

<https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2111>

*Artículos científicos*

***El sistema de prácticas del enfoque ontosemiótico en plataforma Moodle para la enseñanza de interpolación polinomial***

***The ontosemiotic approach practice system in Moodle platform for teaching Polynomial Interpolation***

***O sistema de práticas da abordagem ontossemiótica na plataforma Moodle para o ensino da interpolação polinomial***

**Teresa Carrillo Ramírez**

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[teresacr71@comunidad.unam.mx](mailto:teresacr71@comunidad.unam.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8728-5824>

**María del Carmen González Videgaray**

Universidad Nacional Autónoma de México, México

[mcgv@unam.mx](mailto:mcgv@unam.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4707-3701>

**Sandra Luz Canchola Magdaleno**

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[sandra.canchola@uaq.mx](mailto:sandra.canchola@uaq.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-7497-281X>

## **Resumen**

La asignatura Métodos Numéricos es obligatoria en las carreras de matemáticas e ingeniería debido a que es fundamental para muchos desarrollos computacionales actuales. Sin embargo, aunque su aprendizaje requiere que los estudiantes posean un conocimiento matemático adecuado para comprender y aplicar estos métodos, la enseñanza suele centrarse en la mecanización, lo que conduce a aprendizajes insuficientes. En este contexto, el enfoque ontosemiótico (EOS) (Godino *et al.*, 2007) es un sistema teórico que integra diversas teorías de didáctica de la matemática, y supone que la actividad numérica se centra en la resolución



de problemas. Por tanto, en este estudio se propuso construir y probar una ruta tecnopedagógica basada en el sistema de prácticas del EOS implementada en Moodle con el fin de desarrollar el conocimiento matemático necesario para el aprendizaje y aplicación de métodos de interpolación polinomial. Para ello, se siguió la metodología de investigación-acción con el propósito de desarrollar materiales y actividades, y seleccionar problemas contextualizados disponibles en la plataforma Moodle. Los estadísticos generados por la plataforma ayudaron a validar la ruta propuesta, y se realizó un análisis cuantitativo de las calificaciones y registros en Moodle, junto con un análisis cualitativo de la percepción de los estudiantes. Los resultados muestran que el sistema de prácticas del EOS implementado en Moodle mejora el aprendizaje matemático, con una tasa de aprobación del 86 %. Asimismo, los estudiantes destacaron que los problemas contextualizados fueron el elemento que más contribuyó a su aprendizaje. Por tanto, se puede sugerir que esta propuesta podría generalizarse para la enseñanza de matemáticas computacionales en educación superior.

**Palabras clave:** semiótica, educación matemática, tecnopedagógico, métodos numéricos, educación superior.

## Abstract

The subject of numerical methods is a must in mathematics and engineering careers; its formative practice is the substantial basis of many of the current computational developments. Its learning requires that the student has the mathematical knowledge that allows him/her to understand and apply them, however, its teaching is usually focused on mechanization, producing insufficient learning. The Ontosemiotic Approach (EOS) (Godino et al., 2007) is a theoretical system that integrates various theories of Didactics of Mathematics, which assumes that mathematical activity is focused on problem solving. The objective of this work was to build and test a technopedagogical route based on the EOS practice system implemented in Moodle to achieve the mathematical knowledge required for the learning and application of polynomial interpolation methods.

The research-action methodology was followed. Materials, activities and contextualized problems were elaborated and selected, all arranged in the Moodle platform. The statistics generated by the platform provided elements that allowed validating the route. A quantitative analysis was made of the grades and records in the Moodle platform, and a qualitative analysis of the students' perception. The results reveal that the EOS practice system

implemented in the Moodle platform improves mathematical learning, achieving 86% school approval. Students recognize the contextualized problems as the element that contributed most to their learning. This proposal could be generalized for teaching computational mathematics in higher education with promising results.

**Key words:** semiotic, mathematics education, techno-pedagogic, numerical methods, higher education.

## Resumo

A disciplina de Métodos Numéricos é obrigatória nos cursos de matemática e engenharia porque é fundamental para muitos desenvolvimentos computacionais atuais. No entanto, embora a sua aprendizagem exija que os alunos tenham conhecimentos matemáticos adequados para compreender e aplicar estes métodos, o ensino normalmente centra-se na mecanização, o que leva a uma aprendizagem insuficiente. Neste contexto, a abordagem ontossemiótica (EOS) (Godino et al., 2007) é um sistema teórico que integra diversas teorias do ensino da matemática e assume que a atividade numérica se concentra na resolução de problemas. Portanto, este estudo se propôs a construir e testar um percurso técnico-pedagógico baseado no sistema de prática EOS implementado no Moodle a fim de desenvolver o conhecimento matemático necessário ao aprendizado e aplicação de métodos de interpolação polinomial. Para isso, seguiu-se a metodologia da pesquisa-ação com o objetivo de desenvolver materiais e atividades, e selecionar problemas contextualizados disponíveis na plataforma Moodle. As estatísticas geradas pela plataforma ajudaram a validar o percurso proposto, sendo realizada uma análise quantitativa das notas e registros no Moodle, juntamente com uma análise qualitativa da percepção dos alunos. Os resultados mostram que o sistema de prática EOS implementado no Moodle melhora a aprendizagem matemática, com uma taxa de aprovação de 86%. Da mesma forma, os alunos destacaram que os problemas contextualizados foram o elemento que mais contribuiu para a sua aprendizagem. Portanto, pode-se sugerir que esta proposta poderia ser generalizada para o ensino de matemática computacional no ensino superior.

**Palavras-chave:** semiótica, educação matemática, tecnopedagógico, métodos numéricos, ensino superior.

**Fecha Recepción:** Febrero 2024

**Fecha Aceptación:** Julio 2024



## Introducción

En las matemáticas, al igual que en la mayoría de los campos del conocimiento, constantemente surgen propuestas, teorías y herramientas que dan lugar a la aparición de nuevos modelos de enseñanza. De hecho, en caso concreto de las matemáticas, se reconoce la importancia de las funciones semióticas, las cuales promueven la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas para mejorar las habilidades cognitivas de los estudiantes (Sumarwati *et al.*, 2020) y fomentar su motivación (Márquez *et al.*, 2019).

Tomando en cuenta esta perspectiva, el proceso de enseñanza-aprendizaje puede abordarse desde dos vertientes: la necesidad de dominar los contenidos y la integración de elementos que marquen el proceso mediado por el uso de las TIC. Este enfoque no puede ser ni arbitrario ni desarticulado, tanto en lo técnico como en lo pedagógico (Grisales Aguirre, 2018).

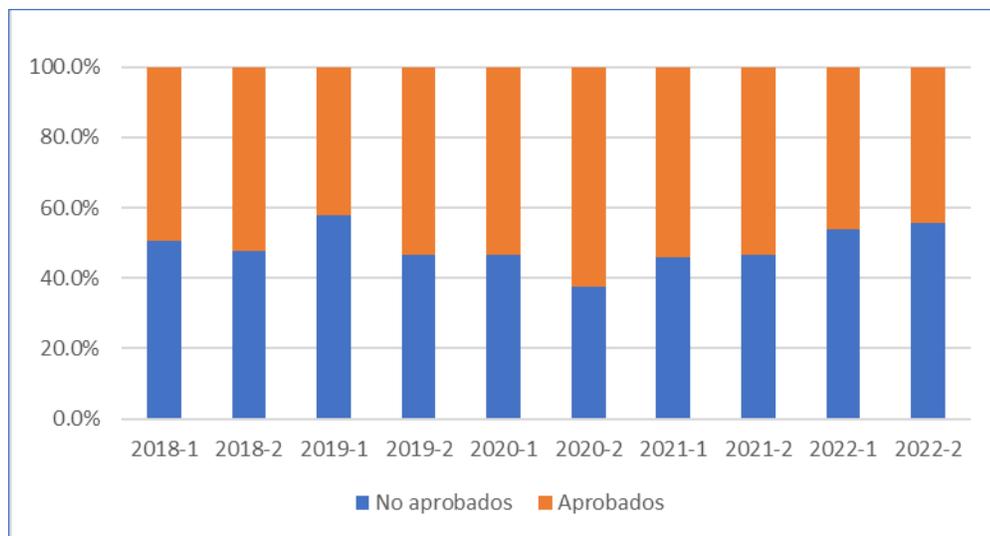
El enfoque ontosemiótico (EOS) para la instrucción matemática (Godino *et al.*, 2007) es un sistema teórico que integra diversas aproximaciones y modelos teóricos utilizados en la investigación en didáctica de la matemática. Para ello, establece criterios para la adecuación entre los significados personales obtenidos por los estudiantes (aprendizaje) y los institucionales pretendidos (enseñanza), por lo que toma en cuenta las circunstancias y los recursos disponibles en el entorno educativo (Breda *et al.*, 2017). Además, proporciona las bases para una propuesta educativo-instruccional que reconoce la importancia de la transmisión de conocimientos contextualizados y significativos para los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Godino, 2019), lo que implica la participación del estudiante en la comunidad de prácticas.

Los métodos numéricos se ocupan del estudio, análisis y desarrollo de algoritmos y procedimientos para obtener soluciones numéricas y computacionales a problemas expresados matemáticamente. Estos representan una reflexión sobre los métodos analíticos de álgebra y cálculo para obtener resultados numéricos de problemas matemáticos que corresponden a diversos fenómenos o procesos. Actualmente, los métodos numéricos se consideran esenciales en la computación científica, de ahí que se hayan convertido en herramientas fundamentales para profesionales en carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Chapra y Canale, 2015).

Sin embargo, la enseñanza actual de métodos numéricos enfrenta como principal dificultad la vinculación de los conocimientos matemáticos con problemas del mundo real, lo cual es resultado de deficiencias en los conocimientos matemáticos previos (Bhatti, 2019) y problemas actitudinales o cognitivos (Tupacyupanqui-Jaen *et al.*, 2018). Por lo tanto, es común que el aprendizaje se reduzca a la mecanización o memorización, lo que minimiza la comprensión matemática (Montero *et al.*, 2015).

Por tal motivo, en este trabajo se presenta una ruta tecnopedagógica sustentada en el EOS para el enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos con el fin de verificar su idoneidad. En la licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se imparten dos cursos de métodos numéricos, en el 3.<sup>er</sup> y 4.<sup>o</sup> semestre, donde los índices de reprobación son elevados, como se muestra en la figura 1. Además, aproximadamente el 50 % de los estudiantes no aprobados obtuvieron NP (no presentó), es decir, abandonaron el curso.

**Figura 1.** Porcentaje de aprobación-reprobación semestral en los cursos de métodos numéricos



Fuente: Coordinación del Programa de Matemáticas Aplicadas y Computación

Ante esta problemática, se eligió la unidad temática correspondiente a interpolación y aproximación polinomial para implementar en la plataforma Moodle del curso una ruta tecnopedagógica sustentada en el sistema de prácticas del EOS. El objetivo de este trabajo fue construir y probar una ruta tecnopedagógica basada en el enfoque ontosemiótico implementada en Moodle con el propósito de desarrollar el conocimiento matemático necesario para el aprendizaje y aplicación de los métodos de interpolación polinomial.

## Revisión de la literatura

La enseñanza-aprendizaje de las matemáticas no es un proceso simple, pues amerita el desarrollo de competencias cognitivas como la observación, el análisis y la interpretación, entre otras. Por lo tanto, son necesarias estrategias que faciliten la adquisición de contenidos mediante actividades contextualizadas donde se pongan de manifiesto habilidades mentales para la construcción de nuevos conocimientos (Bolaño-Muñoz, 2020).

De acuerdo con Duval (2016), las representaciones semióticas son herramientas comunes para producir nuevo conocimiento y son el único medio de acceso a los objetos matemáticos, mientras que las estrategias matemáticas implican la transformación de representaciones. Esta actividad cognitiva es realizada por quien aprende, pero debe ser promovida por quien enseña. Por lo tanto, la enseñanza de las matemáticas demanda del docente el reconocimiento de la importancia de las representaciones semióticas y el dominio de estrategias que faciliten estas funciones.

Sobre este tema, Godino (2011) señala que “la tecnología es esencial en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, como medio para influenciar positivamente en lo que se enseña e incrementar el aprendizaje de los estudiantes” (p. 13). Además, la tecnología puede emplearse como herramienta para facilitar el trabajo autónomo y colaborativo, fortalecer las competencias metacognitivas y promover la interacción social y la resolución colaborativa de problemas (Galindo Illanes *et al.*, 2022). Al respecto, Grisales Aguirre (2018) explica:

Para lograr que las herramientas tecnológicas que se involucren en los procesos de instrucción matemática surtan los efectos deseados, se requiere que el diseño, implementación y evaluación de recursos y estrategias, se lleve a cabo de manera rigurosa y estructurada en el marco de lo disciplinar, lo pedagógico y lo técnico (p. 210).

### El sistema de prácticas en el enfoque ontosemiótico

El enfoque ontosemiótico (EOS) (Godino *et al.*, 2007) es un sistema teórico que integra diversas aproximaciones y modelos teóricos utilizados en la investigación en educación matemática. Este considera que la matemática es una actividad humana centrada en la resolución de problemas a través de una secuencia de prácticas que involucran procesos de significación, conjetura y argumentación. Para ello, se propone la noción de situación problema en la práctica matemática (Galindo Illanes *et al.*, 2022).

El EOS divide el análisis de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en epistemológico, cognitivo e instruccional (Alvarado y Batanero, 2008), los cuales aborda desde los modelos de significados de los objetos matemáticos, de las funciones semióticas y de las configuraciones didácticas (Godino *et al.*, 2007), respectivamente. Sobre esta terminología, cabe destacar que un objeto matemático es cualquier entidad involucrada en la práctica matemática que pueda identificarse como una unidad. Por tanto, el EOS asume que el conocimiento de un objeto por un sujeto (individuo o institución) se construye a través de un conjunto de funciones semióticas, donde el objeto interviene como expresión o contenido. Finalmente, el significado de un objeto matemático radica en la correspondencia entre ese objeto y el sistema de prácticas donde interviene (Galindo Illanes *et al.*, 2022).

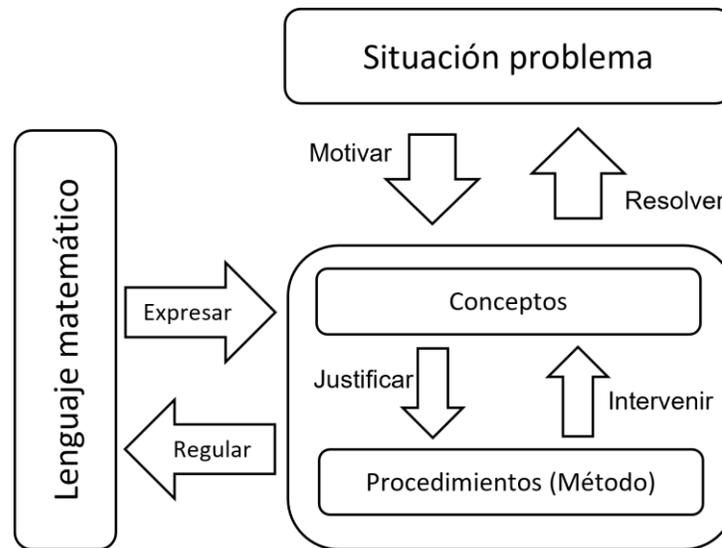
Por otro lado, una práctica matemática se define como una secuencia de acciones normada por reglas establecidas institucionalmente, orientada hacia un objetivo, generalmente resolver un problema, comunicar la solución a otros y validarla o generalizarla. Para Godino *et al.* (2007), una descomposición de los sistemas de prácticas en otras más sencillas evidencia la necesidad de objetos que permitan analizar con detalle la actividad matemática como una relación de objetos elementales, es decir, la función semiótica. En este sentido, la configuración ontosemiótica representa la relación entre objetos, procesos matemáticos y prácticas (Pino-Fan, 2017).

Ahora bien, el sistema de prácticas como configuración del EOS consta de dimensiones que deben estar presentes en el proceso de instrucción matemática (Pino-Fan, 2017):

- Epistémica: El contenido matemático estudiado.
- Cognitiva: Los conocimientos previos y el desarrollo de significados personales.
- Afectiva: La distribución de actitudes, emociones y motivaciones.
- Mediacional: Los recursos (tecnológicos) utilizados.
- Interaccional: Las interacciones entre los participantes del proceso.
- Ecológica: La ubicación del tema, su relación con otros temas y con el currículo.

Con base en lo anterior, en este trabajo se adaptó la configuración epistémica propuesta por D'Amore *et al.* (2007) en la figura 2 para relacionar los objetos matemáticos involucrados en los métodos de interpolación polinomial y las situaciones problema en un sistema de prácticas adaptado para su implementación en la plataforma Moodle.

**Figura 2.** Configuración epistémica del sistema de prácticas



Fuente: Elaborado a partir de D'Amore *et al* (2007, p. 59)

### Enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos

Los métodos numéricos constituyen una alternativa matemático-computacional para resolver modelos matemáticos complejos cuya solución analítica es difícil o imposible de obtener. Aunque los cursos de métodos numéricos no tienen como objetivo principal demostrar formalmente su base matemática, pues se asume que los estudiantes ya la poseen, es crucial que esto sea cierto, dado que los métodos numéricos requieren la implementación computacional de conceptos y procedimientos matemáticos (Jerše y Lokar, 2017).

Esta naturaleza procedimental conduce a que los estudiantes, además de enfrentar dificultades para comprender y aplicar los algoritmos, reduzcan su aprendizaje a procesos de mecanización y memorización, lo que disminuye el razonamiento lógico, el pensamiento creativo y crítico, así como la capacidad para buscar soluciones y procesar y analizar información (Montero *et al.*, 2015). Flórez *et al.* (2019) sugieren que estas dificultades pueden ser resultado de la falta de competencias y conocimientos necesarios para abordar problemas aplicados, donde conceptos, teoremas y demostraciones pueden quedar en un nivel de abstracción difícil de asimilar y aplicar. Además, en la resolución de problemas numéricos, no se cuenta con la certeza que proporcionan las demostraciones y teoremas, lo que implica convivir con el error y diferentes grados de incertidumbre.

Estas dificultades, junto con la dificultad para vincular los conocimientos matemáticos con el mundo real, representan los principales obstáculos para el aprendizaje

efectivo de los métodos numéricos (Monteiro *et al.*, 2021; Montero *et al.*, 2015). Por ello, en la búsqueda de mejoras para su enseñanza, tanto en su base teórica como práctica, se recurre al uso de tecnologías, como herramientas de MS Excel (Mendonca *et al.*, 2016), Matlab (Monteiro *et al.*, 2021; Rumbaut Leon y Quindemil Torrijo, 2017) o GeoGebra (Allan *et al.*, 2017; Becerra-Romero *et al.*, 2019) para facilitar la parte numérica-procedimental. Estas permiten desarrollar habilidades prácticas y explorar activamente los conceptos matemáticos, con lo cual se promueve la actividad matemática y su aplicación en la solución de problemas (Mendonca *et al.*, 2016).

Por otro lado, estas tecnologías también se emplean con propósitos pedagógicos, creando un ambiente de exploración que fomente un papel activo del estudiante en su aprendizaje (Handayani *et al.*, 2017; Rabi y Caneppele, 2018; Raichman *et al.*, 2013), pues en todos los casos se enfatiza el aprendizaje mediante la práctica, lo que facilita una comprensión más profunda y una aplicación más efectiva de los métodos numéricos. En particular, la programación se destaca como uno de los recursos más empleados en la enseñanza de métodos numéricos, ya que permite desarrollar habilidades de análisis, abstracción y procesamiento de información (Gwynllyw *et al.*, 2020; Jerše y Lokar, 2017).

Además de estas estrategias, se han desarrollado enfoques que consideran aspectos actitudinales y cognitivos (Montero *et al.*, 2015; Tupacyupanqui-Jaen *et al.*, 2018), como el modelo de aula invertida (Clark *et al.*, 2018; Johnston, 2017). También se han implementado propuestas que centran las estrategias en el estudiante mediante el uso de plataformas de aprendizaje como Moodle (Becerra-Romero *et al.*, 2019), las cuales —según Handayanto *et al.* (2018)— aumentan la motivación de los estudiantes. Por eso, según Flórez Escobar *et al.* (2019), las prácticas contextualizadas son fundamentales para el aprendizaje de los métodos numéricos, aunque cabe señalar que ninguno de estos enfoques menciona explícitamente el uso de la didáctica de la matemática para el diseño de los procesos de instrucción.

Considerando que el aprendizaje es un proceso influenciado por una variedad de elementos del sujeto que enseña, del que aprende y del ambiente de aprendizaje, corresponde al docente seleccionar estrategias adecuadas para contribuir al desarrollo de habilidades que faciliten el logro del aprendizaje deseado. La incorporación de tecnologías con fines pedagógicos y semióticos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos proporciona herramientas para diversificar los recursos de enseñanza (gráficas, animaciones, tablas, diagramas, etc.), con lo cual se puede promover la construcción de representaciones de los objetos matemáticos implicados.

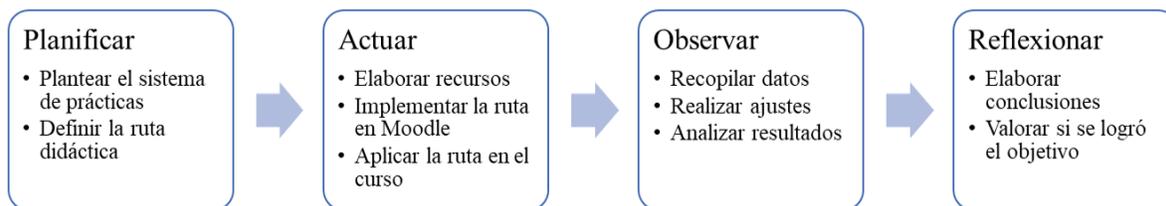
No obstante, es importante destacar que el aprendizaje no depende del medio utilizado, sino de las estrategias y técnicas aplicadas sobre ese medio, las cuales deben fomentar las habilidades de interacción y comunicación del estudiante (Tupacyupanqui-Jaen *et al.*, 2018). Por eso, en este trabajo se desarrolla y prueba una ruta tecnopedagógica para la enseñanza-aprendizaje de los métodos de interpolación y aproximación polinomial.

## Método y material

Para lograr el objetivo de este trabajo se siguió la metodología investigación-acción con un enfoque mixto, pues se procuró recolectar y analizar resultados a lo largo de la aplicación del sistema de prácticas para la enseñanza-aprendizaje de los métodos de interpolación y ajuste polinomial. Las etapas de la metodología se muestran en la figura 3.

La ruta tecnopedagógica se aplicó durante el semestre 2023-2, en el curso de Métodos Numéricos II de la licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación de la Universidad Nacional Autónoma de México. La población de estudio estuvo constituida por dos grupos con un total de 88 estudiantes.

**Figura 3.** Metodología investigación-acción



Fuente: Elaboración propia

La unidad correspondiente a interpolación y aproximación polinomial contempla los siguientes métodos:

- Interpolación de Lagrange.
- Interpolación por diferencias divididas.
- Interpolación por diferencias de Newton.
- Interpolación de Hermite.
- Ajuste polinomial por Spline cúbico.
- Ajuste polinomial por mínimos cuadrados.

Para evaluar los resultados parciales se consideraron los registros de los cuestionarios que genera la plataforma Moodle, calificaciones promedio, coeficiente de consistencia, tasa de error y error estándar (Moodle, 2022), así como el desempeño académico al final de la unidad temática y la percepción de los estudiantes mediante una encuesta.

## Planificación

En los recursos y actividades para la ruta se definieron acciones correspondientes a las dimensiones del sistema de prácticas del EOS que se muestran en la Tabla 1. Es importante aclarar que estas dimensiones no son secuenciales, es decir, van implícitas en las distintas actividades y recursos. Asimismo, una acción puede ser parte de más de una dimensión.

**Tabla 1.** Dimensiones del sistema de prácticas

Dimensión	Acciones
Epistémica	Recuperar conocimientos previos. Propiciar la construcción de conocimientos necesarios.
Cognitiva	Favorecer competencias matemáticas. Definir procedimientos. Resolver ejercicios y problemas contextualizados.
Afectiva	Generar interés en el tema estudiado. Motivar la participación en las distintas actividades. Propiciar la argumentación matemática.
Interaccional	Emplear la plataforma como aula virtual. Promover la comunicación docente-estudiantes y entre los estudiantes.
Mediacional	Emplear herramientas para diversificar formatos de recursos. Emplear la plataforma Moodle para la interacción, la comunicación, la disposición de materiales y la realización de actividades. Emplear <i>software</i> matemático y recursos digitales para explicar, visualizar y experimentar los conceptos y los procedimientos.

Fuente: Elaboración propia

En las dimensiones cognitiva y epistémica, el uso de las tecnologías tiene como objetivo principal favorecer la actividad matemática y facilitar los procesos de abstracción (justificar-intervenir). En las dimensiones interaccional y afectiva, la tecnología se emplea

para facilitar la interacción entre los participantes (expresar-regular) y para motivar al estudiante. En la tabla 2 se presentan las etapas de la ruta tecnopedagógica, resultado de la adaptación de la configuración epistémica del sistema de prácticas de la figura 2 con sus correspondientes acciones y materiales. Todos los materiales y actividades quedaron dispuestos en la plataforma Moodle de acuerdo con las etapas de la ruta como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Etapas de la ruta tecnopedagógica

Etapa	Acciones	Materiales
Presentación inicial	Recuperar conocimientos previos Generar interés	Diapositivas /video /documento/gráficas
Presentación práctica	Favorecer competencias matemáticas (aplicar conceptos) Deducir el método Definir procedimientos	Software matemático (GeoGebra, Mathematica), hoja de cálculo
Autoevaluación	Resolver problemas Aplicar conceptos y procedimientos	Cuestionario Moodle
Implementación computacional	Traducir el lenguaje matemático a un algoritmo	Software matemático Programación
Aplicación	Resolver las situaciones problema del sistema de prácticas	Problemas contextualizados
Cierre	Reestructuración de conceptos Evaluación sumativa	Mapa conceptual

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el sistema de prácticas estuvo integrado por situaciones problema (Figura 2) que requieren para su solución de los métodos de interpolación y aproximación polinomial. Estos problemas (Tabla 3) se seleccionaron procurando que fueran lo más parecidos posible a los que el estudiante encontraría en el ejercicio profesional.

**Tabla 3.** Situaciones problema del sistema de prácticas

Método	Situación problema
Polinomio de Lagrange	Divorcios anuales en el estado de Tlaxcala.
Polinomio de diferencias divididas	Decesos diarios por covid-19 durante el primer bimestre de 2022.
Polinomio de Newton	Presiones de vapor a diferentes temperaturas de 1-3 butadieno.
Polinomio de Hermite	Distancia y velocidad con respecto al tiempo del recorrido de un automóvil.
Ajuste por <i>splines</i> cúbicos	Dibujo del perfil de una caricatura con GeoGebra.
Ajuste por mínimos cuadrados	Construcción de modelos de contagios covid-19 por sexo y edad.

Fuente: Elaboración propia

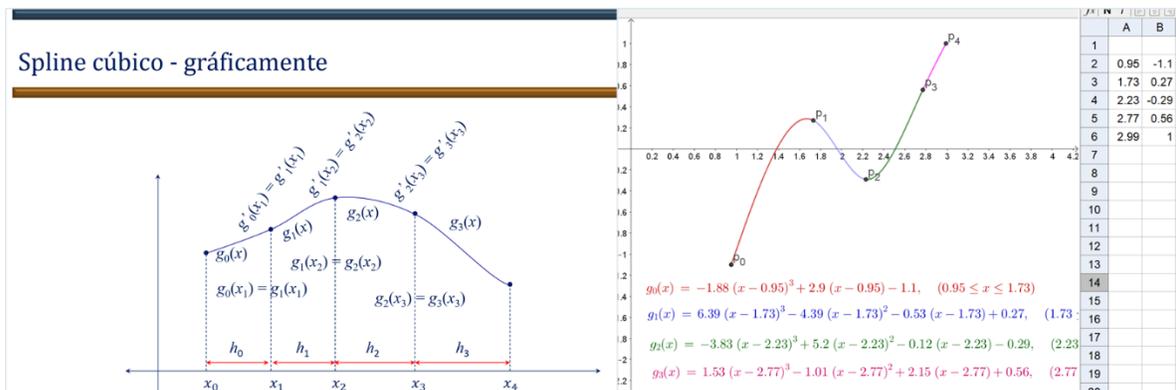
### Materiales e implementación

Para las presentaciones inicial y práctica de cada método, se elaboraron los materiales de acuerdo con las dimensiones epistémica y cognitiva. El contenido de cada una fue el siguiente:

- Problema detonante para atraer la atención del estudiante.
- Introducción de conceptos para recuperar conocimientos previos.
- Apoyos gráficos en la mayor medida posible.
- Deducción de los métodos con apoyo de GeoGebra, Mathematica o Excel, aplicando los conceptos y guiando al estudiante en el proceso.

En la Figura 4 se muestran ejemplos de estos recursos para el método de *spline* cúbico.

**Figura 4.** Ejemplos de recursos empleados para el método de *spline* cúbico



Fuente: Elaboración propia

Además, a través de la plataforma, se facilitaron los recursos empleados en clase, como notas en documento PDF, un video con la explicación del método y, en algunos casos, recursos disponibles en la web previamente validados.

Para las actividades de autoevaluación, se elaboraron cuestionarios en Moodle cuidando que los reactivos promovieran funciones semióticas y la construcción de significados que permitieran al estudiante reafirmar lo aprendido y evaluar su comprensión de conceptos, dominio del procedimiento y aplicación de conocimientos. Con el fin de motivar al estudiante, se asignaron tres intentos para cada cuestionario, y se conservó la calificación más alta obtenida, lo que brindaría al alumno la oportunidad de revisar materiales y reflexionar sobre las respuestas.

Al finalizar el cuestionario, como retroalimentación, el estudiante podía revisar las respuestas correctas y entender las principales causas de error, lo cual refuerza la dimensión cognitiva. En la figura 5 se presentan ejemplos de los reactivos empleados en estas actividades.

**Figura 5.** Ejemplos de reactivos en los cuestionarios de autoevaluación

¿Qué representa el valor del parámetro  $s$ ?

Seleccione una:

a. La distancia entre cada uno de los puntos de la tabla

b. La relación de las diferencias y las diferencias divididas

c. La distancia del punto a interpolar con respecto al resto de los valores de la tabla

Completar los elementos de la tabla de diferencias, después construye el polinomio de tercer grado para estimar los valores de  $f(x = 0.2)$  y  $f(x = 0.7)$ .

**Nota:** Captura los valores redondeado a **cinco cifras** (ni más ni menos).

$i$	$x_i$	$f(x_i)$	$\Delta f(x_i)$	$\Delta^2 f(x_i)$	$\Delta^3 f(x_i)$
0	0.125	0.79168			
1	0.25	0.77334	-0.02963		
2	0.375	0.74371			
3	0.5	0.70413	-0.04781		
4	0.625	0.65632			
5	0.75	0.60228			

Elementos del polinomio

$h$ :

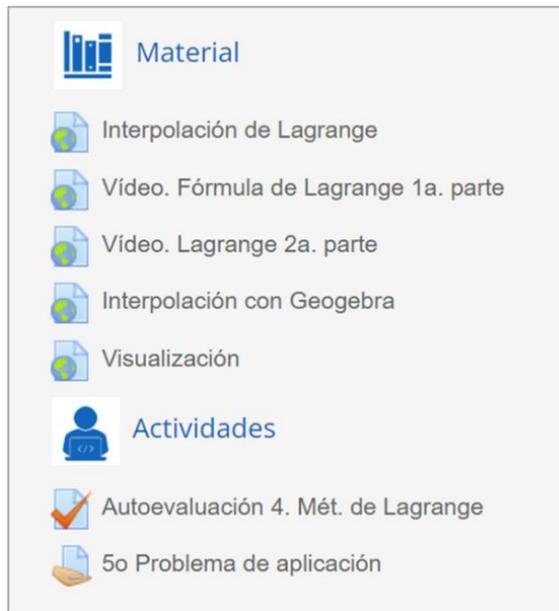
Fuente: Elaboración propia

La actividad central de la ruta tecnopedagógica consistió en la solución de una situación problema —o problema contextualizado— del sistema de prácticas, de forma colaborativa. Esta actividad debía presentarse en un documento formal para cada método con la siguiente estructura:

- Análisis de la situación problema.
- Identificación de datos.
- Resolución del problema mediante la implementación computacional del método.
- Interpretación de resultados.
- Argumentación y justificación de procedimientos y resultados.

Los recursos y actividades antes descritos se dispusieron en un curso en la plataforma Moodle de la institución (<https://sea.acatlan.unam.mx/>), dividiendo cada tema en “Material” y “Actividades” como se observa en la Figura 6.

**Figura 6.** Implementación de la ruta tecnopedagógica en Moodle



Fuente: Elaboración propia

Al final de la unidad temática, como actividades de cierre, el estudiante elaboró un mapa conceptual como instrumento de reafirmación o reestructuración de conocimientos y como preparación para la evaluación de la unidad. Con esto se daba por concluida la ruta.

## Resultados

Los cuestionarios de autoevaluación representaron un medio para que los estudiantes identificaran el avance en su aprendizaje. Además, como evaluación formativa, contribuyeron a la autorregulación y al aprendizaje autónomo. En la tabla 4 se presentan las calificaciones promedio obtenidas en la autoevaluación de cada método y en la solución de la situación problema. Como se puede observar, la calificación promedio en el último intento fue superior a 8/10 en todos los métodos, lo que sugiere que la actividad apoyó significativamente al estudiante, quien logró en gran medida los aprendizajes esperados. Este aprendizaje se refleja en los resultados obtenidos en la resolución de los problemas del sistema de prácticas, donde en todos los casos las calificaciones fueron superiores a las obtenidas en la autoevaluación.

**Tabla 4.** Calificaciones promedio obtenidas en las actividades de la ruta

Método	Calificación promedio		
	Autoevaluación		Sistema de prácticas
	Primer intento	Último intento	Situación problema
Polinomio de Lagrange	7.61	8.55	9.34
Polinomio de diferencias divididas	7.38	8.23	8.40
Polinomio de Newton	8.52	9.30	9.62
Polinomio de Hermite	7.83	8.43	9.30
Ajuste por <i>splines</i> cúbicos	8.03	8.84	9.10
Ajuste por mínimos cuadrados	7.82	8.50	8.77

Nota: Las actividades fueron entregadas por distinto número de estudiantes (Tabla 6).

Fuente: Elaboración propia

Los cuestionarios de autoevaluación fueron validados empleando los registros y estadísticos que genera la plataforma Moodle:

- La consistencia interna indica si las preguntas discriminan entre estudiantes con diferentes habilidades. Un valor superior al 70 % se considera satisfactorio, mientras que uno inferior al 64 % indica que es insatisfactorio.
- La tasa de error estima el porcentaje de la desviación estándar que se debe a efectos aleatorios en lugar de diferencias genuinas de la habilidad entre los estudiantes. Valores superiores al 50 % no son satisfactorios.
- El error estándar es una medida de incertidumbre en la calificación de cualquier estudiante. Si el error estándar excede el 8 %, es probable que una proporción sustancial de los alumnos estén erróneamente calificados.

En la Tabla 5 se concentran estos estadísticos. Puede observarse que el cuestionario del polinomio de Newton fue el menos satisfactorio; además, se detecta un problema en el error estándar, lo cual indica que se requiere un análisis sobre los factores que pueden estar afectando las respuestas de los estudiantes, como los tiempos, la plataforma, los reactivos o el equipo en el que se resuelven, por mencionar algunos.

**Tabla 5.** Estadísticos de los cuestionarios

Método	Consistencia interna	Tasa de error	Error estándar
Polinomio de Lagrange	81.91	42.54	7.53
Polinomio de diferencias divididas	77.81	47.10	9.30
Polinomio de Newton	72.73	52.52	8.79
Polinomio de Hermite	78.34	46.54	11.38
Ajuste por <i>splines</i> cúbicos	80.58	44.05	6.94
Ajuste por mínimos cuadrados	70.16	46.43	7.18

Fuente: Elaboración propia

Los resultados referentes a la participación de los estudiantes en las actividades de la ruta tecnopedagógica (tabla 6) revelan lo siguiente:

- La participación de los estudiantes disminuyó con el avance en la unidad.
- El método de ajuste por *spline* cúbico es el que tuvo menor participación.
- La realización de intentos adicionales para mejorar la calificación en la actividad de autoevaluación también disminuyó con el avance en la unidad.
- La participación en la resolución de los problemas del sistema de prácticas fue menor que en la autoevaluación en todos los casos.

**Tabla 6.** Participación de los estudiantes en las actividades

Método	Autoevaluación		Situación problema
	Participantes	Intentos totales	Entregas
Polinomio de Lagrange	88	159	69
Polinomio de diferencias divididas	87	158	66
Polinomio de Newton	79	124	63
Polinomio de Hermite	77	127	57
Ajuste por <i>spline</i> cúbico	69	100	50
Ajuste por mínimos cuadrados	73	109	55

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, para evaluar los resultados del sistema de prácticas en conjunto se consideró el desempeño del estudiante mediante su calificación al final de la unidad temática,

dividida en dos bloques: polinomios de interpolación y ajuste polinomial. En tal sentido, se sugiere que el uso del sistema de prácticas del EOS implementado en Moodle como ruta tecnopedagógica generó resultados satisfactorios.

En la figura 7 puede observarse que solo el 15 % de los estudiantes no logró los aprendizajes mínimos requeridos para aprobar, mientras que más del 50 % obtuvo una calificación superior a 8/10. Considerando que históricamente el porcentaje de reprobación suele ser alrededor del 60 % y la calificación promedio obtenida fue de 7.5/10, se sugiere que el uso del sistema de prácticas del EOS implementado en Moodle como ruta tecnopedagógica generó resultados satisfactorios.

**Figura 7.** Distribución de las calificaciones finales por tema revisado

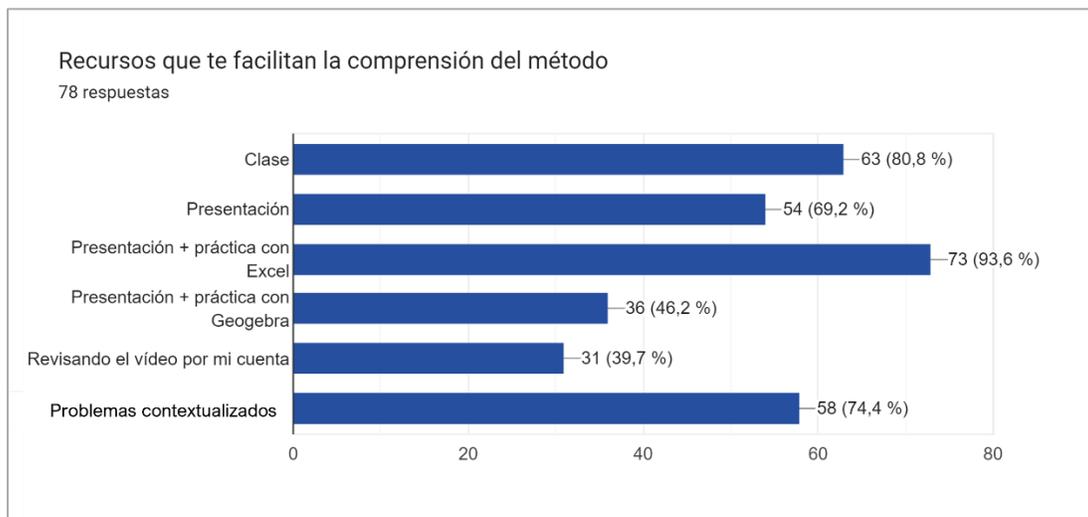


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el análisis cualitativo se aplicó una encuesta para conocer la opinión de los estudiantes, la cual fue respondida por 78 de ellos, de los cuales el 74 % consideró que los problemas contextualizados facilitaron la comprensión del método (figura 8) y fueron el componente de la ruta que más contribuyó a su aprendizaje (figura 9).

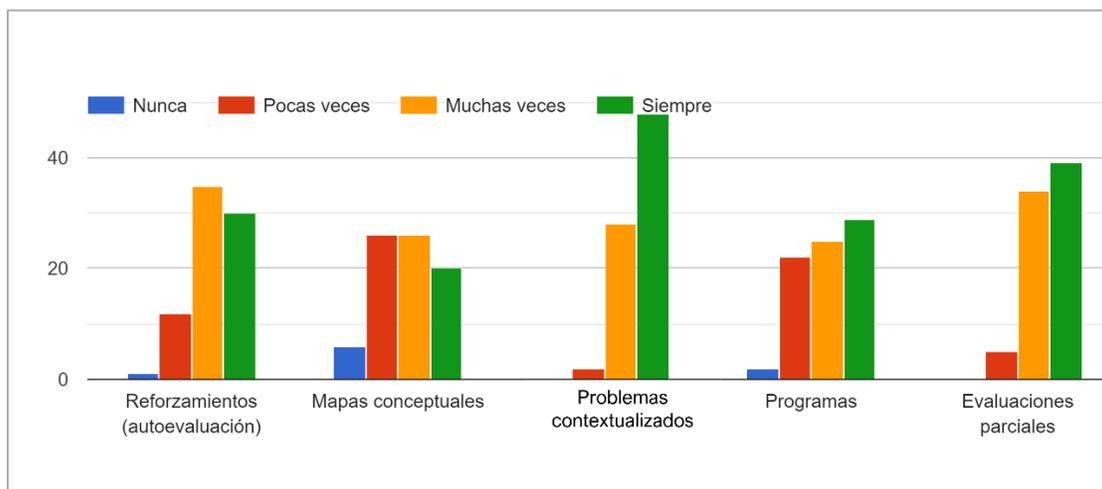
Ante ambos cuestionamientos, se observa que los estudiantes tienen preferencia por las sesiones de clase y por las actividades que requieren su participación activa, como los problemas, las evaluaciones parciales y las actividades de autoevaluación. Esto se confirma con su opinión sobre los mapas conceptuales, que a pesar de tener como propósito integrar y reafirmar conocimientos para prepararlos para la evaluación, los estudiantes no lo percibieron como una actividad importante para su aprendizaje (figura 9).

**Figura 8.** Percepción sobre recursos de aprendizaje de la ruta tecnopedagógica



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9.** Elementos de la ruta tecnopedagógica que contribuyen al aprendizaje



Fuente: Elaboración propia

## Discusión

En este trabajo se diseñó, construyó, instrumentó y evaluó una ruta tecnopedagógica basada en el sistema de prácticas del EOS con el fin de promover el conocimiento matemático requerido para el aprendizaje y aplicación de los métodos de interpolación polinomial. En tal sentido, se observa que la ruta es factible y, en general, parece beneficiosa para la consecución del aprendizaje.

Uno de los hallazgos principales fue la percepción de los estudiantes sobre el sistema de prácticas. A pesar de representar una carga considerable de trabajo durante el semestre,

ellos reconocen que la resolución de problemas contextualizados es el principal elemento para lograr los aprendizajes. Esto permite afirmar que el sistema de prácticas como configuración del enfoque ontosemiótico, apropiadamente diseñado, puede adaptarse en la plataforma Moodle con buena aceptación por parte de los estudiantes. En otras palabras, se cumplen el supuesto principal del EOS de que la actividad matemática es una actividad humana centrada en la resolución de problemas.

Por su parte, la diversidad de formatos en los recursos y actividades de la ruta tecnopedagógica, a través del uso de TIC, parece promover las transformaciones semióticas, indispensables para producir nuevo conocimiento (Duval, 2016), siempre que la tecnología sea empleada para influir positivamente en lo que se enseña (Godino, 2011). En tal sentido, cabe señalar que se integraron en materiales y actividades las dimensiones epistémica, cognitiva, afectiva, mediacional e interaccional del sistema de prácticas. De hecho, en todos los casos se utilizaron las TIC para favorecer funciones semióticas, facilitar la interacción y promover la motivación.

Asimismo, se implementaron como herramienta de colaboración y para realizar operaciones matemáticas, lo cual constituye una parte sustancial de la ruta tecnopedagógica. Así, parece imperativo integrar las TIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje de los métodos numéricos, especialmente ahora que, a partir del confinamiento derivado del covid-19, la tecnología se ha vuelto una parte importante de la didáctica.

En cuanto a las actividades de enseñanza, la encuesta revela que los estudiantes identifican las actividades prácticas como elementos importantes para su aprendizaje, por lo que el docente deberá diseñarlas cuidadosamente para lograr los aprendizajes teóricos necesarios que permitan una correcta aplicación de conceptos y métodos (D'Amore *et al.*, 2007). Asimismo, los problemas integrados en el sistema de prácticas deben ser cercanos a la realidad de los estudiantes y actualizarse continuamente con el fin de que se asemejen a los que enfrentarán los egresados en su profesión. Sin embargo, esto demanda del docente no solo un dominio profundo de los contenidos, sino también un conocimiento detallado del EOS, específicamente del sistema de prácticas, lo que representa la principal dificultad de la propuesta.

Por otro lado, la elaboración de actividades de evaluación representa una demanda considerable de tiempo y trabajo académico para los docentes. Aun así, los estadísticos generados por la plataforma Moodle son una herramienta valiosa para validar la calidad de la evaluación y para facilitar el seguimiento del desempeño de los estudiantes y la

construcción de su conocimiento. Además, elaborar actividades interactivas en Moodle es redituable para el docente, ya que, aunque demanda esfuerzo inicial, las actividades se convierten en activos mejorables cada semestre. Es decir, el profesor puede reutilizarlas y mejorarlas continuamente.

Ahora bien, aunque algunos estudiantes no visualizan la importancia de esta asignatura en su vida profesional (Montero *et al.*, 2015) y en ocasiones no la consideran propiamente de matemáticas (Flórez Escobar *et al.*, 2019), se debe recalcar que incorporar las TIC en el sistema de prácticas favorece la construcción del conocimiento matemático. Al respecto, quedó manifiesto que los estudiantes prefieren las actividades de enseñanza que requieren su participación directa, lo cual influyó positivamente en el aprendizaje de los métodos numéricos.

En suma, se puede asegurar que la ruta tecnopedagógica mostrada, basada en el sistema de prácticas del EOS, se visualiza como prometedora y factible.

## Conclusiones

En conclusión, emplear el sistema de prácticas del EOS en la enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos favorece la construcción del conocimiento matemático de los estudiantes, ya que mejora el aprendizaje de métodos como la interpolación polinomial. En concreto, los problemas contextualizados del sistema de prácticas son el elemento que más contribuye al aprendizaje, según la percepción de los estudiantes (figuras 8 y 9), lo cual sugiere que se cumple el objetivo del sistema de prácticas de promover el aprendizaje efectivo mediante la resolución de problemas.

En cuanto a la ruta tecnopedagógica, dado que las calificaciones obtenidas en los problemas del sistema de prácticas son superiores a las alcanzadas en las actividades de autoevaluación, se puede suponer que las etapas de la ruta siguen una secuencia apropiada para que el estudiante construya los conocimientos necesarios para resolver problemas de manera efectiva.

Finalmente, las posibilidades que brinda la plataforma Moodle para la implementación de las configuraciones del EOS hacen suponer que podría adaptarse a un curso en modalidad virtual, con lo cual se aprovecharían las herramientas tecnológicas disponibles para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

## **Futuras líneas de investigación**

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede indicar que el principal reto futuro sería establecer un modelo integral que permita al docente integrar el EOS en su enseñanza de una manera sencilla y práctica. Este modelo, que inicialmente se planteó para una unidad temática, podría extenderse a otras y a asignaturas similares de matemática computacional.

Por otro lado, se observó una disminución en la participación de los estudiantes en las actividades a lo largo de la unidad temática (tabla 6). Aunque este fenómeno es común, debería considerarse para investigaciones posteriores que aborden factores motivacionales y actitudinales.

En esta propuesta se utilizó la plataforma Moodle como recurso de apoyo al aprendizaje presencial, lo cual facilitó en gran medida la implementación del EOS. Sin embargo, sería interesante ampliar la propuesta a una modalidad totalmente virtual. Además, el EOS contempla otras configuraciones que podrían incorporarse para mejorar los resultados, incluso en asignaturas de matemática computacional en educación superior, que no son exclusivamente matemáticas sino aplicaciones de las mismas.

La ruta tecnopedagógica presentada aquí, implementada en la plataforma Moodle, es un ejemplo concreto de una aplicación práctica del EOS, que ha generado resultados satisfactorios en términos de calificaciones y adquisición y aplicación de conocimientos matemáticos. Por lo tanto, este trabajo representa una invitación para seguir explorando las aplicaciones del EOS como estrategia innovadora.

## **Agradecimientos**

El trabajo fue realizado en el marco de tesis del programa del doctorado en Innovación en Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Querétaro con beca otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología.

## Referencias

- Allan, C., Parra, S. y Martins, A. (2017). Objetos de aprendizaje para la interpretación geométrica de métodos numéricos: uso de GeoGebra. TE y ET - *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (20), 51–56.
- Alvarado, H. y Batanero, C. (2008). Significado del teorema central del límite en textos universitarios de probabilidad y estadística. *Estudios Pedagógicos* (Valdivia), 34(2), 7–28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052008000200001>
- Becerra-Romero, A., Díaz-Rodríguez, M. and González-Estrada, O. A. (2019). Development of a virtual learning environment for the subject numerical methods under Moodle. *Journal of Physics: Conference Series*, 1161(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1161/1/012010>
- Bhatti, N. (2019). CAI and conventional method for retention of mathematics: an experimental study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032079>
- Bolaño-Muñoz, O. E. (2020). El constructivismo: modelo pedagógico para la enseñanza de las matemáticas. *Revista Educare*, 24(3), 488–502. <https://doi.org/https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i3.1413>
- Breda, A., Pino-Fan, L. R. and Font, V. (2017). Meta didactic-mathematical knowledge of teachers: Criteria for the reflection and assessment on teaching practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 1893–1918. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01207a>
- Chapra, S. C. y Canale, R. P. (2015). *Métodos numéricos para ingenieros* (7.ª ed.). McGraw Hill.
- Clark, R. M., Kaw, A. and Delgado, E. (2018). *Do adaptive lessons for pre-class experience improve flipped learning?* ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2018-June.
- D'Amore, B., Font, V. y Godino, J. D. (2007). La dimensión metadidáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Paradigma*, 28(2), 49–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2007.p49-77.id386>
- Duval, R. (2016). Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. En Universidad Distrital Francisco José de Caldas (ed.), *Comprensión*

- y aprendizaje en matemáticas: perspectivas semióticas seleccionadas (pp. 61–94). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Flórez Escobar, W. F., Flórez Londoño, D. A. y Valencia Cardona, R. A. (2019). *Programación científica. Una propuesta didáctica para la enseñanza de métodos numéricos y programación*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/134>
- Galindo Illanes, M. K., Breda, A., Chamorro Manríquez, D. D. and Alvarado Martínez, H. A. (2022). Analysis of a teaching learning process of the derivative with the use of ICT oriented to engineering students in Chile. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(7), em2130. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12162>
- Godino, J. D. (2011). *Indicadores de idoneidad didáctica de procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*. XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática (CIAEM-IACME), 1–20.
- Godino, J. D. (2019). How to teach mathematics and experimental sciences? Solving the inquiring versus transmission dilemma. *CEUR Workshop Proceedings*, 2555, 71–80. <http://ceur-ws.org/Vol-2555/paper6.pdf>
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2007). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática (versión ampliada y revisada al 8/Marzo/2009). *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 39(1–2), 127–135.
- Grisales Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, 14(2), 198–214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>
- Gwynllyw, D. R., Henderson, K. L., Van lent, J. and Guillot, E. G. (2020). Using Python in the Teaching of Numerical Analysis. *MSOR Connections*, 18(2), 25–32. <https://doi.org/10.21100/msor.v18i2.1100>
- Handayani, A. D., Herman, T. and Fatimah, S. (2017). Developing Teaching Material Software Assisted for Numerical Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012019>
- Handayanto, A., Supandi, S. and Ariyanto, L. (2018). Teaching using moodle in mathematics education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012128>

- Jerše, G. and Lokar, M. (2017). Learning and teaching numerical methods with a system for automatic assessment. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 24(3), 121–127. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1564/tme\\_v24.3.03](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1564/tme_v24.3.03)
- Johnston, B. M. (2017). Implementing a flipped classroom approach in a university numerical methods mathematics course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(4), 485–498. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1259516>
- Márquez, E., García, S. and Molina, S. (2019). *Implementation of Visual Supplements to Strengthen Pedagogical Practices and Enhance the Physical Understanding of Fundamental Concepts in Engineering Mechanics*. 2019 ASEE Annual Conference and Exposition Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2--32939>
- Mendonca, J., Goncalves, G., Ferro, T. and Ferreira, M. (2016). *Teaching and learning of contents from numerical methods using the technology: Comparison of the use of two technological resources*. 2016 International Symposium on Computers in Education (SIIE), 1–4. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2016.7751823>
- Monteiro, M. T. T., Hornink, G. and Vieira, F. (2021). Innovating to improve – An experience in a computer engineering programme. *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 11, 192–199. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5095687>
- Montero, Y., Pedroza, M. E., Astiz, M. S. and Vilanova, S. L. (2015). Caracterización de las actitudes de estudiantes universitarios de Matemática hacia los métodos numéricos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 17(1), 88–99. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/357/997>
- Moodle (2022). *Estadísticas del reporte del examen*. [https://docs.moodle.org/all/es/Estad%C3%ADsticas\\_del\\_reporte\\_del\\_examen](https://docs.moodle.org/all/es/Estad%C3%ADsticas_del_reporte_del_examen)
- Pino-Fan, L. R. (2017). *Contribución del enfoque ontosemiótico a las investigaciones sobre didáctica del cálculo*. Actas del Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos. [enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos.html](http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos.html)
- Rabi, J. A. and Caneppele, F. L. (2018). Numerical methods to biosystems and food engineering students: Hands-on practices and cross-disciplinary integration. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1120–1133. <https://doi.org/10.1002/cae.21933>

- Raichman, S., Totter, E., Palazzo, G. y Masnú, V. (2013). *Hacia una mejora en la calidad del aprendizaje significativo de métodos numéricos en ingeniería: un enfoque multidimensional del problema*. XX Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, 3061–3071. <https://www.researchgate.net/publication/260424926>
- Rumbaut Leon, F. y Quindemil Torrijo, E. M. (2017). Las tecnologías de la información y las comunicaciones en la asignatura Métodos Numéricos para cursos de ingeniería en la enseñanza superior. *Didasc@lia: Didactica y Educacion*, 8(1), 99–110. <http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didasca/article/view/591>
- Sumarwati, S., Fitriyani, H., Azhar Setiaji, F. M., Hasril Amiruddin, M. and Afiat Jalil, S. (2020). Developing Mathematics Learning Media Based on E-Learning using Moodle on Geometry Subject to Improve Students' Higher Order Thinking Skills. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 14(04), 182. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i04.12731>
- Tupacyupanqui-Jaen, D., Cornejo-Aparicio, V. and Bedregal-Alpaca, N. (2018). *Video and cooperative work as didactic strategies to enrich learning and development of generic competences in numerical methods*. Proceedings - 13<sup>th</sup> Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2018, 134–141. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2018.00038>

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Teresa Carrillo Ramírez
Metodología	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray (Apoya)
Software	No aplica
Validación	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray y Sandra Luz Canchola Magdaleno (Apoyan)
Análisis Formal	Teresa Carrillo Ramírez y María del Carmen González Videgaray (Igual)
Investigación	Teresa Carrillo Ramírez
Recursos	Teresa Carrillo Ramírez
Curación de datos	Teresa Carrillo Ramírez
Escritura - Preparación del borrador original	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray (apoya)
Escritura - Revisión y edición	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray y Sandra Luz Canchola Magdaleno (apoyan)
Visualización	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray y Sandra Luz Canchola Magdaleno (apoyan)
Supervisión	Teresa Carrillo Ramírez (principal) y María del Carmen González Videgaray (apoya)
Administración de Proyectos	Teresa Carrillo Ramírez
Adquisición de fondos	Teresa Carrillo Ramírez