

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO VIRTUAL PARA MATEMÁTICAS

IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL LABORATORY FOR MATHEMATICS

K. L. Puga Nathal¹
J. C. Martínez Sandoval²
M. E. Puga Nathal³
J. A. Martínez Grant⁴

RESUMEN

Los laboratorios escolares se entienden como el entorno académico (físico o virtual) que da la oportunidad a los estudiantes de experimentar los aspectos teóricos que se tratan en el aula en diferentes asignaturas. Es común encontrar en las universidades laboratorios para áreas especializadas (Electrónica, Computación, Mecánica, etc.), pero particularmente en Matemáticas son escasos, por lo que, se torna necesaria la creación de entornos, donde el estudiante realice actividades experimentales para modelar, analizar y caracterizar el comportamiento de fenómenos mediante conceptos matemáticos y de esta manera otorgarle un sentido práctico a la matemática escolar.

Se presentan los resultados de una investigación de corte cualitativo que tuvo como objetivo diseñar, desarrollar e implementar un laboratorio virtual para el curso de cálculo diferencial en donde los estudiantes de nuevo ingreso a la universidad podrán manipular objetos matemáticos, mediante prácticas de laboratorio para fortalecer los contenidos de los cursos de Matemáticas en modalidad a distancia o presencial. Las etapas, de diseño e implementación, progresaron de acuerdo con la metodología Diseño Centrado en el Usuario. Se realizó un estudio para evaluar la funcionalidad del laboratorio, así como, la presentación de los objetos de aprendizaje obteniendo resultados satisfactorios.

ABSTRACT

School laboratories are understood as the academic environment (physical or virtual) that gives students the opportunity to experience the theoretical aspects that are dealt with in the classroom of different subjects. It is common to find laboratories for specialized areas (Electronics, Computing, Mechanics, etc.) in universities, but particularly in Mathematics they are scarce, so it becomes necessary to create environments where the student performs experimental activities to model, analyze and characterize the behavior of phenomena through mathematical concepts and thus gives a practical sense to school mathematics.

The results of a qualitative research that aimed to design, develop, and implement a virtual laboratory for the differential calculus course where new students to the university will be able to manipulate mathematical objects through laboratory practices to strengthen the content are presented. of mathematics courses in distance or face-to-face mode. The design and implementation stages progressed according to the User Centered Design methodology. A study was carried out to evaluate the functionality of the laboratory, as well as the presentation of the learning objects, obtaining satisfactory results.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2019), los bajos índices nacionales en la eficiencia terminal de los estudiantes que ingresan

¹ Profesora de Carrera. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. karlalpn@gmail.com

² Profesor de Carrera. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán.

juan.ms@cdguzman.tecnm.mx

³ Profesor de Carrera. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán.

maría.pn@cdguzman.tecnm.mx

⁴ Estudiante de ingeniería mecánica. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán.

L22290777@cdguzman.tecnm.mx

a las universidades es uno de los problemas que ocupa a las instituciones educativas. En Jalisco, en el ciclo escolar 2020-2021 ingresaron 286,039, de estos solamente concluyeron sus estudios 25,700, lo que representa una eficiencia terminal menor al 9% (ANUIES, 2022). Las causas de este problema son multifactoriales, sin embargo, el bajo aprovechamiento académico y los retos que les implica a los estudiantes de nuevo ingreso adaptarse a un nuevo ambiente académico (el primer año escolar) son una de las principales (Rochin, 2021).

Ante estos retos, el Modelo Educativo para el Siglo XXI incorpora una serie de planteamientos que coadyuben al desarrollo y formación de competencias profesionales, y se establece claramente el papel del docente en los procesos formativos de los estudiantes. Se enfatiza que el docente es quien diseña, pone en práctica y evalúa estrategias didácticas que permitan a los estudiantes adquirir tales competencias (OCDE, 2016).

En este modelo se describen las características que deben reunir los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería. Al respecto, se menciona que cada plan de estudio tiene una estructura enfocada a desarrollar competencias genéricas y específicas, se valora el saber hacer al asignar una mayor cantidad de créditos a la realización de prácticas en el aula, talleres y laboratorio. Este énfasis en el trabajo práctico conduce a docentes del sistema universitario a la generación de escenarios en donde se realice esta actividad, que mediante la incorporación de prácticas se fortalezcan o complementen los conceptos tratados en el aula.

Generalmente, la idea de prácticas o laboratorios escolares es adoptada por las áreas de especialidad que conforman las carreras de Ingeniería, en las que es más frecuente ver activo un laboratorio dentro de las asignaturas. Sin embargo, en Matemáticas la idea de laboratorio es concebida (erróneamente) de una manera diferente a los cursos de especialidad. Se entiende como la actividad extra-clase que realizan los estudiantes y que consiste en resolver una serie de problemas o ejercicios y, que en ocasiones no les resultan significativos. Esta actividad es necesaria en el desarrollo de habilidades algorítmicas de conceptos matemáticos, pero se requieren otras etapas para la construcción de estos, que permita a los estudiantes conectarlos con su entorno y darles un significado práctico.

Adicionalmente, se ha observado que los estudiantes de nuevo ingreso presentan dificultades en la comprensión de nuevos contenidos en Matemáticas, y una de las razones es que no cuentan con los conocimientos previos para asimilarlos. Además, los contenidos temáticos de la asignatura de Cálculo Diferencial son densos, por lo que, difícilmente se pueden utilizar horas de clase para recordar, por ejemplo, procesos algebraicos, necesarios para la resolución de problemas. Sin embargo, cuando el docente decide abordar temas de Álgebra en el aula, los estudiantes tienen menos tiempo para analizar los conceptos matemáticos de la asignatura, y, consecuentemente, se incrementa la deserción, reprobación y el rezago escolar. En consecuencia, se requieren estrategias que promuevan el desarrollo de competencias activas y autónomas, donde el estudiante utilice horas extraclase para analizar y comprender los conceptos matemáticos abordados en el aula.

El laboratorio brinda un ambiente académico, donde los estudiantes pueden practicar y realizar experimentos que vincula la teoría tratada en los libros con una realidad que no solamente incluye los acontecimientos de su entorno inmediato, sino aquellos más ignorados y difíciles de percibir (Esparza, 2020). Cuando se recurre a las prácticas de laboratorio para

complementar los procesos de enseñanza y aprendizaje, los alumnos experimentan actitudes positivas y de interés hacia las ciencias (Reis, 1996), “el uso adecuado del experimento va a permitir que el estudiante tenga una visión de los conceptos más práctica, real y emocionante” (Ubaque, 2009, p.36). El laboratorio da la posibilidad a estudiantes consolidan, admitir o refutar la teoría tratada en el aula mediante retos que confrontan los fenómenos del mundo físico con lo aprendido en la clase (Ubaque, 2009). Específicamente, en el área de Matemáticas favorece la simulación de modelos que describen comportamientos de fenómenos, así como, a la construcción de conceptos que resultan complicado de comprender.

En el presente documento se muestra el desarrollo y la implementación de un laboratorio virtual para Matemáticas, en donde se promueve la interacción de estudiantes con objetos matemáticos a través de la manipulación de materiales digitales. Particularmente, el laboratorio se centra en el curso de Cálculo Diferencial, que se oferta en los primeros semestres de las carreras de Ingeniería, debido a que sus contenidos son piedra angular para el tratamiento de otros contenidos temáticos de asignaturas de especialidad y de la Matemática misma. Además, por tratarse de la primera asignatura de Matemáticas que cursan los estudiantes de nuevo ingreso, se requiere de un mayor acompañamiento en sus procesos de apropiación y construcción de conceptos, por esta razón, el laboratorio fue diseñado para promover aprendizajes autogestivo.

ANTECEDENTES

La idea de laboratorios virtuales ha sido tratada en diversas investigaciones (Aguilar y Heredia, 2013; Arrieta y Piedra, 2015; Torres y Martínez, 2015; Jiménez y Sucerquia, 2008; Araiza et al., 2002) y han sido implementados por instituciones de diferentes niveles escolares (Gómez, 2014; Infante, 2014; Martínez et al., 2005). Un punto en común que se reportan en estos trabajos es que la actividad en un laboratorio virtual se caracteriza por su impacto visual y sus características de animación, las cuales simulan el ambiente de aplicaciones reales de contenidos temáticos.

Martínez et al. (2005) afirman que, la modelación en el discurso escolar es concebida como una práctica social que favorecen la construcción del conocimiento científico. Específicamente en el área de Matemáticas, los estudios revisados reportan que el laboratorio virtual promueve el desarrollo de habilidades para matematizar situaciones del entorno que pueden ser trasladadas fuera del aula, desde luego con las bases conceptuales que son tratadas en la clase. Además, permite la comprensión de los mismos conceptos Matemáticos porque a través de las TIC se pueden generar aplicaciones dinámicas interactivas y observar relaciones de causa-efecto, y complementado con un diseño instruccional intencionado didácticamente se puede lograr que las y los estudiantes obtengan sus propias conclusiones.

Castro (1991) emplea el laboratorio de Matemáticas como recurso para facilitar el aprendizaje en estudiantes a distancia. Propone construir conceptos matemáticos mediados con experiencias activas guiadas con prácticas de laboratorio, con materiales de accesible preparación e inversión mínima. A partir del seguimiento a los estudiantes involucrados en la experimentación, encontró que las experiencias de laboratorio promueven la construcción de los conceptos analizados. Una de las limitantes de esta investigación es con respecto a los materiales y computadoras utilizadas. Actualmente, se dispone de mayor diversidad en

software y tecnología para crear experiencias de laboratorio donde se perciban mejor los conceptos físicos.

Arrieta et al. (2005) investigan la problemática de implementar estrategias de aprendizaje mediadas por la modelación en el aula de Matemática, señalando la falta de material de laboratorio disponible como uno de los principales obstáculos. Ellos proponen mejorar el diseño y desarrollo de un ambiente virtual al considerar los siguientes aspectos: las diferentes variantes de interactividad (alumno-ambiente, alumno-alumno, alumnos-profesor); enfocarse en el aprendizaje a través de prácticas; posibilitar las experiencias en grupo y lograr simular lo más fiel posible las condiciones de un laboratorio. Finalmente, ellos identifican ventajas y desventajas que presenta el empleo de su software diseñado.

Entre las ventajas esta la factibilidad de emplear la modelación en escenarios escolares contribuye a generar prácticas de laboratorio y su disponibilidad para utilizarlas en cualquier momento. Se genera la posibilidad de interactuar a distancia, permite una evaluación personalizada y continua, se generan datos numéricos y/o gráficos para el análisis de los conceptos. Sin embargo, se tienen ciertas desventajas, entre las cuales se destaca que la simulación a través de la pantalla puede generar dudas, incertidumbre, puede generarse interrelaciones no controladas por el profesor

Se realizó una búsqueda de laboratorios virtuales para conocer los que han sido propuestos para el Tecnológico Nacional de México. Hasta el momento se han encontrado dos propuestas, una de ellas es el laboratorio virtual de electricidad y magnetismos para apoyar la asignatura de Física II, que fue donado el 13 de octubre de 2010 a la DGEST por un egresado del tecnológico de Querétaro (DGEST, 2010), se desconocen resultados sobre su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Otra propuesta que se encontró es el laboratorio virtual de Matemáticas implementado en el tecnológico de Acapulco en el que su principal objetivo es promover la modelación Matemática (Martínez, et al., 2005).

La diferencia que existe entre estos laboratorio y el que se propone en la investigación es que en esta última, además de simular situaciones que favorezcan la modelación matemática, una de las principales intenciones se centra, primeramente, en la comprensión de conceptos matemáticos y, posteriormente, la matematización de los mismos (la matematización entendida como la capacidad del individuo de transferir un problema en contexto al mundo de las Matemáticas para que se le dé solución y esta expresarla en términos del contexto). Hasta el momento son escasas en las universidades las plataformas que propongan laboratorios virtuales en el área de Matemáticas, por lo que, se considera pertinente se realicen trabajos como el que se desarrolla en la presente investigación.

Marco teórico

La investigación se fundamentó teóricamente desde dos paradigmas, uno de ellos es el diseño de laboratorios y prácticas que da cuenta de la implementación del espacio virtual y un marco de referencia sobre la construcción del conocimiento matemático.

Laboratorios en ingeniería

Un laboratorio es un lugar equipado con “diversos instrumentos de medición, entre otros, donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la

que se enfoque” (Lugo, 2006. p.20). Específicamente, los laboratorios en las carreras de ingeniería son utilizados como espacios de enseñanza y aprendizaje en donde se comprueban los principios teóricos de los conceptos que son abordados en el aula, donde se estudia el comportamiento de algunos fenómenos, así como para desarrollar investigación científica.

Un laboratorio virtual es entendido como un espacio informático interactivo en el que se realizan actividades para promover aprendizajes y, en donde se modelan y se simulan situaciones, mediante la computadora y que pueden ser realizadas también en un espacio físico (Aguilar y Heredia, 2013). Los laboratorios virtuales ofrecen algunas ventajas respecto a los laboratorios físicos como la inclusión educativa, se adapta a las condiciones y horarios de los estudiantes, el acceso a estos es más amplia y la disminución de costos para su implementación y que, además, puede ser usado como un complemento para los laboratorios físicos.

En Matemáticas, el papel que juega el laboratorio virtual en la formación de los estudiantes es fortalecer los contenidos temáticos que son tratados en el aula, así como, fortalecer la competencia matemática, porque los laboratorios ofrecen diversos niveles de complejidad en el proceso de aprendizaje (Torres y Martínez, 2015). Para su implementación, incorporan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que hoy en día ofrecen experiencias educativas y promueven aprendizajes. Los escenarios basados en ambientes virtuales permiten simular y visualizar la representación de modelos matemáticos que describen el comportamiento de un fenómeno y favorecen a las construcciones de conceptos matemáticos.

Estos escenarios no deben considerarse solamente como una mezcla de componentes de la interfaz, tales como el texto, los gráficos, el sonido, las animaciones y el video, o los vínculos electrónicos que permitan tener acceso a las diferentes fuentes de información que exige en el mundo (Martínez et al., 2005), “lo fundamental de considerar en un ambiente virtual son las implicaciones educativas que se le puedan atribuir” (Arrieta et al., 2005. p.787). En el caso de la presente investigación deberá ser elaborado para adecuarlo a las necesidades de las competencias planteadas en el programa de estudio de Cálculo Diferencial para las universidades, así como el diseño e implementación de las prácticas que se realizarán en este espacio virtual.

Pensamiento matemático

La teoría de representaciones semióticas establece que los conceptos matemáticos a diferencia de otros conceptos son tratados desde diversos registros de representación, por lo que, la semiótica juega un papel fundamental en la enseñanza de las Matemáticas, ya que, las diversas representaciones son las que permiten el acceso y la aplicación a los objetos matemáticos (Duval, 2006).

La Semiosis es la actividad que se dedica a genera una nueva representación y a la Noesis que es la actividad ligada a la percepción conceptual de los objetos representados y procesos cognitivos desarrollados por el sujeto (Hernández et al., 2017). Parte de la teoría de Duval plantea como objeto de estudio, un análisis de los procesos cognitivos que tiene lugar cuando un individuo transita de un registro de representación a otro de un mismo concepto (D’Amore et al., 2013).

METODOLOGÍA

Dada su naturaleza de la investigación se integró un equipo interdisciplinario en el que participaron docentes del área de Matemáticas e investigadores con experiencia en el desarrollo de aplicaciones digitales para computadora. Los objetos para aprendizaje que se incorporaron en la plataforma consistieron en applets en GeoGebra, selección de simuladores PhET, creación de software, por ejemplo, para el tema de funciones y derivadas, así como, la implementación de cada práctica de laboratorio.

La primera fase del proyecto fue la fundamentación teórica. Se realizó un estudio de campo en donde se indagó sobre las principales dificultades que presentan los estudiantes en el curso de Cálculo Diferencial. Como resultado de este estudio se identificaron los conceptos más relevantes para ser trabajados en el laboratorio. Paralelamente al estudio de campo, se analizaron diferentes planes y programas de las asignaturas del área de matemáticas. Se observó que en todos se exhorta a la realización de prácticas, pero no se encontró una propuesta concreta en donde se establezcan los objetivos que se pretenden alcanzar con estas o las competencias a desarrollar. Como resultado de esta etapa se definió una estructura para el diseño de las prácticas de laboratorio.

El laboratorio fue implementado en la plataforma Moodle y hasta el momento cuenta con diez prácticas. El desarrollo de la propuesta se fundamentó en el Diseño Centrado en el Usuario esta metodología consiste en una serie de métodos y técnicas que permiten conocer y comprender las necesidades, limitaciones y características del usuario (Kuniavsky & Goodman, 2012). Propone involucrar a usuarios potenciales en el proceso de diseño, por medio de pruebas y análisis. Una de estas pruebas es el *test de usuario*, el cual consiste en la observación de cómo un grupo de participantes llevan a cabo una serie de tareas encomendadas por el evaluador, analizando los problemas de usabilidad con los que se encuentran durante el proceso.

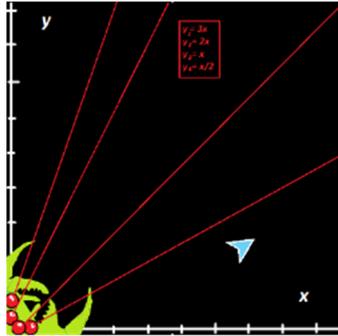
Una vez implementado el laboratorio, se realizó un estudio cualitativo para evaluar la usabilidad de espacio virtual y la pertinencia de los objetos de estudio. Para esto, se solicitó a estudiantes de distintas carreras participaran realizando las actividades propuestas. Se aplicaron entrevistas a profundidad para conocer la experiencia de cada uno respecto a la calidad de los contenidos y presentación de estos obteniendo resultados satisfactorios. El área de oportunidad que se encontró para enriquecer el laboratorio es en incorporar actividades que aborden los conocimientos previos a los contenidos del curso que deben poseer los estudiantes. Se tiene proyectado a futuro realizar un estudio que dé cuenta del impacto de la propuesta en el desarrollo de competencias.

RESULTADOS

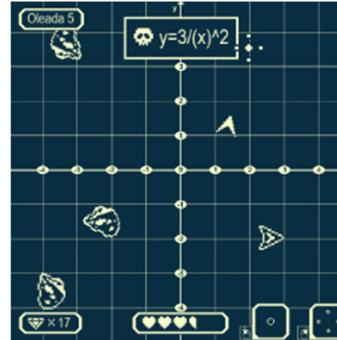
Como resultado de la investigación se reporta el ambiente virtual creado como laboratorio de matemáticas con diez prácticas, en donde el estudiante puede trabajar de manera autogestiva para fortalecer los conceptos tratados en el aula de matemáticas. También, en las fases de diseño e implementación de la propuesta, se elaboraron diversos objetos de aprendizaje en distintas plataformas de desarrollo. Uno de los productos obtenidos es un videojuego serio, cuyo objetivo es promover el desarrollo de habilidades en la graficación de funciones. El videojuego se incorporó como instrumento de autoevaluación para el estudiante. Antes de jugar, el estudiante debió realizar una serie de prácticas relacionadas con el tema de funciones

y sus gráficas. El software fue evaluado y mejorado quedando la versión 1.1. La Figura 1, muestra algunas imágenes del videojuego.

Figura 1. Videojuego serio Graficalax



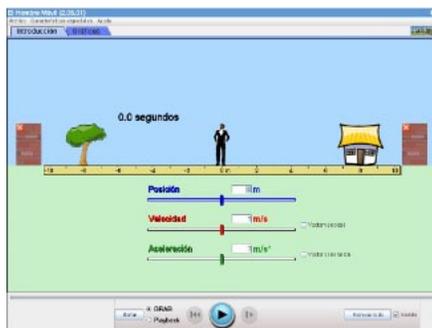
a) Función lineal



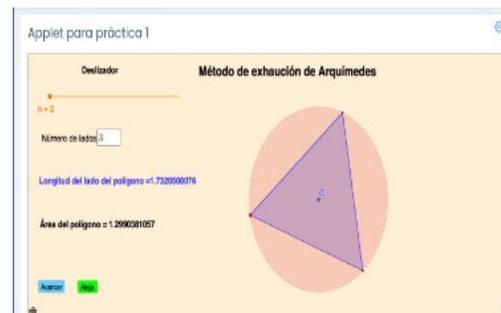
b) Pantalla de estrategias

Se diseñaron también diversas plataformas interactivas de entrenamiento, se incorporó el software Derivadas (Figura 2c) que contiene más de 300 ejercicios resueltos. El software aleatoriamente muestra, por pantalla, reactivos de opción múltiple que deberá resolver el estudiante en su libreta. Una vez resuelto, seleccionará la opción adecuada y si es correcta, el software lo indica, pero si no acertó tiene la opción de revisar paso a paso el proceso de solución, mostrándose también las reglas algebraicas e identidades trigonométricas que estén involucradas.

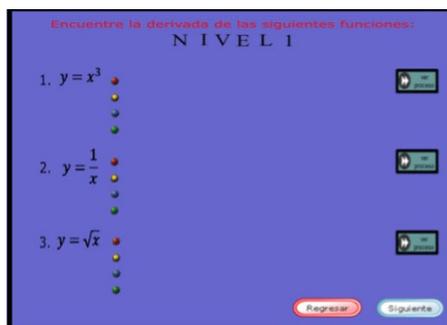
Figura 2.- Objetos para aprendizaje del Laboratorio



a) Simuladores PhET



b) Applets en GeoGebra



c) Diseño de software



d) Ejemplo de práctica

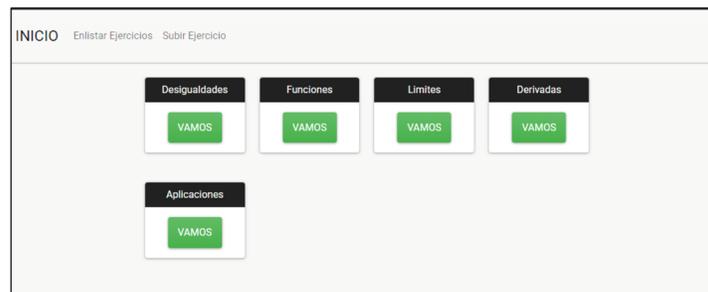
En la Figura 2 se observan algunos ejemplos de los objetos de aprendizaje que se incorporan como applets en GeoGebra (Figura 2b), simuladores PhET (Figura 2a) y las prácticas para cada concepto tratado (Figura 2d). En la Figura 3 se muestra la pantalla principal del laboratorio.

Figura 3. *Pantalla principal*



Para cerrar el ciclo del desarrollo de prácticas y trabajo en aula, se diseñó una aplicación (Figura 4) que permite que los docentes generen sus instrumentos para evaluar aprendizajes alcanzados. La plataforma consiste en un software en el que el profesor incorpora un examen del tema o los temas que requiere evaluar. La plataforma muestra el puntaje logrado por el estudiante y cuando haya respuestas incorrectas, tendrá la posibilidad de identificar sus errores.

Figura 4. *Aplicación Laboratorio de Matemáticas TE ITCG*



CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación se logró la implementación del Laboratorio Virtual para Matemáticas, en donde estudiantes y docentes cuentan con un escenario interactivo en el que se promueve la comprensión de conceptos de la asignatura Cálculo Diferencial de manera autogestiva y que es viable no solo para estudiantes universitarios, sino también para el nivel medio superior. La metodología que se propone para acercar a los estudiantes a los contenidos disciplinares es mediante prácticas de laboratorio, el uso de simuladores y applets diseñados, específicamente, de acuerdo con los conocimientos que se quieren promover.

Uno de los hallazgos relevantes de la investigación, es que la implementación de escenarios específicos que promuevan aprendizajes matemáticos incide en aspectos motivacionales de los estudiantes, lo que facilita el acceso al conocimiento matemático. Los estudiantes interactúan con objetos de aprendizaje de fácil acceso para ellos y que resultan novedosos, rompen el paradigma de la Matemática que consiste en resolver únicamente ejercicios descontextualizados y cargados de algoritmos. El laboratorio da la oportunidad de modificar situaciones, de analizar, reflexionar y obtener resultados que son modelados y explicados desde los conceptos matemáticos que están presentes.

En el desarrollo de la investigación se encontró que son escasos los laboratorios de matemáticas en las universidades, por lo que se considera importante destacar que el alcance de los resultados de la investigación pueden ser prometedores e impactar en el campo de la didáctica de las matemáticas y en educación virtual. Como trabajo futuro se espera realizar un estudio cuantitativo para evaluar el impacto que tiene la propuesta en el aprendizaje de las matemáticas y en el desarrollo competencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I. y Heredia, J. (2013). Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, núm. 10. <http://11.ride.org.mx/index.php/RIDESECUNDARIO/article/viewFile/578/566>
- Araiza, A., Barroso, R., Gavilán, J. y Sánchez, A. (2002). Laboratorio virtual de Matemáticas. *Revista de enseñanza universitaria*, número 19, pp. 9-14. <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/handle/11162/21361>
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior [ANUIES] (2022). *Anuario estadístico de Educación Superior*. <http://www.anuies.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Arrieta, J., Martínez, E. y Canul, A. (2005). Laboratorio virtual de Matemáticas (ALME2005). En J. Lezama, M. Sánchez y G. Juan (Eds.). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 18(1), pp. 785-790. <http://funes.uniandes.edu.co/6082/>
- Arrieta, R y Piedra, O. (2015). *Diseño e implementación de un laboratorio virtual y remoto para el desarrollo de prácticas de control de procesos*. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10403>
- Castro, F. (1991). El laboratorio de Matemáticas: un recurso para el aprendizaje en estudios a distancia. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 3(2), pp. 79-84. <https://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/21006>
- D'Amore, B., Fandiño, M. y Iori, M. (2013). *La semiótica en la didáctica de la Matemática*. Editorial Magisterio. <https://bibliotecadigital.magisterio.co/libro/la-semi-tica-en-la-did-ctica-de-la-matem-tica>

- Dirección General de Educación Superior Tecnológica [DGEST] (2010). *Donación del laboratorio virtual de electricidad y magnetismo a la DGEST*. <http://www.dgest.gob.mx/dgest/donacion-del-laboratorio-virtual-de-electricidad-y-magnetismo-a-la-dgest>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of Mathematics. *Education Studies in Mathematics*, 61(1-2), pp. 103-106. <https://www.jstor.org/stable/25472062>
- Esparza, A. (2020). *Escenario interactivo para fortalecer la comprensión de conceptos de la física en estudiantes del ITCG*. [tesis de licenciatura, Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Guzmán].
- Gómez, M. (2014). *Laboratorio Virtual de Matemáticas* (Proyecto PAPIME). Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) UNAM. <http://www.innovacioneducativa.unam.mx:8080/jspui/handle/123456789/5184?mode=full>
- Hernández, A., Ordoñez, J., García, M. y Cervantes, J. (2017). *Teoría de registros de representaciones semióticas*. https://www.researchgate.net/publication/315814323_TEORIA_DE_REGISTROS_DE_REPRESENTACIONES_SEMIOTICA
- Infante, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 19(62), pp. 816-937. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000300013
- Jiménez, A., y Sucerquia, E. (16 al 18 de octubre de 2008). *Laboratorio virtual de matemáticas: el aula matic*. Taller realizado en 9° Encuentro Colombiano de Matemática Educativa. Valledupar, Colombia. <http://funes.uniandes.edu.co/949/>
- Kuniavsky, M., & Goodman, E. (2012). *Observing The User Experience: A Practitioner's Guide to User Research* (2nd Ed.). Morgan Kaufmann
- Lugo, G. (2006). La importancia de los laboratorios. *Ingeniería - Construcción y Tecnología*. <http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>
- Martínez, E., Arrieta, J, y Canul, A. (2005). Laboratorio virtual de Matemáticas (ALME2005). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, vol. 18. <https://core.ac.uk/download/pdf/33252591.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2016). Panorama de la Educación 2015: Indicadores de la OCDE. <https://www.oecd->

ilibrary.org/education/panorama-de-la-educacion-2015-indicadores-de-la-ocde_eag-2015-es

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2019). *Higher Education in Mexico: Labour Market Relevance and Outcomes*. <https://dx.doi.org/10.1787/9789264309432-en>

Reis, P. (1996). O trabalho de laboratório na aprendizagem e avaliação em ciências. *Noesis*, pp. 48-50. <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4718/1/O-trabalho-de-laboratorio-na-aprendizagem-e-avaliacao-em-ciencias.pdf>

Rochin, F. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: revisión de literatura. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.821>

Torres, S. y Martínez, E. (2015). Laboratorio virtual de Matemáticas como estrategia didáctica para fomentar el pensamiento lógico. *Revista Academia y Virtualidad*, 8(2), pp.73-84. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/1424/1138>

Ubaque, K. (2009). Experimento: una herramienta fundamental para la enseñanza de la Física. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, vol. 4(1), pp. 35-40. <http://revistas.udistrital.edu.co:8080/index.php/GDLA/article/view/5248>