



FORMACIÓN DE PROFESIONALES DESDE LA MATEMÁTICA EDUCATIVA

Ruth Rodríguez Gallegos
Tecnológico de Monterrey. ruthrdz@itesm.mx

Bertha Ivonne Sánchez Luján
ITCdJ, TNM. ivonnesanchez10@yahoo.com

Ismael Arcos Quezada
UAEM. ismael_arcos@msn.com

Fernando Cajas
USC. fcajas@usac.edu.gt

Alberto Camacho Ríos
ITCHII, TNM. camachoriosalberto@gmail.com

Atenea de la Cruz
UNACH. ateneadr@hotmail.com

Olda Covián
CICATA-IPN

Resumen

Se presenta la postura de un grupo de formadores de ingenieros preocupados por la matemática que debe impartirse en el nivel superior y las implicaciones al currículo. Se hace un breve recorrido por la relación entre la matemática y la ingeniería, así como los principales referentes actuales, como son el Proyecto Tuning Latinoamérica y el informe Delors. Se presentan además casos de prácticas en ingeniería, lo que nos lleva a la conclusión de que la actividad del matemático educativo en las escuelas de ingeniería le permite participar tanto en el diseño de propuestas de planes de estudio de los cursos de matemáticas, como en la generación de espacios de aprendizaje, el diseño y elaboración de libros de texto y de diversas herramientas que permitan posicionar a la matemática como objeto de conocimiento y como herramienta de modelación en el aula de los futuros ingenieros.

Palabras clave: Enseñanza de las matemáticas. Formación de ingenieros. Modelación.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos a perseguir por el grupo es el iniciar la construcción de un campo de conocimiento latinoamericano de aprendizaje de la ingeniería. Hemos considerado que un primer elemento clave a considerar es el cuestionarse sobre el papel de la matemática en la formación de futuros ingenieros.

Si bien nuestro interés no se limita exclusivamente a ingenieros sino a profesionales en general y a la formación de técnicos, consideramos importante iniciar con el reconocimiento de la problemática que vive en la formación de ingenieros, durante la enseñanza de la matemática, de la problemática de la formación de ingenieros.

La estructura del escrito es la siguiente:

- Crítica a modelos de formación de ingenieros en América Latina
- la relación entre matemática educativa e ingeniería educativa, desde una visión tanto histórica como actual.

Revisión de algunos marcos de referencia (no exhaustivo) para dar una visión actual

- a) El caso del estudio de las prácticas del ingeniero desde la teoría TAD: un ejemplo
- b) La relación de los futuros profesionales técnicos

2. CRÍTICA A MODELOS DE FORMACIÓN DE INGENIEROS

De acuerdo a Cajas (2015) en América Latina, exceptuando Brasil, el modelo histórico de la construcción de la ingeniería es bastante parecido: un modelo estadounidense, muchas veces mal copiado, que ha construido una visión filosófica de ingeniería como ciencia aplicada que en su formato curricular le da una sobrevaloración a lo abstracto, desconectando la matemática (las ciencias básicas en general) de la práctica social de la ingeniería. En ese sentido, debemos develar las condiciones históricas que hicieron: 1) que a partir de 1960 emerjan copias de cadenas curriculares provenientes de USA principalmente (vienen también de Francia, Inglaterra y Alemania); 2) que a partir de finales del siglo pasado e inicios del presente nos veamos influenciados por una visión Europea que se concentra en la construcción de "competencias", la cual no ha sido adaptada al contexto nacional y/o latinoamericano (ver Proyecto Tuning de Alfa III, Unión Europea, Universidad de Alcalá. Fundación General, 2012).

Resaltar la importancia de un movimiento liberador, auténtico, que documenta procesos de aprendizaje de personas reales en comunidades reales, donde la ingeniería y la matemática son prácticas híbridas que se entrelazan con otras para mejorar las condiciones de vida de las personas y cuyo formato curricular debe superar los dogmas creados. En este sentido, el movimiento de la Escuela

Latinoamericana de Matemática Educativa es el ejemplo a seguir, enfocándose más en la práctica y menos en lo escolar.

2.1. Relación Matemática e Ingeniería

Pollak (2007), abordó esta cuestión en varios momentos de su trayectoria como matemático, por ejemplo: ¿cuándo los educadores matemáticos se interesaron lo suficiente y empezaron a poner especial atención en la enseñanza de las matemáticas? Hacia 1970 las inquietudes acerca de la enseñanza de la enseñanza de la modelación, a fin de demostrar la aplicación y dar sentido a las matemáticas, pudo generar un primer plan de estudios. A raíz de ello, propone que la modelación por sí misma debe estar contemplada en el currículo, de esta forma la modelación se abordó más seriamente que antes y se logró motivar a los niños y mantenerlos interesados. A pesar de ello, también consideró la idea de una sociedad sin matemáticas, surgiendo así preguntas como: ¿Cómo interactuar y conectarse con las matemáticas tradicionales? ¿Cómo conectar con la estadística y la ciencia y la informática? Siendo una de las preguntas relevantes: ¿Qué es una completa la educación matemática? y ¿cuáles son las cosas que debe ir cuando los niños están aprendiendo matemáticas?

2.2. Una visión general de los planes de estudio de las matemáticas en occidente y el este.

En ese trabajo también se expusieron cuestionamientos acerca del papel de las matemáticas en el currículo general (en un Plan de estudios), se expone que para el diseño del currículo de matemáticas existen diversos factores inmiscuidos. Pero además es relevante conocer ¿Cómo se ha determinado el plan de estudios de las matemáticas (centralizada o descentralizado)? ¿Existen diferencias culturales? Sin embargo, es importante señalar que a pesar de que las matemáticas ocupan un lugar central en el plan de estudios de casi todos los países el mundo, existen diferencias en la importancia de las matemáticas como asignatura escolar. Entre esas diferencias se encuentran: el número de horas dedicado al as matemáticas, las matemáticas son vistas como un servicio o un tema instrumental para el desarrollo de un ciudadano preparado (Leung, 2007).

Guthrie (2010) hace mención de la importancia de la educación y formación en la ingeniería ya que desde la mitad del siglo pasado esta disciplina se ha desarrollado tanto, que no puede separarse de la sociedad debido a sus fuertes necesidades. También hace recomendaciones acerca de cuál sería la

educación idónea en ingeniería, es decir, que los estudiantes se formen de acuerdo a su ambiente o contexto de trabajo.

Es así que el grupo busca explorar la relación entre la Matemática e Ingeniería, desde un análisis mediado por la noción de aprendizaje. Esto es, aprendizaje de la matemática en ingeniería, aprendizaje de la matemática desde ingeniería, aprendizaje de la ingeniería.

Se sabe que el contenido de las matemáticas en las carreras de la ingeniería es significativo. Aunque los conocimientos matemáticos son abordados en los niveles básico y medio superior, su enseñanza y aprendizaje en el nivel superior deviene complicado, impactando fuertemente en la formación de ingenieros civiles. Todo plan curricular, como lo hace evidente la revisión realizada por Cajas (2013), al observarse linealmente, los programas de ingeniería ubican a las matemáticas dentro de las ciencias básicas que preceden a las materias de las ciencias de la ingeniería y las materias profesionales (*Figura 1*). Esta importancia y dificultad de las matemáticas hace que alumnos, profesores y la sociedad en general, demanden cuestionamientos que tiene que ver más con el sentido utilitario que funcional (Cordero, 2008).

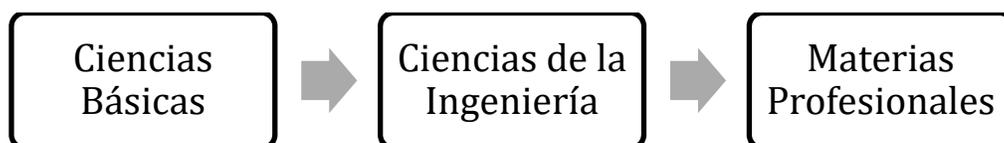


Figura 1. Programa lineal de ingeniería entendida como aplicación de la ciencia básica. Tomado de Cajas (2013)

3. REVISIÓN DE ALGUNOS MARCOS DE REFERENCIA / VISION ACTUAL

A nivel regional han surgido indicadores relacionados con los roles de la matemática en la formación de ingenieros. En estos se asume una notable resistencia a la innovación por parte de aquellos docentes que se formaron en sus estudios de licenciatura hace tres décadas. Es ante esto último que los proyectos que se desarrollen en nuestra disciplina, la Matemática Educativa, deben incluir elementos que motiven y sensibilicen la aceptación gradual de los mismos, por la mayoría de los profesores.

Otra cuestión importante es la necesidad de una revisión y adaptación reflexiva de los marcos de referencia con que se dispone y no asumirles como la panacea, que, por su posición de moda, cobijan nuestras propuestas, entre los cuales podemos mencionar los siguientes.

Informe Delors (1996). En *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, conocido simplemente como Informe Delors (1996), se llama la atención sobre la urgencia de disminuir las cuantiosas listas de contenidos de los cursos escolares, haciendo una debida selección de los mismos:

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 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.

Parece, sin embargo, que en nuestras universidades la educación sigue apoyándose en gran medida en la adquisición de conocimientos, a pesar de que se reconozca que ello termina siendo un propósito inalcanzable. Estamos conscientes de que el Informe Delors (1996), es un estudio ampliamente desfasado en el tiempo (20 años atrás), y el mismo no menciona de manera explícita que tenga que ver con las carreras de ingeniería. Sin embargo, lo mencionamos aquí por ser un referente importante que marca el inicio de la gran preocupación de centrar al alumno en el centro de su aprendizaje y de enfocar más la enseñanza a competencia macros (4 pilares) que en un apilamiento de conocimientos per se.

Proyecto Tuning Latinoamérica (2007). En este proyecto se llama la atención sobre la necesidad de que los estudiantes, más que apropiarse de una lista de conocimientos, adquiera las competencias genéricas comunes a todos los programas de licenciatura, así como de las competencias específicas del programa que estudia. Entre otras implicaciones se identifica aquella en la que se asume que los conocimientos disciplinares deben dejar de agruparse en materias o asignaturas, eliminando de esta manera algunos contenidos que ya no resultan pertinentes. (Beneitone, Esquietini, González, Marty, Siufi y Wagenaar, 2007).

Sociedad europea para la educación de la ingeniería (Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, SEFI).

En el *Marco de referencia para el currículo matemático en la educación de la ingeniería* (2013), esta sociedad propone una lista de las competencias matemáticas involucradas en la educación de la ingeniería, así como el nivel deseable de dominio de cada competencia por parte de los estudiantes.

Las competencias matemáticas enlistadas son:

- Pensamiento matemático,
- Razonamiento matemático,
- Planteamiento y solución de problemas matemáticos,
- Modelación matemática,
- Entidades de representación matemática,
- Manipulación de símbolos matemáticos y formalismo,
- Comunicación en, con y acerca de la matemática y
- Uso de ayudas y herramientas.

Así, cuando se acuerda el nivel de dominio deseable de cada una de estas competencias, se otorga mayor o menor importancia a cada aspecto de cada temática, en función de las competencias a desarrollar por parte del estudiante de ingeniería y, eventualmente, por el ingeniero en ejercicio profesional. En el esquema tradicional, en cambio, cada temática tiene una mayor o menor importancia en función de la estructura interna de los cursos mismos de matemáticas.

4. EL CASO DE LAS PRÁCTICAS DE INGENIEROS Y LA TAD

Romo (2007), tiene como pregunta de investigación: ¿Qué lugar darles a las matemáticas en una formación de ingeniero? Siendo esta una pregunta que también Farfán (2012) abordó en su investigación en cuanto a el surgimiento de *l'École Polytechnique* entre 1794 -1850; y los trabajos desarrollados por la comisión internacional de la Enseñanza de las matemáticas a principios del siglo

XX. Sin embargo, Romo (2007) situó su pregunta de investigación en tres instituciones: las de producción, las de enseñanza y las instituciones usuarias. Las preguntas dan una idea del recorrido que realiza el conocimiento generado en cada institución, de donde se identifica, de acuerdo con Romo-Vázquez (2014):

De la institución de producción de conocimientos matemáticos a la enseñanza de las matemáticas y de ésta a los proyectos.

De la institución de producción de conocimientos matemáticos a la institución de producción de conocimientos intermediarios y de ésta a la enseñanza de las disciplinas intermediarias y finalmente a los proyectos.

De la institución de producción de conocimientos matemáticos a la enseñanza de las matemáticas, de esta a la enseñanza de las disciplinas intermediarias y finalmente a los proyectos.

Esta revisión da cuenta de la existencia de la problemática entre la transmisión de los saberes en la que se identifican además los niveles en los que se produce el conocimiento matemático y cómo lo utilizan en diversas instituciones.

Ejemplos asociados a la utilidad de la TAD para comprender la práctica de la ingeniería, se encuentran en Camacho y Romo Vázquez (2015), así como en Vázquez, Romo y Romo-Vázquez (2016). En ambos se estudian las actividades de los ingenieros desde la matemática escolar y se toman como punto de partida para el diseño de situaciones de aprendizaje, que se aplican durante los primeros años de las carreras de ingeniería (Covián y Romo-Vázquez, 2014).

4.1. La formación de futuros profesionales técnicos

A principios de la segunda década de este siglo, trabajos reportados en el estudio ICMI 20 (Damlamian, Rodrigues y SträBer, 2013) muestran resultados de investigación en didáctica centrados en la creación o búsqueda de relaciones entre las matemáticas y la industria. Esto se ha visto con más fuerza en la formación de profesionales que demandan formaciones “más prácticas” debido a la demanda de la sociedad actual que requiere personal matemáticamente capacitado para enfrentar situaciones propias de la industria. En particular se ha encauzado la investigación hacia la caracterización de las necesidades en formaciones tecnológicas o técnicas que, en teoría, preparan a estudiantes desde niveles bachilleratos para desempeñarse laboralmente. Diversas propuestas han



identificado las necesidades matemáticas en las industrias propias del contexto de la población o a fin a la carrera para llevarlas a las aulas de matemáticas. También se ha mostrado la importancia de incluir programas de formación basados en la modelación matemática y matemática aplicada. Sin embargo, las cuestiones que aún quedan abiertas son ¿cómo identificar las situaciones, propias de la profesión, susceptibles de ser llevadas o relacionadas con la matemática escolar? Una vez identificada la situación ¿cómo generar dispositivos didácticos para intervenir en estas formaciones? En Guzmán, Romo y Covián (2016) se presenta una metodología basada en constructos teóricos de la TAD para la enseñanza de ecuaciones diferenciales en cursos de Control Automático para la formación de futuros Técnicos Superior Universitario. En este espacio se discutirán los principales aspectos de este tipo de formaciones y parte de la metodología propuesta para el diseño de dispositivos didácticos.

5. CONCLUSIONES

Respecto a la relación entre Matemática Educativa e Ingeniería Educativa, desde una visión tanto histórica como actual, debemos reconocer que la matemática escolar que el ingeniero necesita debe ser más funcional que la matemática formal en el sentido estricto de la palabra. De tal forma que se presente tanto como objeto de conocimiento y como herramienta de modelación.

Se considera que un profesional formado en la Matemática Educativa, puede participar en las Escuelas de Ingeniería desarrollando actividades relacionadas con alguno(s) de los siguientes aspectos (Arcos, 2015):

- Determinación de los propósitos generales del conjunto de cursos de Matemáticas, como parte de la formación escolar de los futuros profesionales de la ingeniería. Por lo tanto, en la determinación más o menos precisa de los contenidos específicos de esos cursos.
- Propuesta y exploración de las posibles maneras en las que esas temáticas deben atenderse en las aulas y en otros espacios de aprendizaje.
- Diseño y elaboración de textos y otros materiales para la enseñanza de las Matemáticas en escuelas de Ingeniería.
- Diseño y exploración de actividades de aprendizaje con o sin la ayuda de elementos y herramientas tecnológicas.

5.1. Diseño y exploración de instrumentos de evaluación de los aprendizajes.

De esta manera, todas aquellas actividades de indagación bibliográfica, hemerográfica o aquellas desarrolladas en aula o en cualquier otro escenario en donde puedan ocurrir aprendizajes de Matemáticas por parte de los estudiantes de una escuela de ingeniería, bien pueden denominarse actividades de investigación en Matemática Educativa.

Esperamos aportar a ese respecto durante la conversación educativa en la XIX Eime y contribuir en un segundo momento con posturas y respuestas a través de los interesados en integrarse a esta actividad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcos, I. (2015). El cálculo en Ingeniería. Ponencia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas en Abril 2015.
- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Marty, M., Siufi, G., & Wagenaar, R. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina*. Proyecto Tuning. 2004-2007. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Cajas, F. (2013). La formación de Ingenieros/as Civiles y Matemáticos/as en la Actualidad: Tendencias y Desafíos. *II seminario-taller centroamericano de armonización académica regional de las licenciaturas en Ingeniería Civil y matemática*. Guadalajara, México.
- Camacho A., 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.
- Cordero, F. (2008). El Uso de las Gráficas en el Discurso del Cálculo Escolar. Una visión Socioepistemológica. En R. Cantoral, Covián, O., Farfán, R. M., Lezama, J., y Romo, A. (Eds.). *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano*. México: Ediciones Díaz de Santos, S.
- 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
- Damlamian, A., Rodrigues, J. & Sträßer, R. (2013). *Educational Interfaces between Mathematics and Industry*. Springer.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. París: Ediciones UNESCO.
- Farfán, R. (2012). Socioepistemología y ciencia: El caso del estado estacionario y su matematización. México: Editorial Gedisa.
- Guthrie, P. (2010). Beyond Systems Engineering – Educational Approaches for the 21st Century. En D. Grasso, M.B. Burkins (eds.), *Holistic Engineering Education*, Springer Science Business Media.



- Guzmán, P., Romo, A. y Covián, O. (2016). Diseño de actividades para un curso de control automático basadas en la modelación matemática. Una propuesta desde la Teoría Antropológica de lo Didáctico. En *El paradigma del cuestionamiento del mundo en la investigación y en la enseñanza. V congreso internacional de la TAD* (Documento en proceso de edición).
- Leung, F. (2007). Mathematics education in east Asia and the west: does culture matter?. *Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer*. 09 (the 13th ICMI Study), pp 21-46
- Pollak, H. (2007). Mathematical modelling – A conversation with Henry Pollak. *Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer*. 10 (The 14th ICMI Study), pp 109-120
- Romo-Vázquez, A. (2014). La modelización matemática en la formación de ingenieros. *Educación Matemática*, 314-338. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/405/40540854016.pdf>
- Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs. (23 de julio de 2016). Obtenido de [http://www.sefi.be/Universidad de Alcalá. Fundación General. \(26 de 08 de 2012\). Programas de la UE. Obtenido de Proyecto "USo+I: Universidad, Sociedad e Innovación. Mejora de la pertinencia de la educación en las ingenierías de Latinoamérica": <http://areadecooperacion.fgua.es/2012/03/proyecto-alfa-usoi-universidad-sociedad.html>](http://www.sefi.be/Universidad de Alcalá. Fundación General. (26 de 08 de 2012). Programas de la UE. Obtenido de Proyecto \)
- 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>