

Hacia la construcción de un marco referencial sobre la formación matemática esperada para un Ingeniero Químico

Mariano Ferreyro ^(1,3), Maimara Pizzano ^(2,4), Yésica Aispún ^(1,5)

¹ Facultad de Ingeniería de Olavarría (UNICEN). Av. Del Valle 5737

² Escuela Nacional Adolfo Pérez Esquivel (UNICEN). Av. Del Valle 5737

³ ferreyromariano@gmail.com; ⁴ maimarapizzano@gmail.com; ⁵ yesica.aispun@gmail.com

Resumen

Los vertiginosos avances científicos y tecnológicos impactan necesariamente en las prácticas profesionales de los ingenieros quienes deben tener el poder de adaptación para responder a las demandas actuales. Esta realidad está íntimamente relacionada con la formación que recibieron en su carrera, en la significatividad de los contenidos aprendidos y en el desarrollo de competencias profesionales. En este trabajo indagamos acerca de los objetos y prácticas matemáticas que los estudiantes de ingeniería química ponen en juego al momento de resolver las problemáticas “reales” o “ideales” abordadas en sus trabajos finales de carrera. Para esto tomamos los constructos de objeto matemático, significado de un objeto matemático, práctica matemática, sistema de prácticas y configuración epistémica del Enfoque Ontosemiótico e Instrucción Matemática (EOS).

Los objetos matemáticos identificados se ajustan a los descriptores de conocimiento propuestos por los documentos oficiales, y ponen en valor otros que, aunque su prescripción no sea explícita, deberían ser tenidos en cuenta al planificar las asignaturas de Matemática en las ciencias básicas, en pos de otorgar a los futuros egresados las herramientas que demanda su quehacer profesional.

Palabras clave: formación de ingenieros; objetos y prácticas matemáticas asociadas; enfoque ontosemiótico.

Introducción

La enseñanza de la matemática para carreras de Ingeniería plantea grandes desafíos en los profesores y las universidades desde hace muchos años, pues las tendencias marcan que debería enseñarse de manera contextualizada y a través de la resolución de problemas. Pita et al. (2011) expresan que:

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 (p. 9).

La ingeniería tiene como objetivo fundamental la resolución de problemas, los que son en la mayoría de los casos cuantificables, por lo que es factible de ser modelados matemáticamente, es decir, transformados en problemas de matemática. Esto adquiere sentido pues la matemática es una buena herramienta para entender las leyes naturales que rigen el universo de la ingeniería. Por ejemplo, Azpilicueta y Ledesma, (2004) proponen que “el diseño de una estructura (puente, casa, edificio, carreteras), la operación de una máquina de combustión, el comportamiento poblacional, la optimización de un proceso, en fin, cualquier fenómeno, es posible caracterizarlo mediante modelos matemáticos” (p. 227). Por consiguiente, las matemáticas son insustituibles y vitales para las prácticas profesionales de los ingenieros, lo que deriva a que las dificultades presentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje sean motivo de especial preocupación.

Numerosos trabajos referidos a la enseñanza de la matemática para carreras de Ingeniería, proponen algunos principios y lineamientos generales con la finalidad de lograr profesionales idóneos. Así, por ejemplo, Pita et al. (2011) expresan que “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” (p. 10). Jóver (2003), en tanto, enfatiza que “cuando se explora la resolución de problemas por métodos heurísticos emerge un variado paisaje de técnicas que se proponen como adecuadas” (p. 85). Méndez (2010) y Nieto (2004) resaltan la importancia de las ciencias básicas en la formación de ingenieros y en su capacidad para enfrentar desafíos del mundo real. Lo expresado hasta aquí infiere una enseñanza que trascienda la mera transmisión de conocimientos y que proporcione a los estudiantes

experiencias prácticas y conexiones con el entorno, lo que les permitirá desarrollar habilidades creativas, innovadoras y eficientes para resolver problemas.

Ante esta situación surgen numerosos interrogantes: ¿Cómo definir qué matemática requiere actualmente una carrera de ingeniería en torno a las problemáticas que se vayan a plantear? ¿Qué rol juegan los contenidos disciplinares en la resolución de esas problemáticas? La matemática que se les presenta a los estudiantes ¿es adecuada para afrontar las demandas del perfil profesional de un ingeniero?

Delimitación del problema

En la Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO), perteneciente a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, se ofrecen cinco carreras de ingenierías: Ingeniería Química (IQ), Civil, Electromecánica, Industrial y Agrimensura. Para todas estas especialidades no existe distinción al momento de enseñar el bloque de Ciencias Básicas, en el cual la formación matemática tiene un rol protagónico.

En febrero de este año, se implementó un nuevo plan de estudios basado en el "Libro Rojo" del CONFEDI (2018), que busca transformar la formación de ingenieros, centrando la atención en el estudiante y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo es desarrollar competencias genéricas y específicas en los graduados, lo que nos lleva a replantear nuestras prácticas educativas y enfoques en los contenidos disciplinares.

En el presente trabajo¹ indagamos acerca de los objetos y prácticas matemáticas que los estudiantes de IQ ponen en juego al momento de resolver las problemáticas “reales” o “ideales” abordadas en sus trabajos finales de carrera.

Marco teórico de referencia

La investigación se enmarca en el Enfoque Ontosemiótico del conocimiento e instrucción matemática (EOS) como línea de la Didáctica de la Matemática.

Este enfoque confiere fundamental importancia a las nociones de *significados institucionales* y *personales* y concibe el significado de un objeto matemático, al que Godino, Batanero y Font (2007) definen como todo aquello que es indicado, señalado o

¹ El cual se enmarca en la tesis doctoral en proceso del primer autor denominada “Significados institucionales atribuidos al Cálculo Diferencial e Integral en una variable en Ingeniería Química”

nombrado cuando se construye, comunica o aprende matemática, en términos del *sistema de prácticas* ligadas a un tipo de problemas.

La noción de sistema de prácticas (operativas y discursivas), constituidas por las prácticas significativas para resolver un campo de problemas y compartidas en el seno de una institución, asume una concepción pragmática–antropológica de la matemática, tanto desde el punto de vista institucional como personal y la actividad de resolución de problemas se adopta como elemento central en la construcción del conocimiento matemático (Godino, Batanero y Font, 2008).

En la descripción de las actividades matemáticas suele hacerse alusión a diferentes tipos de objetos, pero el EOS considera seis tipos de entidades u objetos primarios: situación-problema, conceptos, propiedades, procedimientos, argumentaciones y lenguaje. En particular, en la resolución de un problema se pueden encontrar algunos o todos estos objetos mencionados.

Los seis objetos primarios que están presentes en una práctica matemática se relacionan entre sí formando configuraciones. Estas configuraciones pueden ser de tipo epistémica o cognitiva. Se denominan *epistémicas* si son redes de objetos institucionales (extraídas de un texto escolar, obtenidas de la clase que imparte un profesor, etc.), o *cognitivas* si representan redes de objetos personales (observadas en la actividad de los estudiantes).

En este trabajo se busca realizar una configuración epistémica de los objetos matemáticos utilizados en la resolución de las problemáticas abordadas por estudiantes de IQ en su proyecto final de carrera (PFC) y así aportar datos concretos sobre qué matemática sería “irrenunciable” enseñar en función de lo que demandan las prácticas profesionales.

Objetivo

Inquirir las prácticas matemáticas y los objetos primarios emergentes que los inminentes profesionales ponen en juego en sus trabajos finales de carrera frente a la identificación y resolución de una problemática ingenieril real y concreta. En particular, se tomarán en cuenta los constructos: objeto matemático, significado de un objeto matemático, práctica matemática, sistema de prácticas y configuración epistémica.

Metodología empleada

Para alcanzar el objetivo propuesto, se implementa una investigación de tipo cualitativa e interpretativa con la que se pretende identificar las prácticas matemáticas y los objetos

primarios emergentes que los estudiantes de la carrera de IQ ponen en juego al resolver sus PFC, mediante un análisis inductivo/constructivo (Lincoln & Guba, 1985).

En particular nos focalizaremos sólo en la identificación de objetos primarios, dejando para un segundo nivel de análisis los procesos cognitivos emergentes de los sistemas de prácticas involucrados que hacen a la comprensión de un objeto matemático.

En el Instituto Nacional de Formación Docente (2010) se expresa:

Comprender un objeto matemático significa (...) producir, organizar y reorganizar la red de relaciones que se deben establecer en la resolución de una situación problemática (intra o extra-matemática) que “obliga” al funcionamiento del objeto, los procedimientos o técnicas que se despliegan para resolverla, las definiciones, propiedades, argumentos que validan las acciones realizadas, todas ellas soportadas y reguladas por el lenguaje (...) propio de la Matemática, y la lengua natural (p.122).

De todas formas entendemos que la comprensión de un objeto matemático está alineada con el desarrollo de múltiples competencias en los estudiantes, incluido el pensamiento crítico, la comunicación, la argumentación y el modelado. Esta definición enfatiza no solo conocer procedimientos y técnicas, sino también comprender cómo se relacionan y aplican en contextos diversos. No obstante, en este trabajo, solo se presenta un primer análisis de las producciones de los estudiantes. Para este primer estudio se analizaron cuatro proyectos PFC aprobados en el período 2018 – 2022, aportados por los autores que aceptaron participar de este trabajo, los cuales fueron seleccionados según el criterio saturación. Estos PFC consisten en trabajos elaborados por estudiantes del último año de la carrera de IQ. En ellos se abordan integralmente distintos conocimientos construidos durante su formación de grado. Los trabajos seleccionados implican el diseño un sistema de tratamiento para un efluente textil (PFC1); de una planta de desalación de agua de mar (PFC2); de un generador de energía eléctrica (PFC3) y de una planta integral de etilenglicol y óxido de etileno (PFC4).

Análisis de datos

Inicialmente se realizó una lectura global de cada uno de los PFC, con el fin de identificar aquellos apartados en dónde se evidencia la implementación de prácticas matemáticas. Sobre ellos se realizó una lectura minuciosa con el fin de identificar objetos primarios asociados a dichas prácticas que se encuentran de forma explícita en el escrito. Esta información fue volcada en una tabla con la intención de analizar la representatividad de cada práctica.

Resultados

Los proyectos analizados involucran actividades relacionadas con la reservada 1 propuesta por CONFEDI (2018) que consiste en “diseñar, calcular y proyectar productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia; e instalaciones de control y de transformación de emisiones energéticas, efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones gaseosas”.

El análisis realizado permitió evidenciar distintos objetos primarios utilizados por potenciales IQ en el contexto de su trabajo final de carrera, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Prácticas Matemáticas		
Lenguaje	Contenidos conceptuales matemáticos	Procedimientos
Tabular	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones 	Tabulación de datos
		Interpretación de datos tabulados
		Ajuste de curvas
Gráfico	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones, estudio de funciones y sistemas de ecuaciones 	Realización e interpretación de gráficos en sistemas de ejes cartesianos con software
		Ajustes funcionales – Líneas de tendencia (con software)
		Interpretación de gráfico de barras y de tortas
		Resolución de sistema de ecuaciones (intersección de curvas)
		Estudio de puntos notables de la gráficas en ejes cartesianos (intersección de curvas, extremos, puntos de inflexión)
Simbólico	<ul style="list-style-type: none"> • Ecuaciones y sistemas de ecuaciones • Inecuaciones • Derivadas • Integrales • Proporcionalidad • Tasas 	Análisis de relaciones de proporcionalidad.
		Cálculo de porcentajes
		Interpretación de tasas de variación
		Interpretación y resolución de ecuaciones
		Despeje de una variable respecto de otras
		Interpretación y resolución de inecuaciones

		Resolución de sistemas de ecuaciones mediante método de sustitución e igualación
		Resolución de ecuaciones diferenciales mediante método de variables separables
		Resolución de ecuaciones con Software (Derive)
Natural	<ul style="list-style-type: none"> ● Proporcionalidad ● Cociente incremental ● Funciones 	Argumentos y explicaciones sobre: <ul style="list-style-type: none"> ● el comportamiento de una/s variable/s respecto de otra/s; ● la necesidad de establecer proporciones; ● la posibilidades de resolución de una ecuación según cantidad de ecuaciones y variables; ● el significado de puntos notables en una gráfica (extremos e inflexión) según el contexto a estudiar ● líneas de tendencia ● análisis de proporciones

Los resultados obtenidos revelan que las prácticas matemáticas que emplean los futuros IQ en sus PFC, implican la elaboración de tablas y/o gráficos para organizar datos, análisis de tendencia de los mismos, la aplicación de fórmulas, ecuaciones e inecuaciones, y la realización de cálculos, por lo general, sencillos. De este primer análisis es posible identificar el proceso de modelización como un proceso cognitivo emergente de los sistemas de prácticas identificados, el cuál será objeto de estudio de próximas investigaciones.

Conclusiones y trabajos futuros

El trabajo ha permitido conocer y delimitar prácticas y objetos matemáticos que ponen en juego los futuros IQ al resolver problemas de ingeniería. En un próximo trabajo se replicará este estudio, analizando las prácticas y objetos matemáticos emergentes que ponen en juego IQ en el ejercicio de su profesión a través de entrevistas no estructuradas. Se busca con ello ir construyendo un marco referencial que de información acerca de qué prácticas y significados matemáticos deberían ser irrenunciables en las clases de matemática en el contexto de la carrera de IQ.

Referencias bibliográficas

Azpilicueta, J. y Ledesma, A. (2004). Evaluación diagnóstica sobre diferentes relaciones didácticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en carreras de ingeniería. En L. Díaz Moreno (Ed.), *Acta Latinoamericana de*

- Matemática Educativa* (pp. 377-383). Santiago, Chile: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república argentina - Libro rojo de CONFEDI*. Recuperado del sitio de internet de CONFEDI: <https://confedi.org.ar/librorojo/>
- Godino, J., Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39 (1-2), 127-135.
- Godino, J., Batanero, C. y Font, V. (2008). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10, 7-37.
- Instituto Nacional de Formación Docente (2010). *Proyecto de mejora para la formación inicial de profesores para el nivel secundario*. Área: Matemática. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Instituto Nacional de Formación Docente y Secretaría de Políticas Universitarias.
- Jóver, M. L. (2003). La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 4 (6), 81-86.
- Lincoln, y. & Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park, United States: SAGE Publication, Inc.
- Méndez, R. (2010). Las Ciencias Básicas y el aprendizaje en Ingeniería. En A. Jarillo Morales (Ed.), *IV Foro Nacional de Ciencias Básicas* (pp. 1-9). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nieto, M. R. (2004). El papel de las Ciencias Básicas en la enseñanza de la Ingeniería. El: *Actas del I Congreso de Enseñanza de la Ingeniería*. Quetzaltenango, Guatemala.
- Pita, G., Añino, M., Ravera, E.; Miyara, A., Merino, G. y Escher, L. (2011). Enseñar Matemática a través de problemas abiertos: un desafío para los docentes. En A. Ruíz (Ed.), *Actas XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática* (pp. 1-11). Recife, Brasil: Universidad de Pernambuco.