

MODELO TECNO-PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN UN CURSO VIRTUAL

TECHNOPEDEGOGICAL MODEL TO TEACHING LEARNING OF NUMERICAL METHODS IN A VIRTUAL COURSE

T. Carrillo Ramírez¹

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la implementación de un modelo tecno-pedagógico en la impartición de un curso virtual de métodos numéricos. El objetivo fue lograr aprendizajes significativos en los estudiantes y, al mismo tiempo, disminuir los índices de reprobación y abandono del curso. Lo anterior debido a que el cambio de modalidad de presencial a virtual, provocado por la pandemia COVID-19, para muchos estudiantes resultó abrumador y desalentador. El modelo tecno-pedagógico empleado estuvo fundamentado en el modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006), que enfatiza la importancia de la formación docente en aspectos pedagógicos, y en el modelo de Coll que destacan la necesidad del uso de las TIC para la interacción social en el proceso de enseñanza aprendizaje (Coll, *et al.*, 2008). Este trabajo se realizó siguiendo una metodología mixta, ya que, se emplearon datos estadísticos para medir resultados, y datos cualitativos para medir la percepción de los estudiantes. Asimismo, se empleó un diseño investigación acción, debido a la participación del docente durante el proyecto. Los resultados obtenidos en calificaciones finales, porcentaje de realización de actividades y encuesta de percepción, fueron bastante satisfactorios ya que, disminuyeron los índices de reprobación y de abandono en comparación con periodos anteriores, tanto virtuales como presenciales. Los aprendizajes logrados fueron significativos, reflejados en las evaluaciones finales y en entrevistas que se realizaron a los estudiantes.

ABSTRACT

This work presents the results of the implementation of a techno-pedagogical model in the impartation of a numerical methods online course. The objective was to acquire significant knowledge in the student population, and, at the same time, to reduce the indexes of failure and dropout from the course. This is due to the change from presential classes to online courses, as a result from the COVID-19 pandemic, being overwhelming and discouraging to many. The techno-pedagogical model employed was hinge on the TPACK model (Mishra & Koehler, 2006), which emphasized the importance of professors' formation being oriented towards pedagogical matters, and in Coll's model, that highlights the need to use ITC to improve social interaction during the teaching-learning process (Coll, *et al.*, 2008). This work was done following a mixed methodology, since statistical data was employed to measure results, and qualitative data to measure students' perception. Moreover, a research-action method was utilized, resulting from the professor's participation throughout the project. The obtained results in final grades, activities-realization percentages, and perception questionnaires, were quite satisfactory, since failure and dropout rates went down, compared to previous terms, both online and presential. The achieved knowledge was significant, evident in the final evaluations and the interviews that were done to students.

ANTECEDENTES

Introducción

La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza, particularmente, en la educación superior y específicamente en el área de matemáticas y las ingenierías, demanda del docente una estricta planeación y diseño de clase,

¹ Profesora de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México, teresacr71@gmail.com

que integre las TIC con las estrategias de enseñanza aprendizaje para desarrollar las habilidades y competencias que demanda, de los egresados, una sociedad de constantes cambios tecnológicos y de paradigmas.

Aunado a lo anterior, y como resultado de cambios en los procesos de enseñanza aprendizaje provocados por la pandemia COVID, en la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán, se vislumbraron áreas de oportunidad y de reflexión para implementar modelos de integración de la tecnología con los procesos pedagógicos en la impartición de un curso de Métodos Numéricos.

El análisis numérico es una reflexión sobre los métodos analíticos de álgebra y cálculo, proporcionando una serie de métodos para obtener resultados numéricos de problemas matemáticos a partir de un número finito de operaciones aritméticas. Debido al desarrollo de la computadora, en la actualidad los métodos numéricos han ampliado sus aplicaciones por lo que, son considerados las matemáticas de la computación científica, esto los convierte en herramientas esenciales para profesionistas de carreras del área físico matemáticas y las ingenierías (Chapra y Canale, 2015).

En este sentido, la asignatura de métodos numéricos es una de las más importantes en las carreras STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Becerra, *et al.*, 2019). Su enseñanza integra dos componentes fundamentales: el sustento matemático teórico y la aplicación e implementación de cada método. Esto requiere que el estudiante que cursa esta asignatura cuente, por un lado, con una formación matemática sólida que incluya cálculo, álgebra superior y álgebra lineal (Medina y Piedrahita, 2008) y, por el otro, con formación algorítmica computacional.

Usualmente, las asignaturas antes mencionadas están integradas en los primeros años de los planes de estudio de casi todas las ingenierías. Sin embargo, los estudiantes llegan a los cursos de métodos numéricos con una visión de la matemática en la que los problemas son tratados en el ámbito puramente teórico, sin relacionar sus contenidos con otras áreas del conocimiento científico o de su propia disciplina (Montero, *et al.*, 2015), lo que se refleja en una dificultad para desarrollar un pensamiento lógico-algorítmico para analizar y descomponer problemas, buscar soluciones e interpretar resultados (Flórez, *et al.*, 2019).

Justificación

En la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación las asignaturas de métodos numéricos se imparten en los semestres tercero y cuarto, representan las primeras asignaturas del área de matemática computacional, es decir, integran asignaturas de matemáticas y computación abordadas durante los primeros semestres para formar al estudiante de acuerdo con el perfil que establece la licenciatura (FES-Acatlán, 2014). Desafortunadamente, el índice de reprobación es en promedio del 50%, como se muestra en la Figura 1, esto hace que sea considerada una asignatura de alto índice de reprobación.

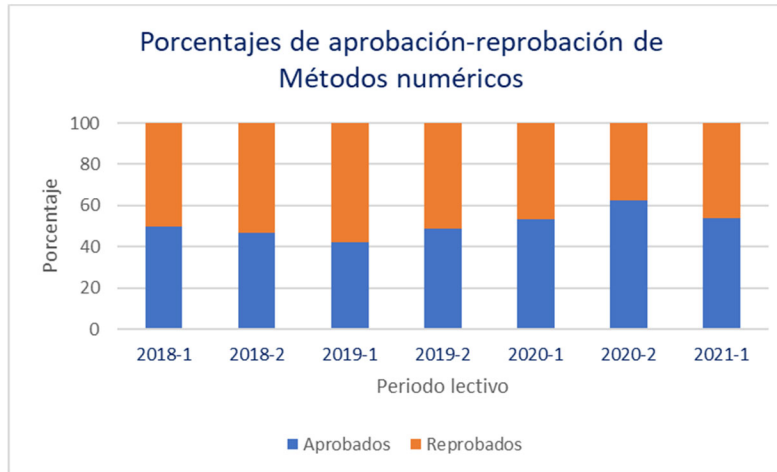


Figura 1. *Porcentaje de aprobación-reprobación en la asignatura de métodos numéricos en la Licenciatura de Matemáticas Aplicadas y Computación.*

Fuente: FES Acatlán (2021)

Asimismo, de los estudiantes reprobados, aproximadamente el 50% son alumnos con NP (No Presente), es decir, estudiantes que por algún motivo abandonaron el curso, en la Tabla 1 se muestran estos porcentajes desde el periodo 2018-1. Esto significa que la asignatura también tiene un alto índice de abandono.

Tabla 1. *Porcentaje de alumnos reprobados con NP*

Periodo	% de NP
2018-1	47%
2018-2	68%
2019-1	50%
2019-2	67%
2020-1	48%
2020-2	81%
2021-1	52%

Fuente: FES Acatlán (2021)

A partir de lo anterior, y ante la experiencia ganada con dos semestres de clases virtuales, se decidió desarrollar e implementar un modelo tecno-pedagógico que integrara las herramientas tecnológicas con un sustento pedagógico y con enfoque constructivista que permitiera lograr los aprendizajes y competencias deseadas.

Por lo tanto, el objetivo fue: Desarrollar e implementar un modelo tecno-pedagógico en un curso virtual de métodos numéricos para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes y, al mismo tiempo, disminuir los índices de reprobación y abandono del curso.

Para alcanzar dicho objetivo la pregunta de investigación planteada fue: ¿Qué componentes pedagógicos y tecnológicos debe incorporar un modelo tecno-pedagógico que propicie que los estudiantes logren los aprendizajes tanto matemáticos como numérico-procedimentales en un curso virtual de métodos numéricos de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación de la FES Acatlán de la UNAM?

Por su naturaleza misma, la enseñanza de métodos numéricos requiere de las herramientas que brinda la tecnología, no solo para la implementación de los métodos numéricos sino como instrumento en el proceso de su enseñanza y aprendizaje (Granados, 2015).

Dado que la FES Acatlán dispone de la plataforma Moodle SEA (Sitio Educativo Acatlán, <https://sea.acatlan.unam.mx/>) para que los docentes desarrollen sus cursos, fue esta plataforma empleada para implementar el modelo, también se empleó como medio de interacción con los estudiantes y fue a través de los registros en actividades síncronas y asíncronas que se evaluaron los resultados del modelo.

El valor del modelo implementado radica primordialmente en solventar los problemas añejos de reprobación, abandono y, primordialmente, la deficiencia de aprendizajes. Sin embargo, se agrega la ventaja de formar a los estudiantes en una de las principales habilidades del siglo XXI, la autogestión del aprendizaje y que, ante el distanciamiento social, demostró ser primordial para los estudiantes y profesionales de la era de la información.

METODOLOGÍA

El proceso educativo mediado por las TIC está basado en el uso de la tecnología, pero con un planteamiento didáctico, que además facilite la interacción y la cooperación entre las personas de modo que sea posible un desarrollo de conocimientos y habilidades en los estudiantes (Torras, 2021).

Es importante destacar que desde hace algunos años el proceso de enseñanza de las matemáticas ha venido tomando relevancia al considerar que plantea problemas de comprensión (Duval, 2017) y abstracción que interrelacionan razón, entendimiento, cálculo y aplicación (Abreu y Bracho, 2016). Esto implica abordar el problema desde distintos ángulos como, los conocimientos de los docentes, necesarios para la enseñanza (Pino, *et al.*, 2018), las habilidades para el aprendizaje de los estudiantes y el uso reflexivo de los medios (Coll, *et al.*, 2008).

Como resultando del planteamiento de que la pedagogía y la tecnología deben caminar al unísono, y toda decisión tecnológica debe fundamentarse y derivarse de un enfoque pedagógico consciente, surgió la corriente de no diferenciar el diseño pedagógico del tecnológico, creándose el concepto de diseño tecno-pedagógico (Lorenzo, 2018).

Dentro de esta corriente han surgido propuestas tecno-pedagógicas, entre las que se destacan:

- El modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) formulado por Mishra y Koehler (2006), que enfatiza la importancia de la formación docente en aspectos pedagógicos.
- El modelo tecno-pedagógico de Coll, *et al.* (2008) que considera que, en los procesos de enseñanza aprendizaje, la capacidad mediadora de las TIC debe emplearse además

de como mediadoras entre los participantes y los contenidos; también como medio de interacción y comunicación entre los participantes.

- Los patrones tecno-pedagógicos, denominados rutas de aprendizaje, que tienen como objetivo conducir a los estudiantes por la información y los contenidos que se utilizan para representar procesos de aprendizaje en concordancia con teorías cognitivas para que el estudiante realice funciones superiores motivadas por la interacción con su entorno y los otros participantes (Hernández y Aranguren, 2016).

En la enseñanza de métodos numéricos se han aplicado varias estrategias que emplean, por un lado, la plataforma Moodle para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje (Granados, 2015); y por otro, el uso de herramientas computacionales como Geogebra o Python (Allan, *et al.*, 2017; Gwynllyw, *et al.*, 2020; Rumbaut y Quindemil, 2017) como apoyo para la comprensión de los métodos numéricos y su sustento matemático, al mismo tiempo que promueven el desarrollo de habilidades de resolución de problemas.

Este trabajo se realizó bajo un paradigma de investigación mixto de tipo investigación acción debido a que se trató de un proceso interactivo, en el que, a partir de los resultados del planteamiento inicial se hacían los ajustes o modificaciones necesarios para lograr el objetivo del proyecto. El diseño consistió en las siguientes etapas:

- Adaptación del diseño instruccional a modalidad virtual.
- Ajuste de los recursos existentes a recursos digitales en la nube.
- Planeación, diseño, desarrollo e implementación de actividades.
 - De enseñanza
 - De aprendizaje
 - De autoevaluación
 - De evaluación sumativa
 - De aprendizaje colaborativo
- Durante todo el proceso se revisaron los resultados que se emplearon como retroalimentación para hacer los ajustes pertinentes.
- Aplicación de encuestas de percepción.
- Elaboración de estadísticas comparativas.
- Análisis de resultados.

El modelo tecno-pedagógico empleado se constituyó con la estructura que se muestra en la Figura 2, en donde se integran los tres diseños: tecnológico, pedagógico y de interacción que deben interrelacionarse de tal forma que todos contribuyan al logro de los objetivos de aprendizaje.

En la parte tecnológica se empleó la plataforma Moodle como medio de interacción, repositorio de recursos, pero principalmente, como medio para guiar al estudiante por la ruta de aprendizaje definida en el diseño instruccional. Por otro lado, para las sesiones síncronas se utilizó la herramienta para videoconferencia Zoom, sesiones que fueron grabadas para después dejar los vídeos disponibles en la plataforma.

En el diseño pedagógico el elemento central es el diseño instruccional en el que se definieron las estrategias y actividades que se implementaron como rutas de aprendizaje en Moodle. Es

decir, los materiales y actividades fueron dispuestos en la plataforma de tal manera que el estudiante siguiera una ruta en la que iría construyendo su aprendizaje.

Dentro de las estrategias de aprendizaje es importante destacar el uso de herramientas como hojas de cálculo, Geogebra y Wolfram Mathematica, empleadas para la explicación y comprensión de cada uno de los métodos. Las estrategias de evaluación se dividieron entre autoevaluación, evaluación sumativa, implementadas como cuestionarios de Moodle, y evaluación formativa.

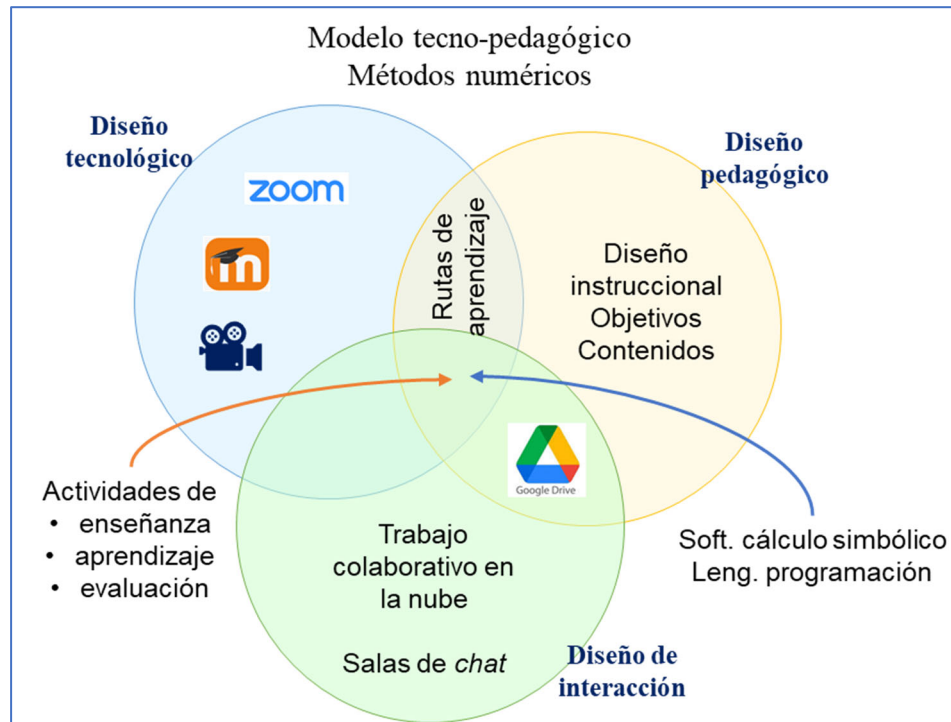


Figura 2. Modelo tecno-pedagógico para un curso de métodos numéricos

Finalmente, y lo que represento la principal innovación fue el diseño de interacción, ya que al tratarse de un curso totalmente virtual existía poca comunicación tanto entre estudiantes como entre docente y estudiantes. Esto, además de llevar al aislamiento, estuvo provocando desánimo en los estudiantes. Por lo tanto, se desarrollaron actividades de trabajo en equipo durante las sesiones síncrona empleando las salas de Zoom en las que los alumnos desarrollaban actividades de forma colaborativa en la nube, empleando las herramientas de Google Drive. Además, se elaboró un portafolio electrónico de actividades y cuadernos en Geogebra y Python.

La implementación de este modelo en la plataforma Moodle luce como se muestra en la Figura 3, donde todas y cada una de las actividades tiene un sustento pedagógico.

RESULTADOS

La elaboración de un curso virtual como el descrito en el apartado anterior requirió de mucho trabajo por parte del equipo docente, sin embargo, los resultados fueron bastante alentadores.

Este modelo se aplicó durante el semestre 2022-1, correspondiente al curso de Métodos Numéricos I, por lo tanto, se compararon los porcentajes de aprobación, reprobación y deserción en los periodos anteriores, lo que se muestra en la Tabla 2, en la que se puede observar una disminución considerable en el índice de abandono (NP), de un 24% a un 8% y de reprobación (No Acreditado), del 19% al 8%.

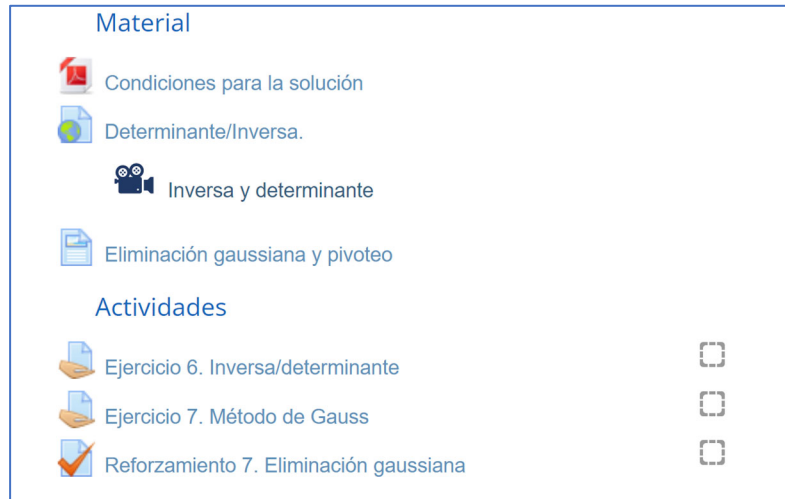


Figura 3. Implementación del modelo en la plataforma Moodle

Por otro lado, los promedios de calificaciones finales por grupo de los alumnos que asistieron al curso, es decir, lo que no lo abandonaron; también mostro una mejora, pasando de 6.6 en el periodo 2020-1 y 7.0 en el período 2021-1 a 7.8 en el periodo 2022-1.

Tabla 2. Comparativo de porcentajes de calificaciones por periodo

	2019-1 Presencial	2020-1 Transición	2021-1 Virtual	2022-1 Mod. TecnoP.
NP	34%	32%	24%	8%
No Acr.	13%	25%	19%	8%
Acred.	53%	43%	57%	84%

Para conocer la percepción del estudiantado sobre la forma de llevar el curso, al final se aplicó una encuesta empleando Google Forms, dentro de los resultados obtenidos vale la pena destacar:

- 60% manifestó sentirse cómodo con la forma en que se llevó el curso,
- 14% afirmó sentirse abrumado.

Asimismo, en la Figura 4 se presenta la preferencia que muestran los estudiantes sobre las actividades y recursos de aprendizaje empleados.

Finalmente, se hicieron entrevistas grupales como técnica de evaluación expositiva para identificar el nivel de comprensión de los métodos. Esta evaluación fue de tipo cualitativo y permitió identificar debilidades y fortalezas en diferentes aspectos de comprensión.

La implementación de este modelo tecno-pedagógico, resultado de trabajos previos y de los retos que representó el distanciamiento social, deja claro que en las carreras STEM, particularmente las ingenierías, se requiere dedicar esfuerzos significativos en la parte de integración de la tecnología con propósitos pedagógico.

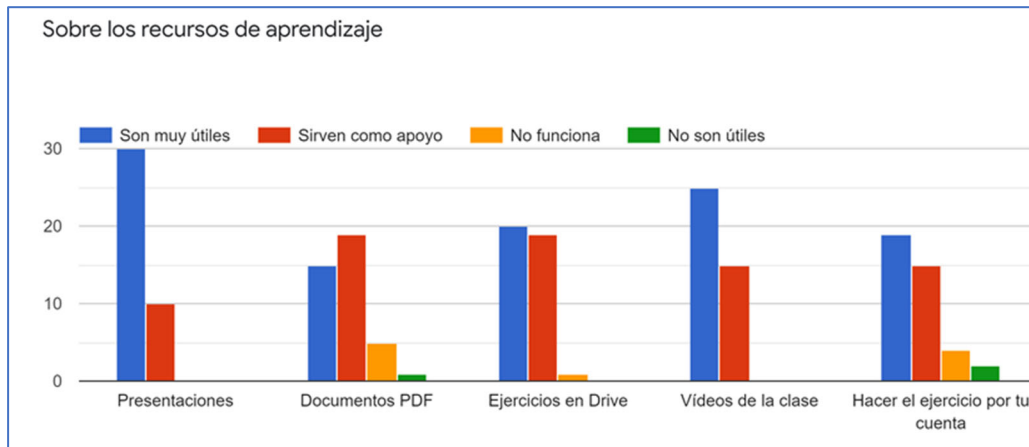


Figura 4. *Percepción de los estudiantes*

CONCLUSIONES

Como todo trabajo de investigación, este trabajo abre puertas a nuevos retos y áreas de oportunidad, en este caso el primero tiene que ver con los vídeos educativos, dado que las sesiones fueron síncronas, y grabadas para dejarlas disponibles en la plataforma; para hacer de éste un curso totalmente virtual se deberán elaborar los vídeos para cada tema y sustituir los de las sesiones grabadas. Esto, con el propósito de ajustarlos a las características del vídeo educativo y optimizar tiempos y recursos atencionales.

Asimismo, los datos generados de la aplicación de este modelo proporcionan material para un análisis cuantitativo muy amplio, que puede llevar incluso a la elaboración de una red neuronal o un sistema experto para definir rutas de aprendizaje personalizadas. Esto debido a que los reportes de Moodle son muy detallados y contienen datos que pueden transformarse en información muy valiosa tanto por estudiante, como grupal y de evaluación del modelo.

Finalmente, los elementos que integran el modelo tecno-pedagógico han quedado definidos y son perfectamente aplicables a cualquier área de la matemática aplicada, particularmente de las ingenierías, sin embargo, éstos deberán adaptarse para cada curso, atendiendo el perfil del estudiante, por un lado, y por otro, elaborando materiales y actividades propios de la asignatura. Además, los procesos educativos son dinámicos, en este sentido, los recursos, actividades y estrategias deberán actualizarse de acuerdo con el perfil del estudiante, de la institución, de la licenciatura y de los tiempos que viva la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. y Bracho, J. (2016). *Una propuesta para mejorar la educación matemática*. <http://arquimedes.matem.unam.mx/jlabreu/UnaPropuesta.pdf>
- Allan, C., Parra, S., y Martins, A. (2017). Objetos de Aprendizaje para la Interpretación Geométrica de Métodos Numéricos: Uso de GeoGebra. *TE & ET - Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 20(20), 51–56. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/64594>
- Becerra, A., Díaz, M., & González, O. (2019). Development of a virtual learning environment for the subject numerical methods under Moodle. *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1161. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1161/1/012010>
- Breda, A., Pino, L., & 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), pp. 1893–1918. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01207a>
- Chapra, S. y Canale, R. (2015). *Métodos numéricos para ingenieros* (7a ed.). McGraw Hill. https://www.academia.edu/40452797/M%C3%A9todos_num%C3%A9ricos_para_Ingenieros_7ma_Edici%C3%B3n_Chapra
- Coll, C., Mauri, M. y Onrubia, J. (2008). La utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación. Del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. En C. Coll y C. Monereo (Eds.), *Psicología de la educación virtual* (pp. 74–104). Morata.
- Duval, R. (2017). *Understanding the Mathematical Way of Thinking – The Registers of Semiotic Representations*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán (2014). *Plan y programas de estudio de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación y de los Estudios de Técnico Profesional en Desarrollo de Software en Métodos Estadísticos y en Métodos de Optimización*. FES-ACATLÁN. <https://mac.acatlan.unam.mx/media/vinculos/2018/07/Tomo I.pdf>
- Flórez, W., Flórez, D. y Valencia, R. (2019). *Programación científica: Una propuesta didáctica para la enseñanza de métodos numéricos y programación*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2019. Medellín, Colombia. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/134>
- Granados, A. (2015). Las TIC en la enseñanza de los métodos numéricos. *Sophia*, 11(2), pp. 143–154. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/sophia/article/view/347>

- Gwynllyw, R., Henderson, Van, J., & Guillot, E. (2020). Using Python in the Teaching of Numerical Analysis. *MSOR Connections*, vol. 18(2), pp. 25–32. <https://doi.org/10.21100/msor.v18i2.1100>
- Hernández, Y. y Aranguren, G. (2016). Patrón tecnopedagógico: rutas de aprendizaje basado en actividades comprensivas. *Revista Vínculos*, 13(2), pp. 30–39. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/11671/12398>
- Lorenzo, A. (2018). Innovación en el aprendizaje desde el diseño tecno-pedagógico. *International Studies on Law and Education*, 29–30, pp. 119–130. http://www.hottopos.com/isle29_30/119-130Lorenzo.pdf
- Medina, C. y Piedrahita, C. (2008). *Estrategias pedagógicas para el aprendizaje de la asignatura de métodos numéricos del programa de Ingeniería Civil de la Corporación Universitaria de la Costa -CUC*. [Tesis para optar al título de Especialista en Estudios Pedagógicos, Corporación Universitaria de la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1259>
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, Vol. 108(6), pp. 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Montero, Y., Pedroza, M., Astiz, M. y Vilanova, (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>
- Nantshev, R., Feuerstein, E., Trujillo, R., García, I., Hackl, W., Petridis, K., Triantafyllou, E., & Ammenwerth, E. (2020). Teaching Approaches and Educational Technologies in Teaching Mathematics Higher Education. *Education Sciences*, 10(12), pp. 354. <https://doi.org/10.3390/educsci10120354>
- Pino, L., Godino, J., & Font, V. (2018). Assessing key epistemic features of didactic-mathematical knowledge of prospective teachers: the case of the derivative. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 21(1), pp. 63–94. <https://doi.org/10.1007/s10857-016-9349-8>
- Rumbaut, F. y Quindemil, E. (2017). Las tecnologías de la información y las comunicaciones en la asignatura Métodos Numéricos para cursos de ingeniería en la enseñanza superior. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 8(1), pp. 99–110. <http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalialia/article/view/591>
- Torras, M. (2021). Emergency Remote Teaching: las TIC aplicadas a la educación durante el confinamiento por COVID-19. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 7(1), pp. 122–136. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2021.v7i1.9079>