REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA

ISSN: 1815-0640
Número 76. Abril 2026
Páginas 1-14

Introducción a la modelización matemática en carreras de ingeniería
Introdução à modelação matemática nos cursos de engenharia

Cafferata Ferri, Silvina; Campillo, Andrea; Paruelo, Jorge; Srour, Yalile

Fecha de recepción: 03-10-25
Fecha de aceptación:10-04-26

Resumen

La enseñanza basada en la modelización emerge como un enfoque pedagógico que busca desarrollar habilidades cognitivas avanzadas en los estudiantes. En relación con la enseñanza en carreras de ingeniería, los estudiantes al interactuar con modelos matemáticos adquieren conocimientos conceptuales, desarrollan habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, así como una apreciación por la utilidad de la matemática. En el presente trabajo se esboza una secuencia de actividades de enseñanza que permite introducir a los estudiantes en la modelización matemática. Se aborda también la enseñanza de las relaciones entre propósito de un modelo y recurso de representación.

Palabras clave: modelización, modelización matemática, enseñanza universitaria, representación.

Abstract

Modelling based teaching is emerging as a pedagogical approach that seeks to develop advanced cognitive skills in students. In the context of engineering education, students, through their interaction with mathematical models, acquire conceptual knowledge, develop critical thinking and problem-solving skills, and gain an appreciation for the practical applications of mathematics. This paper outlines a sequence of teaching activities that introduce students to mathematical modelling. It also addresses the teaching of the relationship between the purpose of a model and the chosen method of representation.

Keywords: modelling, mathematical modelling, university teaching, representation.

Resumo

O ensino baseado em modelos está a emergir como uma abordagem pedagógica que procura desenvolver competências cognitivas avançadas nos alunos. No ensino da engenharia, os alunos interagem com modelos matemáticos para adquirir conhecimentos conceptuais, desenvolver o pensamento crítico e as competências de resolução de problemas, bem como desenvolver uma apreciação pela utilidade da matemática. Este artigo descreve uma sequência de atividades de ensino que introduz os alunos na modelação matemática. Aborda também a relação entre a finalidade de um modelo e as suas características de representação.

Palavras-chave: modelação, modelação matemática, ensino universitário, representação.

1. Introducción

La enseñanza de la modelización matemática es un tema en debate, sobre todo en la enseñanza media. En la enseñanza superior aún no está suficientemente problematizada y el material producido, tanto teórico como empírico, no es aún tan abundante.

El problema es el de cualquier contenido que se introduzca en el nivel de enseñanza que se considere: cómo, qué, en qué medida y a quiénes se debe formar en modelización matemática. Además de la multiplicidad de aspectos involucrados en este tema, el abordaje de cualquiera de ellos requiere de algunas clarificaciones previas respecto de los conceptos que se emplean.

Qué se entiende por modelización matemática es la primera. La perspectiva que se adopta en este trabajo es que la modelización matemática es un caso particular, con algunas características que requieren especial atención, de modelización científica o tecnológica. Tanto en ciencia como en tecnología se emplean modelos para resolver problemas. En ciencia, los problemas están asociados en primera instancia con necesidades de conocimiento: se desarrollan modelos para explicar y predecir. La tecnología los emplea para establecer las características de aquellos nuevos objetos que se diseñan o para operar sobre algún artefacto[1] o proceso existente. En un caso hay una idea explicativa o predictiva mientras que en el otro el objetivo primario es prospectivo.

En la bibliografía sobre enseñanza de la modelización hay cierto consenso en considerar a esta última como un ciclo o circuito que parte desde algún problema, pasa por adquirir experiencia sobre el tema y formular un modelo inicial que luego es testeado para determinar posibles y necesarias modificaciones hasta llegar a aquel que resulta satisfactorio para resolver el problema inicial (Halloum, 2007; Gilbert y Justi, 2016; Oliva, 2019). Una vez hecho esto, se evalúa el modelo prestando atención a las limitaciones que presenta y a las posibilidades de aplicación en otros ámbitos o a otros casos diferentes. En este proceso hay, a su vez, detalles que conviene tratar en particular.

En primer lugar, la delimitación del problema requiere de un trabajo para poder establecer qué propósito tiene el modelo que se va a buscar para resolverlo. En segundo lugar, expresar el modelo que el modelador genera en su mente requiere de algún recurso de representación. Determinar qué recurso es conveniente y cómo hacerlo es una destreza a entrenar. En este trabajo se abordan estos dos elementos aplicados en ciertos casos de enseñanza que pueden generalizarse. En particular, los ejemplos se desarrollan sobre modelos que emplean la matemática como recurso de representación, que es lo que habitualmente se conoce como modelización matemática.

[1] Se está considerando artefacto en un sentido muy amplio que puede abarcar tanto un simple cuchillo como un embalse con una central hidroeléctrica.

La modelización es concebida por algunos autores como una competencia a desarrollar en la formación científica de profesionales de distintas especialidades (Upmeier zu Belzen et al., 2019). La enseñanza basada en la modelización surge como un enfoque pedagógico novedoso que tiene como objetivo desarrollar habilidades cognitivas avanzadas en los estudiantes. Al permitir que los alumnos participen en la creación y manipulación de modelos matemáticos, se favorece una comprensión más profunda de los conceptos, al tiempo que se estimula el desarrollo de habilidades que pueden ser aplicadas en diferentes ámbitos.

En este artículo se esboza una secuencia de actividades de enseñanza que permiten introducir a los estudiantes en el concepto de modelización y en particular, en el de modelización matemática.

Las actividades que se proponen están diseñadas para estudiantes del primer año de las carreras de ingeniería en sus diferentes especialidades, aunque su uso puede adaptarse a diferentes recorridos formativos en ciencia y tecnología, para los cuales los modelos y la modelización sean herramientas fundamentales.

A través de las sucesivas propuestas, los estudiantes pueden reflexionar acerca de la relación entre el propósito de un modelo y el recurso de representación matemático a emplear, estableciendo que hay una multiplicidad de modelos posibles de un mismo objeto o situación, y que también existen múltiples representaciones matemáticas. Entre ellas, geométricas y funcionales, que se pueden desarrollar con recursos tradicionales o utilizando algún software matemático como, por ejemplo, GeoGebra.

Algunas de las actividades de la secuencia fueron presentadas en forma parcial en encuentros y jornadas sobre enseñanza de la ingeniería (Paruelo et al., 2024; Cafferata Ferri et al., 2024).

2. Modelización matemática

La modelización matemática para Lesh y Doerr (2003) es el proceso de formular, analizar e interpretar modelos matemáticos que representan situaciones del mundo real. Permite a los alumnos explorar problemas auténticos y aplicar herramientas matemáticas para comprender mejor su entorno. Para Niss y Blum (2020) un modelo matemático es un tipo especial de modelos, una representación de aspectos de un dominio extramatemático mediante entidades y relaciones matemáticas. Para estos autores, un modelo matemático puede caracterizarse con un triplete (D, f, M) donde D es el dominio extramatemático simplificado y recortado convenientemente, M es el dominio de objetos y relaciones matemáticas empleadas para representar aquello extramatemático bajo análisis, y f es la función que mapea objetos y relaciones de D en M.

Podemos diagramar el proceso de modelización matemática como se indica en la Figura 1:

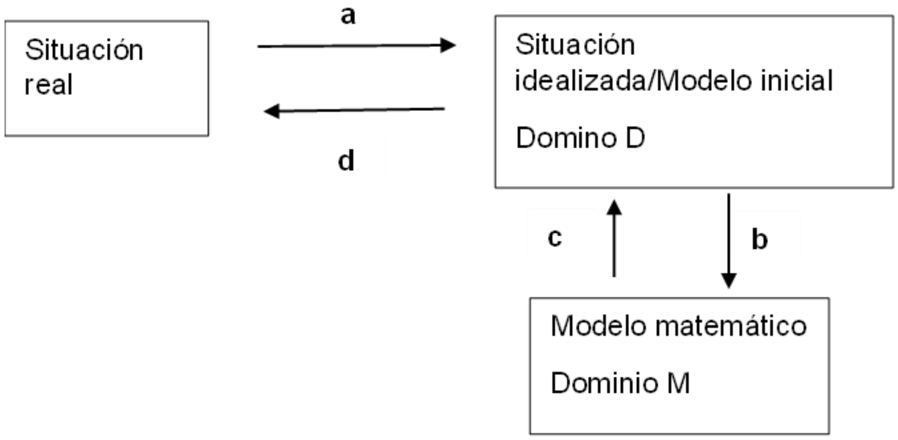

Figura 1: Diagrama del proceso de modelización matemática (Fuente: elaboración propia)

En este diagrama se muestra, a la izquierda, la situación real bajo análisis, lo que puede ser entendido como el problema no delimitado. Casos como el del dueño de una empresa de turismo que le pide a uno de sus empleados que le arme un tour por Argentina para turistas provenientes de países como Qatar o Arabia Saudita. El empleado delimita el problema seleccionando variables relevantes (tiempo, por ejemplo), idealizando ciertos aspectos (perfil cultural de los visitantes, intereses), seleccionando ciertos elementos que serán considerados cajas negras, es decir que sólo se verán en términos de input-output (por ejemplo, en una primera etapa puede no interesarle el tipo de hotel en el que se hospedan, y en ese caso, sólo interesa disponer de alojamiento al que entran un día y salen otro). Luego establece objetivos del modelo, por ejemplo, optimizar tiempos recorriendo la mayor cantidad de lugares interesantes en el menor tiempo posible. De esa forma establece el dominio D. Este proceso de selección de variables, delimitación de propósitos, cajas negras, etc. es lo que está simbolizado mediante la flecha indicada con a en la Figura 1. Una vez que se dispone del dominio D, se busca un recurso matemático útil para los fines buscados de manera que se pueda expresar el modelo en el dominio M. Por ejemplo, el empleado de la agencia de turismo puede apelar a grafos dirigidos como recurso de modelización matemática. El mapeo del dominio D en el M está simbolizado con la flecha b en el diagrama de la Figura 1, y coincide con la f del triplete de Niss y Blum (2020). Las flechas c y d señalan el proceso de regreso a la situación real, haciendo las interpretaciones necesarias para poder trasladar aquellos resultados que brinda el modelo matemático, primero al dominio D y luego a la realidad.

El diagrama presentado en la Figura 1 es similar a otros desarrollados por otros autores como el presentado en Blum y Leiss, (2007) o el que se puede encontrar en López Gómez (2012). En estos últimos se detallan procesos dentro del dominio D donde se emplean recursos y métodos matemáticos para obtener resultados o hacer inferencias que luego se interpretan, buscando de esa manera utilizar el modelo para obtener conocimiento de la situación real.

Las investigaciones realizadas han demostrado que la enseñanza basada en la modelización tiene un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes, así como en su actitud hacia la matemática (Lesh y Leher, 2003).

En particular, en lo que respecta a la enseñanza de esta asignatura en carreras de Ingeniería, la interacción de los estudiantes con modelos matemáticos les permite no solo obtener conocimientos conceptuales, sino también desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, además de fomentar una valoración por la aplicación de la matemática en su futuro desarrollo profesional (Blum y Leiss, 2007).

3. Actividades

Cualquier estudiante que empieza a cursar carreras de ingeniería maneja algunos conceptos y métodos matemáticos. Otros son introducidos en el transcurso de la carrera. En la propuesta que se presenta en este artículo se sostienen dos premisas sobre la enseñanza de la modelización matemática en ingeniería:

- La modelización constituye un contenido transdisciplinar a enseñar, en el que pueden insertarse los contenidos disciplinares para su enseñanza integrada.
- Es conveniente enseñar los contenidos matemáticos asociándolos con representaciones de modelos fácticos.

En un trabajo anterior hemos mostrado cómo se pueden introducir conceptos matemáticos a partir de un modelo fáctico (Paruelo et al., 2023). Allí propusimos un recurso para introducir el tema de funciones continuas a partir de las necesidades de representación al desarrollar un modelo de distribución de temperatura a lo largo de un alambre circular.

Consideremos ahora un caso en el que involucramos un mismo objeto o tipo de objeto, diferentes propósitos y diferentes sistemas de representación. Supongamos que se pide el diseño del packaging de una botella. Se pide un envase sencillo, una caja en la que entre una botella dada. Para diseñar el packaging hace falta tener un modelo de la botella que se introduce en la caja. Más allá de las variantes que se le puedan ocurrir a los estudiantes, hay dos que son simples: modelar la botella como un cilindro o como un paralelepípedo.

En ambos casos se utilizan representaciones geométricas en las que los datos requeridos son simplemente la altura de la botella y el diámetro del cilindro o la medida de la base del paralelepípedo, de manera que el envase pueda abarcar la totalidad de la botella.

Si luego se agrega una variante, por ejemplo se pide que el envase reproduzca el pico de la botella en la parte superior, el modelo debe modificarse convenientemente. El nuevo modelo de la botella debe registrar las características del pico, para lo cual puede ser útil como nuevo modelo geométrico armarlo superponiendo un cilindro, un cono recortado y otro cilindro de diámetro más pequeño sobre él, si la botella es del estilo de las clásicas botellas de vino. Este cambio en las características del envase es resultado de un cambio en el propósito del modelo. En el caso considerado, si bien cambia el modelo, usamos el mismo tipo de recurso de representación, el geométrico, aunque utilizando mayor cantidad de formas geométricas. Es decir que se utiliza el mismo tipo de objetos matemáticos, pero modificando el recorte del dominio y la función de mapeo para dar lugar al nuevo modelo.

Se puede avanzar cambiando el propósito nuevamente, por ejemplo, si se pide ahora un envase que reproduzca el formato de la botella en su parte exterior. En este caso, además de tener que cambiar el modelo de la botella, tal vez sea útil trabajar con otro recurso de representación. No parece necesario esto último si la botella es la clásica de vino de 750 cm^3, pero si la situación es la del envase de la Figura 2, y se agrega que se requiere tornear el exterior del envase en madera, tal vez el recurso geométrico no sea el más útil.

Figura 2. Envase no convencional. Fuente: Dreamstime (2025).

En este caso, probablemente convenga representar el contorno aproximándolo con funciones porque eso serviría, además, para programar el torno.

La forma de establecer la función podría hacerse, dependiendo de los recursos que manejen los estudiantes, mediante aproximaciones funcionales sucesivas, mediante aproximación por rectas tangentes o mediante recursos tecnológicos, por ejemplo, utilizando recursos de realidad virtual con GeoGebra. En el caso de la modelización matemática las tecnologías digitales son una gran herramienta que puede utilizarse tanto en las fases intramatemáticas como así también para realizar simulaciones o experimentos, investigaciones, visualizaciones, etc. (Borba y Villarreal, 2005).

Estudiantes que atraviesan el último año de la escuela media, o que están desarrollando cursos introductorios a la universidad, están en condiciones de proponer una función que permita modelizar el contorno y que permita cumplir el propósito para el que es formulado el modelo. En este caso, los conceptos matemáticos que se ponen en juego ya no son geométricos sino que involucran los de función por tramos, funciones trigonométricas, composición de funciones, representación paramétrica de funciones y continuidad de funciones. La modelización funcional permite desarrollar varios conceptos e inclusive introducir aplicaciones que resultan útiles para trabajar ciertos propósitos más adelante, como superficie y volumen de revolución.

La Figura 3 muestra, a modo de ejemplo, el gráfico de una función que podría aproximar la forma lateral de la botella. La función graficada es la siguiente:

$$f(x) = \begin{cases} \operatorname{sen}(0{,}6) + 1 & \text{si } \ 0 \leq x \leq 1{,}4 \\ \left|\operatorname{sen}\left[\frac{3}{2}(x-1)\right]\right| + 1 & \text{si } \ 1{,}4 < x \leq 11{,}5 \end{cases}$$

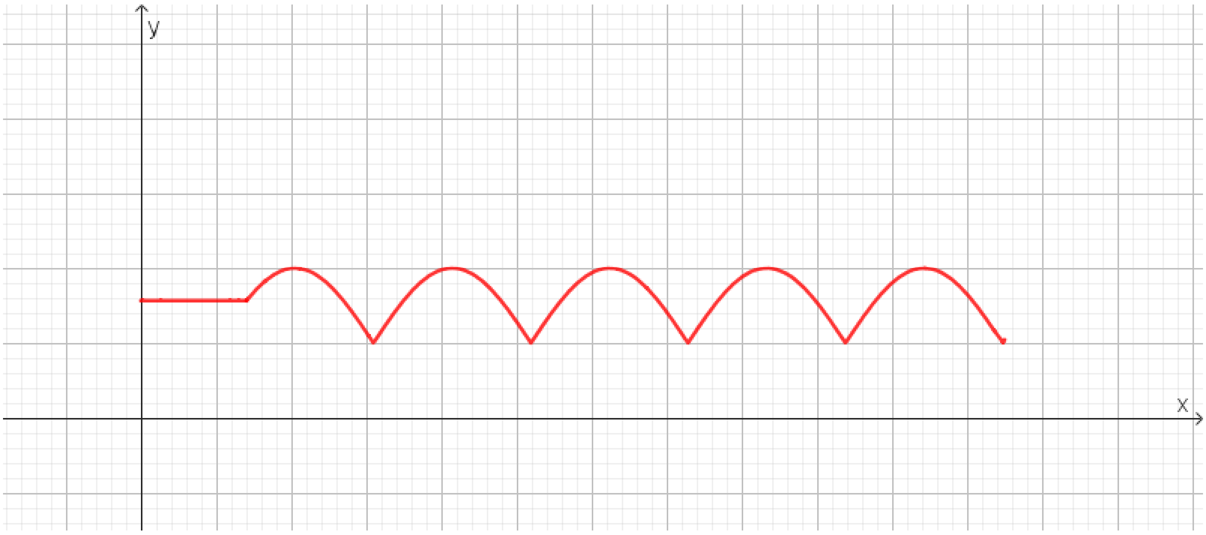

Figura 3. Función que representa el lateral de una botella no tradicional. Fuente: elaboración propia.

Hasta acá, el diseño de esta actividad busca introducir o reforzar conceptos matemáticos y permite avanzar en la enseñanza de la modelización matemática mostrando la relación entre propósito, modelo y representación matemática. Es importante en la implementación de la actividad llamar la atención acerca de que el cambio de propósito requiere modificar algunas características de la situación idealizada, y a partir de estos cambios modificar también el modelo matemático usado en la representación, en virtud de la necesidad de operar con él para poder cumplir con el propósito. A esto es necesario sumar la reflexión metacognitiva que contribuye a asimilar mejor el ciclo de modelización (Constantinou et al., 2019). En este caso además de establecer el conjunto de simplificaciones necesarias para desarrollar el modelo, es necesario reflexionar sobre la relación entre modelo y propósito. Esta discusión conduce al doble rol de los modelos, lo que se expresa en los términos “modelo de” y “modelo para” (Gouvea y Passmore, 2017). El primero hace referencia al objeto o proceso modelizado y el segundo al objetivo o propósito que tiene ese modelo. La discusión permite ver que cualquier modelo que se formule no es una copia del objeto o proceso sino que involucra un conjunto de idealizaciones.

Siguiendo con la secuencia de actividades, a partir de la modelización que han realizado del contorno de una botella como la que se ha indicado en la Figura 2, para luego diseñar un packaging que copie su formato, se puede proponer otros casos a los estudiantes.

Utilitarios matemáticos como GeoGebra permiten incluir la imagen con la que se va a trabajar. En el caso de querer conocer una función que represente ese contorno empleando GeoGebra, se pueden seleccionar algunos puntos que se consideren representativos y pedir al software que brinde una función polinómica que aproxime el contorno. Esto se logra mediante la función “AjustePolinómico” incluida en el software. Si se consideran n puntos, se puede determinar un polinomio de grado n-1 como máximo.

Se muestran a continuación algunos ejemplos de botellas de gaseosas, conocidas por los estudiantes y algunas aproximaciones polinómicas realizadas mediante la función mencionada.

En la Figura 4 se muestra la aproximación mediante un polinomio de grado 8.

Si bien no se incluyen en este artículo todos los ejemplos de botellas analizadas, se han considerado otros además de los que a continuación se ejemplifican.

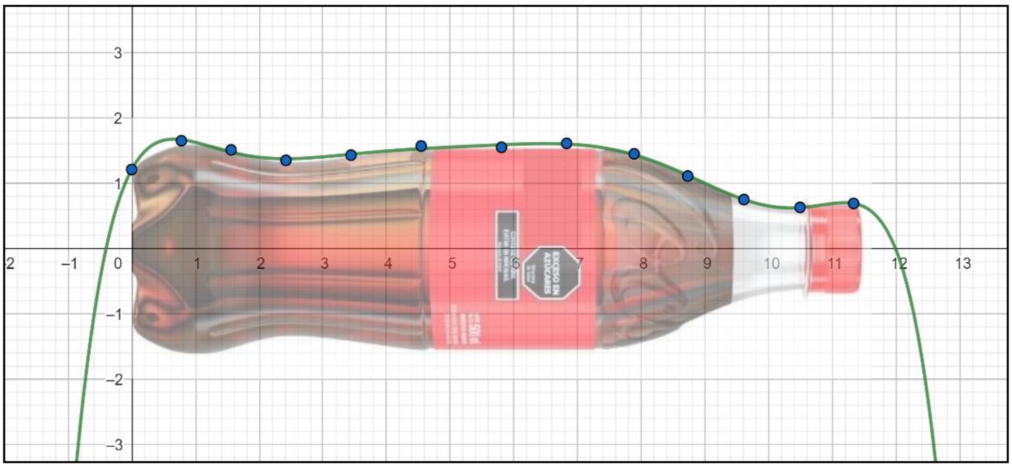

Figura 4. Ajuste polinómico mediante un polinomio de grado 8 utilizando GeoGebra. Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 se muestra la curva que se obtiene aproximando mediante un polinomio de grado 11. Las funciones obtenidas con ambos polinomios brindan buenas aproximaciones y no muestran grandes diferencias gráficas entre ambas.

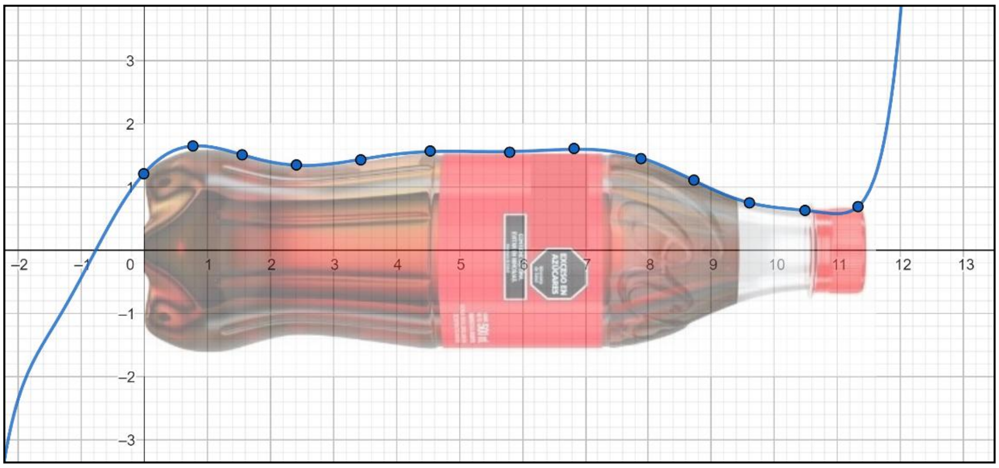

Figura 5. Ajuste polinómico mediante un polinomio de grado 11 utilizando GeoGebra. Fuente: elaboración propia

En las Figuras 6 y 7 se muestran las aproximaciones de otra botella mediante un polinomio de grado 8 en el primer caso y uno de grado 14, en el segundo.

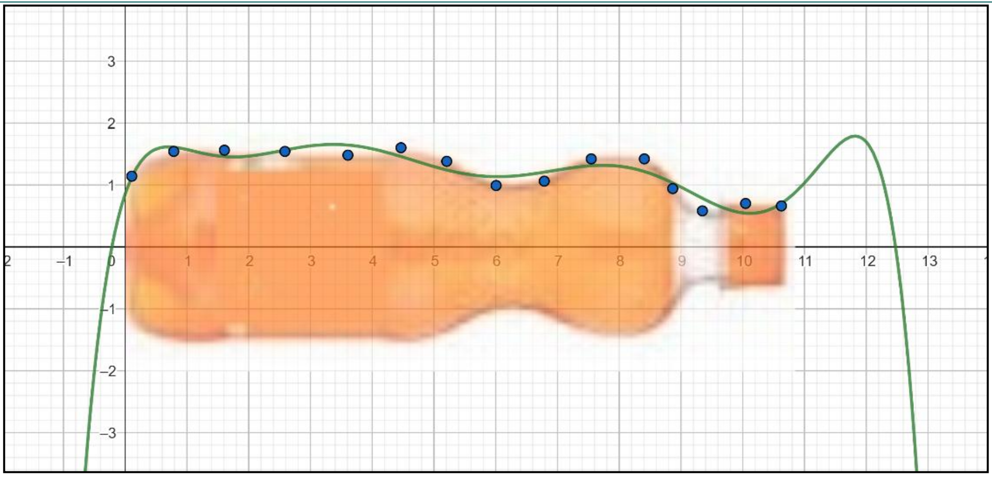

Figura 6. Ajuste polinómico mediante un polinomio de grado 8 utilizando GeoGebra. Fuente: elaboración propia

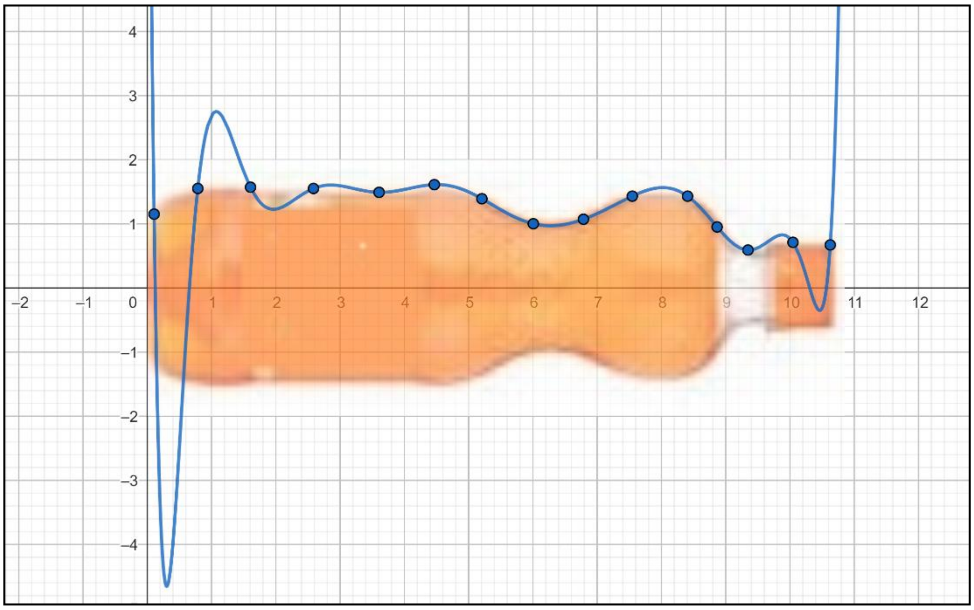

Figura 7. Ajuste polinómico mediante un polinomio de grado 14 utilizando GeoGebra. Fuente: elaboración propia

Como puede apreciarse en la comparación de las curvas de estas últimas figuras, el polinomio de mayor grado no resulta una mejor aproximación de la curva que modeliza el contorno de la botella. Este hecho habilita nuevas discusiones sobre la herramienta y sobre su uso para la modelización buscada. Nuevamente es importante la discusión metacognitiva que permite incorporar conceptualmente las características, límites y ventajas de la modelización en general y de la matemática en particular.

Llegado este punto se trabaja con los estudiantes formas de mejorar la modelización de la curva: agregar otros puntos para el cálculo de la aproximación polinómica, revisando en qué lugares es conveniente agregarlos; cuál es la distancia óptima entre los puntos para obtener la mejor modelización de la curva, entre otros aspectos que se pueden analizar.

En la Figura 8 se muestra el resultado obtenido al agregar cuatro puntos, y se puede observar en el mismo gráfico ambos polinomios de grado 14. Los estudiantes pueden experimentar con el software para tratar de determinar la mejor aproximación polinómica posible.

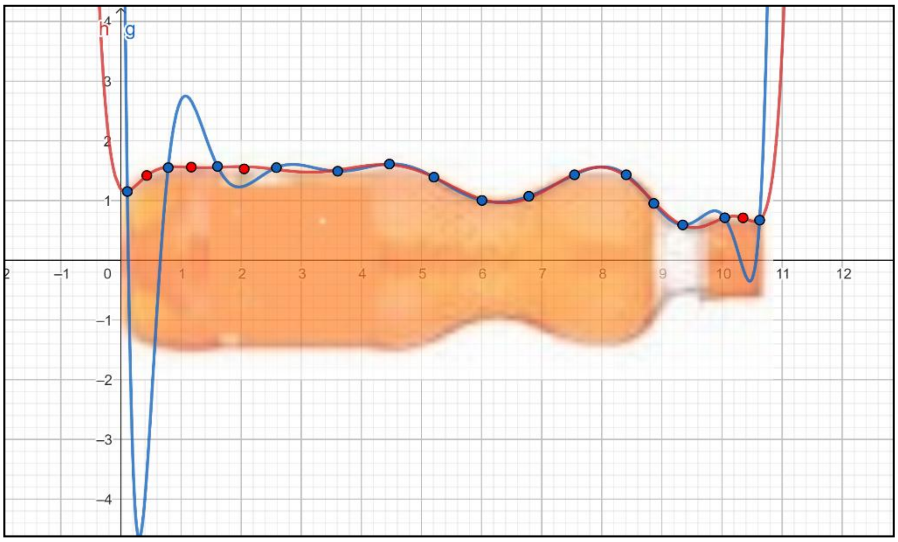

Figura 8. Ajustes polinómicos mediante polinomios de grado 14 utilizando GeoGebra. Curva original en azul. Puntos agregados y nueva aproximación polinómica en rojo. Fuente: elaboración propia

Respecto del grado del polinomio obtenido al utilizar GeoGebra, este software provee el uso de deslizadores que permiten disponer de una manera dinámica y en una misma imagen, la comparación entre la curva usada como modelo, el contorno de la botella y el grado del polinomio. Se puede pedir a los estudiantes que determinen cuál es el polinomio de menor grado que aproxima de una manera eficaz el contorno de cada botella, y si el aumento de ese grado tiene correlación con una mejor aproximación. La Figura 9 muestra el ejemplo de un desarrollo que se puede realizar en GeoGebra, a partir de la gráfica obtenida anteriormente.

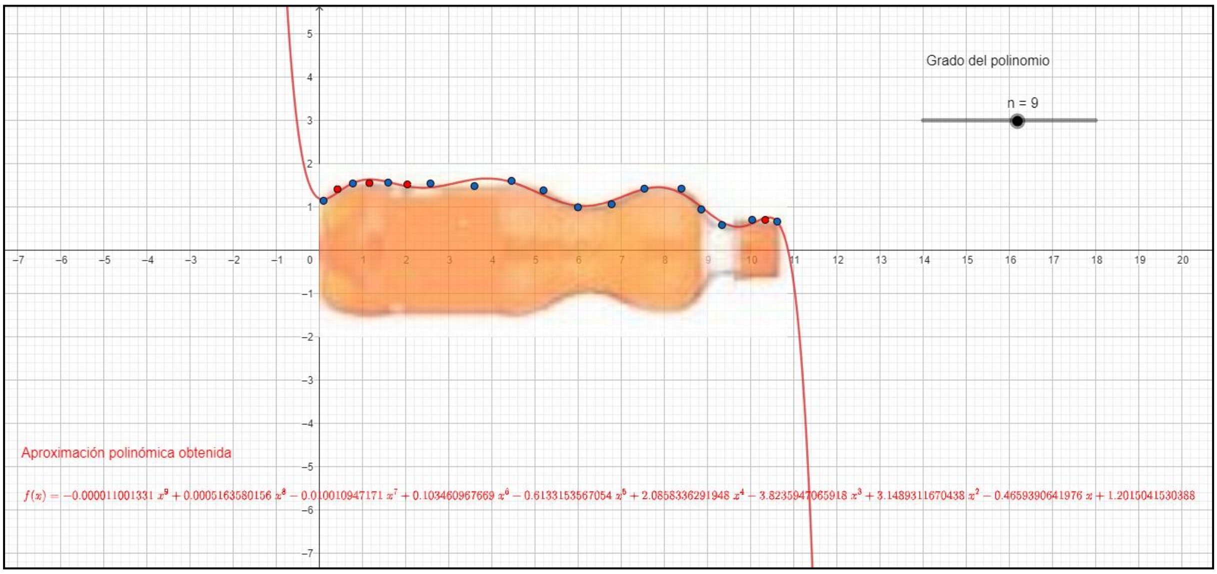

Figura 9. Ajuste polinómico mediante un polinomio de grado *n* utilizando GeoGebra. Fuente: elaboración propia (https://www.geogebra.org/m/zbm6tbe3).

El uso de GeoGebra facilita la exploración de estas opciones, ya que el software permite que los estudiantes operen directamente sobre el objeto y sobre la imagen de ese objeto puesta en un gráfico, y realicen una investigación empírica del modelo matemático. La experimentación numérica realizada a mano resulta una metodología monótona y rutinaria, perdiéndose la agilidad que debe caracterizar la exploración y el aprendizaje por descubrimiento. Sin embargo, luego de mostrar la utilidad mediante GeoGebra, se puede sumar a la actividad el trabajo de obtener polinomios de grado bajo (dos o tres) para que los estudiantes entiendan cómo es el recurso matemático que permite obtener el polinomio, y a la vez muestra la utilidad de otros recursos matemáticos como los sistemas de ecuaciones lineales, aunque se utilice el software para obtener las soluciones. La idea es que en lugar de trabajar con esos clásicos ejercicios de métodos para “hallar la parábola que pasa por tres puntos dados” los estudiantes vean la necesidad de conocerlos para poder usarlos en la modelización.

Una última reflexión a llevar a cabo con los estudiantes es acerca del carácter abierto que tiene la mejor o peor aproximación polinómica del contorno. Los parámetros para establecer este juicio involucran al menos dos elementos: la mejor o peor aproximación entre curva y contorno y la complejidad del polinomio que se obtiene. La discusión debe conducir a los estudiantes al problema de la toma de decisiones respecto de la selección del modelo y los criterios que se ponen en juego.

4. Consideraciones finales

Se presentó en el apartado anterior un esbozo de una secuencia de actividades que apuntan a introducir a los estudiantes en la modelización matemática, o al menos en algunos de los elementos que aparecen en el ciclo de modelización. En el desarrollo de la secuencia los estudiantes pueden apreciar que el propósito del modelo condiciona la situación idealizada (dominio D en la Figura 1) y también el recurso matemático de representación (dominio M en la Figura 1) además del mapeo de D en M.

El propósito de un modelo se vincula con un aspecto del modelo, aquel que anteriormente se mencionó como “modelo para” mientras que el artefacto o proceso que se modela se vincula con otro aspecto del modelo, aquel mencionado como “modelo de”. En cualquier modelo que se considere, sea o no matemático, no pueden disociarse ambos aspectos. Todo modelo involucra los dos aspectos, todo modelo tiene un “de” y un “para”. Aún en aquellos modelos clásicos que son propuestos como “modelos de”, por ejemplo el modelo de movimiento planetario de Kepler, hay un “para”. El modelo kepleriano tiene como propósito explicar y predecir movimientos y posiciones planetarias. Lo mismo ocurre con el modelo de ADN de la doble hélice y con la mayoría de los modelos en ciencia que buscan explicar y predecir. En ingeniería, en cambio, interesan modelos prospectivos, modelos que son formulados para desarrollar otra cosa, para diseñar o modificar un artefacto o un proceso. Un objetivo de las actividades presentadas es que los estudiantes asimilen esta distinción entre el “de” y el “para” que hay en todo modelo. Por eso se consideró la elección del mismo objeto o el mismo tipo de objetos con fines diferentes en las distintas partes de la secuencia.

Un segundo objetivo de la secuencia esbozada es que los estudiantes relacionen el sistema de representación con el propósito, el “para” del modelo.

El uso de GeoGebra apunta a que los estudiantes se introduzcan en la modelización matemática aunque no manejen ciertos recursos matemáticos que, a la vez, pueden ser introducidos a posteriori en función de su utilidad o necesidad.

La propuesta está pensada para aplicarla al comienzo de la formación en ingeniería cuando los estudiantes trabajan recursos de análisis de funciones de variable real, aunque puede aplicarse al inicio de la formación de estudiantes de cualquier carrera en las que se empleen recursos matemáticos y en la formación de profesores.

Para futuros ingenieros, es fundamental la relación entre los distintos propósitos y la necesidad de diferentes modelos y sistemas de representación. Este enfoque permite, a la vez, introducir conceptos matemáticos relevantes y útiles para resolver problemas específicos mediante el uso de modelos adecuados.

Se utilizan en la secuencia problemas concretos para introducir nuevos conceptos o métodos matemáticos, avanzando hacia un análisis más complejo, desde el punto de vista matemático, a medida que los estudiantes progresan.

La inclusión de software matemático ofrece posibilidades que otro tipo de recursos no tienen: visualizar figuras geométricas, graficar funciones, generar modelos y experimentar con ellos mientras se aprenden nuevos recursos matemáticos. Estas posibilidades ofrecen la oportunidad de mejorar las prácticas docentes y los aprendizajes de los alumnos.

En esta propuesta se desarrollan habilidades y destrezas requeridas en el ciclo de modelización con distintos niveles de complejidad. Se logra también una mayor integración de contenidos entre diferentes áreas temáticas de la formación del ingeniero.

Con este enfoque, los estudiantes no solo aprenden conceptos matemáticos relevantes, sino que también comprenden cómo aplicar estos conceptos en la resolución de problemas prácticos, mejorando su capacidad de modelización.

Referencias bibliográficas

Blum, W., y Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems?. En Haines, C., Galbraith, P., Blum, W. y Khan, S. (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics*. Chichester, England: Horwood Publishing, 221-230.

Borba, M. y Villareal, M. (2005). *Humans whith Media and the Rorganinzation of Mathematical Thinking. Informations and communication technologies. Modeling, experimentation and visualization*. New York: Srpinger. https://doi.or/10.1007/b105001.

Cafferata Ferri, S., Campillo, A., Paruelo, J. y Srour, Y. (2024). Modelización matemática utilizando tecnologías digitales. X Jornadas Nacionales y VI Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas – IPECyT 2024. Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional. Septiembre de 2024. DOI: https://doi.org/10.33414/ajea.1797.2025.

Constantinou, C. P.; Nicolaou, C.; Papaevripidou, M. (2019). A Framework for Modeling-Based Learning, Teaching, and Assessment. En Upmeier zu Belzen, A.; Krüger, D.; van Driel, J. (2019). *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Springer - Cham, Suiza.

Dreamstime (2025). Botella de maíz, pimienta y guisantes en la batería de cristal. https://es.dreamstime.com/im%C3%A1genes-de-archivo-libres-de-regal%C3%ADas-ma%C3%ADz-pimienta-y-guisantes-image5440809.

Gilbert, J., y Justi, R. (2016). *Modelling -based Teaching in Science Education*. Switzerland: Springer International Publishing.

Gouvea, J., y Passmore, C. (2017). ´Models of´versus ´models for´. Toward an agent-based conception of modeling in the science classroom. *Science & education*. DOI: 10.1007/s11191-017-9884-4.

Halloum, I. (2007). Mediated modeling in Science ducation. *Science & Education*, 16(7), 653-697.

Lesh, R. y Doerr, H. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. En Lesh, R. y Doerr, H. (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 3-34.

Lesh, R., y Leher, R. (2003). Models and modelling perspectives on the development of students' understanding of mathematical concepts. En English, L. (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 575-604.

López Gómez, J. (2012). Modelación matemática en la enseñanza de sistemas de ecuaciones lineales. Tesis, Universidad de Veracruz, Mexico.

Niss, M. y Blum, W. (2020). *The learning and teaching of mathematical modelling*. Routledge. New York.

Oliva, J. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *37*(2), 5-24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648.

Paruelo, J., Cafferata Ferri, S., Campillo, A. y Srour, Y. (2023). Enseñar matemática a partir de la modelización. *IX Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería – JEIN 2023*. Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional. Septiembre de 2023. DOI: 10.33414/ajea.1365.2024

Paruelo, J., Cafferata Ferri, S., Campillo, A. y Srour, Y. (2024). Modelos: propósitos y representación matemática. *XXIV Encuentro Nacional y XVI Encuentro Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería* – EMCI 2024. Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional. Mayo de 2024. DOI: https://doi.org/10.33414/ajea.1759.2024.

Upmeier zu Belzen, A.; Krüger, D.; van Driel, J. (2019). *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Springer - Cham, Suiza.

Cafferata Ferri, Silvina: Licenciada en Enseñanza de las Ciencias con Orientación en Didáctica de la Matemática. Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales con Mención en Matemática. Profesora Asociada de Análisis Matemático I en UTN-FRBA. Investigadora UTN Categoría C. https://orcid.org/0009-0007-3245-0304.
Campillo, Andrea: Licenciada en Ciencias Aplicadas. Magister en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales con Mención en Matemática. Profesora Adjunta en Análisis Matemático II. Investigadora UTN categoría E, V en el Programa de Incentivos a Docentes e Investigadores de Universidades Nacionales. https://orcid.org/0009-0001-2755-3698.
Paruelo, Jorge: Lic. en Pedagogía de la matemática. Mg. en docencia universitaria. Prof. Titular de Análisis Matemático I. Investigador B - Universidad Tecnológica Nacional. https://orcid.org/0000-0002-5938-5975.
Srour, Yalile: Licenciada en Ciencias Aplicadas. Profesora asociada en Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático I..Investigadora UTN categoría E , 5 Ministerio de Educación. Orcid es https://orcid.org/0009-0006-3235-5035