigueros, 2016). Sin embargo, tal como lo comenta Camacho (2014) es importante tomar precauciones sobre la introducción de una epistemología diferente de cada práctica profesional y la manera en que esta epistemología vive / convive con una epistemología más matemática que obedece a otros principios. Si bien es cierto que estas ideas de observar prácticas ingenieriles en el mundo laboral e intentar traerlas a situaciones escolares muy específicas es un buen avance; es importante tomar cuidado de cómo éstas pueden entrar en conflicto con las prácticas de aprendizaje usualmente promovidas en un contexto escolar tradicional.
- d) Finalmente, es importante mencionar la emergencia de “nuevas” técnicas didácticas que promueven el aprendizaje experiencia fuera de la clase para aprender conceptos matemáticos a través de su uso en situaciones específicas. Un reto que tiene este tipo de postura es el cómo dividir o diferenciar la técnica didáctica respecto a anteriores (como aprendizaje basado en problemas, ABP ó aprendizaje basado en proyectos, PBL por sus siglas en inglés) ya que la línea entre problema, proyecto y reto pareciera muy delgada y la diferencia parece radicar en la “amplitud” del reto y su vinculación con lo real.

■ A manera de reflexión

Lo anterior pretende mostrar un contraste entre diversos avances que se han hecho ya desde hace algunos años, desde la investigación educativa, para dar respuesta a ese nuevo currículo de Matemáticas que debiera ser enseñado a estudiantes de una carrera como ingeniería, donde la parte de aplicación de los conceptos aprendidos en la escuela es fundamental en problemas reales de su entorno (o de su futuro entorno). Lo que se señala en lo anterior es que cada avance supone retos o áreas de oportunidad para los propios alumnos pero sobre todo para los profesores que se encuentran día a día frente a grupo.

Si llegamos a caracterizar los marcos de referencias y establecer una propuesta didáctica en los programas de estudios de matemáticas o de ciencias básicas que relacionen los contenidos de matemáticas y de las ingenierías, es decir, abordar los contextos de las ingenierías, con la finalidad de hacer que la matemática sea más funcional en las carreras de ingeniería. Estaremos en condiciones

de responder los cuestionamientos que hacen los estudiantes acerca de la utilidad de las asignaturas de matemáticas en las carreras de ingeniería

En resumen, para trabajar en la problemática de la enseñanza de las matemáticas en escuelas de ingeniería, debemos partir de que esta presenta rasgos característicos que la distinguen de la que se presenta en otros programas educativos (particularmente los que tienen lugar en escuelas de ciencias), de manera que el pensamiento matemático esperado por parte del estudiante de ingeniería es necesariamente distinto, por ejemplo, al de aquel que estudia para ser un profesional de la matemática.

■ Referencias bibliográficas

- CACEI. (2014). Marco de Referencia para la Acreditación de los Programas de Ingeniería. Disponible en: http://cacei.org.mx/images/docs/29-ago-16/L-CACEI-DGE-01_marco_ref_ING_inst_2.pdf
- Camacho-Leon, S. & Quishpe-Armas, J. (2015). Electronics-based Calculus: A transposition pilot study. Proceedings of the 13th *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI): Enhancing Undergraduate Education 1-3*. Santo Domingo, Dominican Republic. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281098904_Electronics-based_Calculus_A_transposition_pilot_study
- Camacho, A. (2014). Tecnologías que justifican técnicas. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 27*, 2065-2074. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Camacho A. y Romo-Vázquez A. (2015). Déconstruction-construction d'un concept mathématique. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques: enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage -Actes du colloque EMF2015 - GT5*, pp. 443-453.
- Camarena, P. (2012). Epistemología de las impedancias complejas en ingeniería. *Revista Innovación Educativa 12(58)*.
- Covián, O. y Romo-Vázquez, A. (2014). Modelo Praxeológico Extendido una Herramienta para Analizar las Matemáticas en la Práctica: el caso de la vivienda Maya y levantamiento y trazo topográfico. *Boletim de Educação Matemática [en línea] 2014, 28 (Abril)*: [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2015] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291231123008> ISSN 0103-636X
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. París: Ediciones UNESCO.
- Hernández, H. (2016). *Una visión socioepistemológica de la matemátización del movimiento: del binomio de Newton a la serie de Taylor*. México: Editorial Kali
- Mendoza, J. & Cordero, F. (2014). Matemática funcional en una comunidad de conocimiento. Una situación de acumulación en la formación de ingenieros civiles. En Lestón, Patricia (Ed.), *Acta*

Latinoamericana de Matemática Educativa 27, 1557-1563. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

Proyecto Tuning-América Latina (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final*. España: Publicaciones de la Universidad de Deusto. Disponible en: http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com_docman&Itemid=191&task=view_category&catid=22&order=dmdate_published&ascdesc=DESC

Rattan, K. & Klingbeil, N. (2015). *Introductory Mathematics for Engineering Applications*. Hoboken: Wiley.

Rodríguez, R., y Bourguet, R. (2015). Building bridges between Mathematics and Engineering: Modeling practices identified through Differential Equations and Simulation. American Society of Engineering Education (ASEE) *Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Atlanta, Estados Unidos. Disponible en: <https://www.asee.org/public/conferences/56/papers/13153/view>

Rodríguez, R. y Quiroz, S. (2016). El rol de la experimentación en la modelación matemática. *Educación Matemática*. Disponible en: <http://www.revista-educacion-matematica.com>

SEFI. (2013). *Marco de Referencia para el Currículo Matemático en la Formación de Ingenieros*. Un reporte del Grupo de Trabajo de Matemáticas. Bruselas: SEFI. Disponible en <http://www.sefi.be/wp-content/uploads/Competency%20based%20curriculum%20incl%20ads.pdf>

Smith, C. y Campbell, S. (2011). *A first course in Differential Equations, Modeling and Simulation*. Boca Raton: CRC Press.

Tecnológico de Monterrey (2015). *Aprendizaje basado en Retos*. Reporte de Edutrends. Disponible en: <http://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr>

UNESCO. (2007). Educación de Calidad para Todos: un asunto de derechos humanos. *Documento de discusión sobre políticas en el marco de la II Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC)*. Chile. Disponible en: http://portal.unesco.org/geography/es/ev.php-URL_ID=7910&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

Vázquez, R.; Romo, A.; Romo-Vázquez, R.; y Trigueros, M. (2016). La separación ciega de fuentes: un puente entre el álgebra lineal y el análisis de señales. *Educación Matemática* 28(2), 31-57. Recuperado de <http://oai.redalyc.org/articulo.oa?id=40546500002>

Zaldívar, D., Cen Chen, C., Briseño, E., Méndez, M. & Cordero, F. (2015). El Espacio de Trabajo Matemático y la Situación Específica de la Matemática Funcional: Un Ejercicio de Diálogo. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 17(4), 417-436.