

EXPERIENCIA CON EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA ENSEÑANZA DEL CALCULO EN LOS PRIMEROS SEMESTRES DE INGENIERÍA

EXPERIENCE WITH THE USE OF VIRTUAL REALITY IN TEACHING CALCULUS IN THE FIRST SEMESTERS OF ENGINEERING

Ma. Guadalupe Medina Torres

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
guadalupe.medina@itcelaya.edu.mx

Gloria Reyna Gómez Páez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
reyna.gomez@itcelaya.edu.mx

Ana María Palma Tirado

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
ana.palma@itcelaya.edu.mx

David Gasca Figueroa

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
david.gasca@itcelaya.edu.mx

Fabiola Estefanía Tristán Flores

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
fabiola.tristan@itcelaya.edu.mx

Recepción: 16/diciembre/2024

Aceptación: 23/diciembre/2025

Resumen

En instituciones de educación superior se percibe que la materia de cálculo históricamente presenta altos índices de reprobación, lo que genera abandono e inclusive rezago y deserción de la carrera profesional. Ante esta situación que va en aumento es urgente y necesario atender las áreas de oportunidad de los estudiantes que favorezcan su aprendizaje, como son: el análisis y la visualización gráfica de la matemática, que el docente ha identificado como prioritarias para el aprendizaje de esta ciencia abstracta. El objetivo de este proyecto es analizar la percepción del uso de la Realidad Virtual en la representación de gráficas de transformación de funciones como una estrategia innovadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje

en estudiantes de Cálculo Diferencial. Se presenta una metodología de tipo descriptiva y comparativa, se diseñaron y realizaron prácticas de Realidad Virtual (XR-GRAPH) y simulación 2D (GeoGebra), en cada caso se aplicó a tres grupos de cuatro estudiantes de la asignatura de Cálculo Diferencial de la carrera de Mecatrónica, posteriormente se les aplicó un instrumento de percepción a cada estudiante. Los resultados muestran que los estudiantes estimulados con la visualización y manipulación de gráficas, los motiva a aprender con herramientas tecnológicas novedosas. Se concluye que el uso de esta herramienta de Realidad Aumentada favorece, la asociación visual con la construcción utilizando los principios de la lógica matemática con herramientas inmersivas en 3D para facilitar el aprendizaje del cálculo. Sin embargo, se hará necesario medir la diferencia del rendimiento académico con y sin uso de dichas herramientas virtuales de aprendizaje y su impacto en los índices de reprobación y en la eficiencia terminal.

Palabras Clave: aprendizaje, eficiencia terminal, matemáticas, realidad aumentada, reprobación.

Abstract

In higher education institutions, it is perceived that the subject of calculus historically presents high failure rates, which generates abandonment and even delay and desertion of the professional career. Given this increasing situation, it is urgent and necessary to address students' areas of opportunity that enhance their learning, such as the analysis and graphical visualization of mathematics, which instructors have identified as priorities for learning this abstract science. The objective of this project is to analyze the perception of using Virtual Reality in the representation of function transformation graphs as an innovative strategy in the teaching-learning process for Differential Calculus students. A descriptive and comparative methodology is presented. Virtual Reality (XR-GRAPH) and 2D simulation (GeoGebra) exercises were designed and implemented. In each case, they were applied to three groups of four students in the Differential Calculus course within the Mechatronics program. Subsequently, a perception instrument was administered to each student. The results show that students stimulated by the

visualization and manipulation of graphs are motivated to learn with innovative technological tools. It is concluded that the use of this Augmented Reality tool promotes visual association with construction using the principles of mathematical logic with immersive 3D tools to facilitate the learning of calculus. However, it will be necessary to measure the difference in academic performance with and without the use of these virtual learning tools and their impact on failure rates and graduation rates.

Keywords: *learning, terminal efficiency, mathematics, augmented reality, failure.*

1. Introducción

El aprendizaje de las matemáticas es fundamental para el desarrollo intelectual de los estudiantes. En la actualidad y después de la pandemia existe una crisis en las cualidades y habilidades que se necesitan para la resolución de problemas, como son: la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de razonar y comunicarse de manera efectiva en un lenguaje matemático correcto [Concha, L.R., 2024]. Es indispensable atender de manera urgente las necesidades que manifiestan los estudiantes, por ejemplo, cálculo mental, razonamiento lógico matemático, manejo del álgebra, dificultades de comprensión, experiencias no gratas previas, entre otras. Actualmente, la tendencia en la enseñanza de las matemáticas juegan un rol decisivo y preponderante en todos los niveles educativos. El uso de la tecnología es un medio que permite al estudiante observar las matemáticas en otros ambientes para que genere conclusiones de manera ágil y le facilite el aprendizaje, siempre que el docente realice un proceso bien dirigido y asertivo en el proceso educativo [Gamboa, R.A., 2007].

La forma en cómo los estudiantes viven las matemáticas implica el uso de la tecnología como un cambio sustancial en la forma de enseñar y aprender en el aula. Cada uno de los ambientes computacionales que se pueden emplear, proporcionan condiciones para que los estudiantes identifiquen, examinen y comuniquen distintas ideas matemáticas.

El uso de la tecnología puede llegar a ser una poderosa herramienta para que los estudiantes logren crear diferentes representaciones de ciertas tareas y sirve como

un medio para que formulen sus propias preguntas o problemas, lo que constituye un importante aspecto en el aprendizaje de las matemáticas [Barrera y Santos, 2001]. En este mundo globalizado las tecnologías de la información facilitan el alcance del aprendizaje en espacios educativos de diferente orden social, pedagógico y comunidades diversas. El gran avance en el desarrollo de sistemas de visualización facilitan el manejo de grandes volúmenes de datos, su análisis y visualización. Entre estos, la Realidad Aumentada (RA) proporciona mayor capacidad de interacción a través de interfaces ergonómicas, con mayor posibilidad de entendimiento y comprensión de elementos gráficos a través del mundo virtual en tercera dimensión, alejándose del sentido usual y la forma tradicional de aprender las matemáticas [Del Carmen, A. et al, 2011].

El Instituto Tecnológico de Celaya del TECNM cuenta con una sala (LINNCB4.0, Laboratorio de Investigación e Innovación) en el área de Ciencias Básicas, para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas como una forma de atender de manera urgente las áreas de oportunidad que presentan los estudiantes en las diferentes áreas y asignaturas que se imparten en los primeros semestres de ingeniería (cálculo diferencial, cálculo integral, ecuaciones diferenciales, método numéricos, entre otras). En esta sala se pretende incursionar con proyectos inter e intrainstitucionales de la región para la enseñanza-aprendizaje de los aspectos básicos y de innovación que favorezca la enseñanza de las matemáticas y sus aplicaciones, generando ambientes de aprendizaje actuales que motiven al estudiante a vivir las matemáticas y desarrollen habilidades que propicien el rendimiento académico tan esperado en la educación superior, con esta perspectiva se inicia este proyecto.

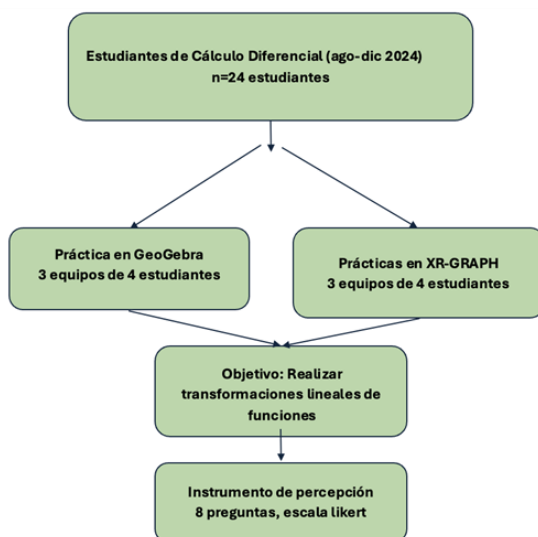
En el semestre enero-junio 2024 el Departamento de Ciencias Básicas atendió 198 *grupos*, 31 *materias* y 5694 *atenciones* a alumnos de las diferentes ingenierías que se imparten en el instituto.

El objetivo de este proyecto va en el sentido de abatir índices de reprobación y rezago de los estudiantes de primeros semestres y favorecer el avance de los estudiantes en su carrera profesional al llevar materias de semestres avanzados en ingenierías, con mejores bases en las matemáticas.

2. Métodos

Este estudio utilizó un enfoque descriptivo con un diseño no experimental de tipo transversal comparativo, enfocado en analizar las diferencias en la percepción entre dos grupos de estudiantes al trabajar con herramientas tecnológicas distintas en la enseñanza de transformaciones lineales de funciones matemáticas.

El estudio incluyó dos grupos de estudiantes del semestre agosto-diciembre de 2024 del Tecnológico Nacional de México en Celaya. Los estudiantes fueron seleccionados de forma no aleatoria, pero asegurando características equivalentes en términos de conocimientos previos y habilidades matemáticas básicas. Cada grupo estuvo compuesto por tres equipos de cuatro integrantes (Figura 1). El grupo A, formado por tres equipos de cuatro integrantes trabajaron con GeoGebra (Figura 2) para realizar transformaciones de funciones. El grupo B, formado también por tres equipos de 4 estudiantes utilizaron una aplicación desarrollada para gafas de Realidad Virtual (Meta Quest 2) que integra el software XR-GRAPH (Figura 3).

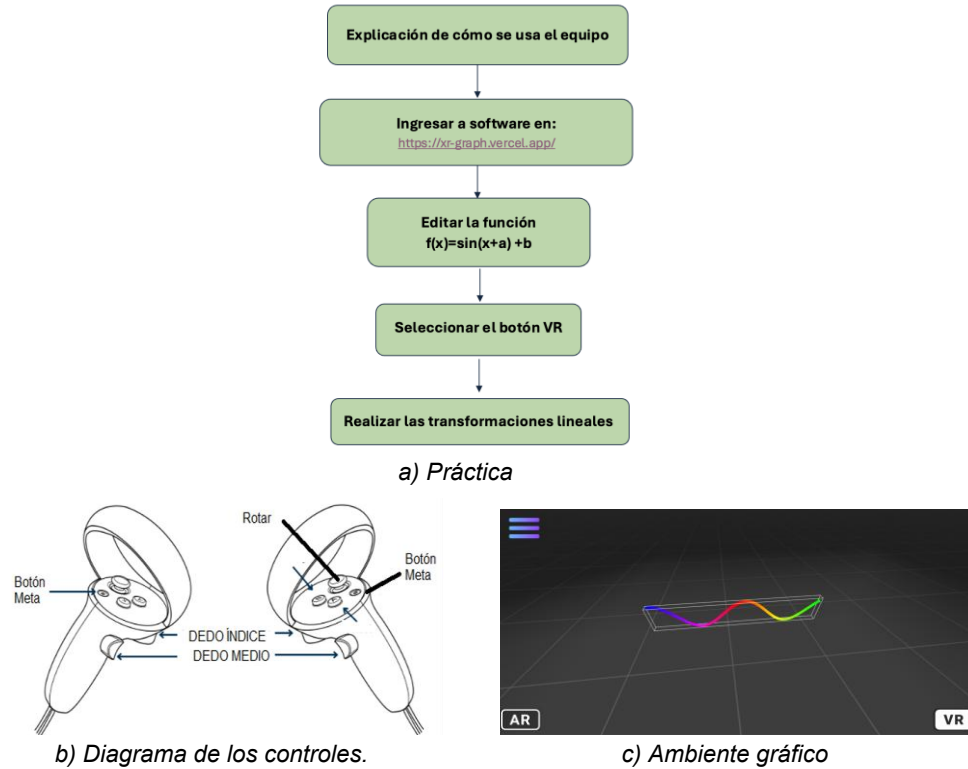


Fuente: elaboración propia.

Figura 1 Diseño de experimentos.

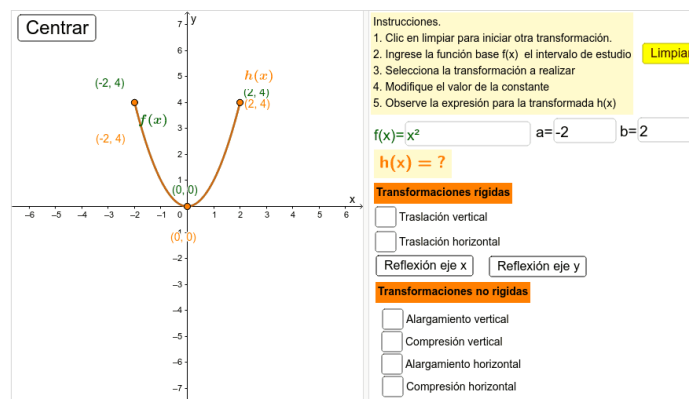
Procedimiento

Se diseñaron dos prácticas con el objetivo: “explorar y comprender cómo las transformaciones lineales de funciones afectan las gráficas de estas”, considerando equivalencias pedagógicas entre ambas plataformas (GeoGebra y VR).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Práctica de Realidad Aumentada



Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Práctica en GeoGebra.

Los estudiantes recibieron una breve capacitación en el uso de las herramientas asignadas (GeoGebra y los controles de VR). Cada equipo desarrolló actividades que involucraban graficar transformaciones lineales de funciones base. El Grupo A trabajó en computadoras con GeoGebra, mientras que el Grupo B utilizó gafas de Realidad Virtual con XR-GRAPH.

Evaluación

Se aplicó un instrumento de percepción para evaluar:

- Facilidad de uso de las herramientas.
- Claridad y comprensión de las gráficas obtenidas.
- Impacto en la visualización y conceptualización de las transformaciones.
- Motivación y satisfacción de los estudiantes con el aprendizaje.

Además, se realizaron observaciones directas durante las sesiones y un análisis comparativo de los resultados entre ambos grupos. El instrumento de percepción utilizó una escala Likert con 5 niveles (Figura 4), donde: 0 es *Totalmente en desacuerdo* y 5 *Totalmente de acuerdo*, las afirmaciones del instrumento son:

- Los controles de Realidad Virtual fueron fáciles de usar para modificar las funciones.
- Fue fácil interactuar con las gráficas en el entorno virtual
- Pude ver claramente cómo afectaban las transformaciones a las gráficas
- La experiencia visual en 3D mejoró mi comprensión de las transformaciones de funciones.

Taller Aprendiendo Cálculo con RA

Especialidad

Elegir

¿Cuál es tu género? *

☐ Hombre

☐ Mujer

Evaluación

Por favor, evalúa las siguientes afirmaciones en una escala de 0 a 5, donde: 0 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo

Los controles de realidad virtual fueron fáciles de usar para modificar las funciones *

0 1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Instrumento de percepción.

- La representación visual en 3D te ayudó a comprender mejor la relación entre la función y sus transformaciones
- Recomendaría el uso de Realidad Virtual para aprender otros conceptos matemáticos
- La experiencia en Realidad Virtual me motiva a seguir aprendiendo matemáticas
- Estoy satisfecho con la experiencia de aprendizaje en Realidad Virtual para este tema de matemáticas.

La confiabilidad del instrumento de percepción fue evaluada mediante el método de Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0.98, lo que nos indica que los 8 ítems son adecuados, así como el tamaño de la muestra, además que hay claridad y coherencia de las afirmaciones, señalando que tiene una alta consistencia para identificar la percepción de los estudiantes.

Análisis de Datos

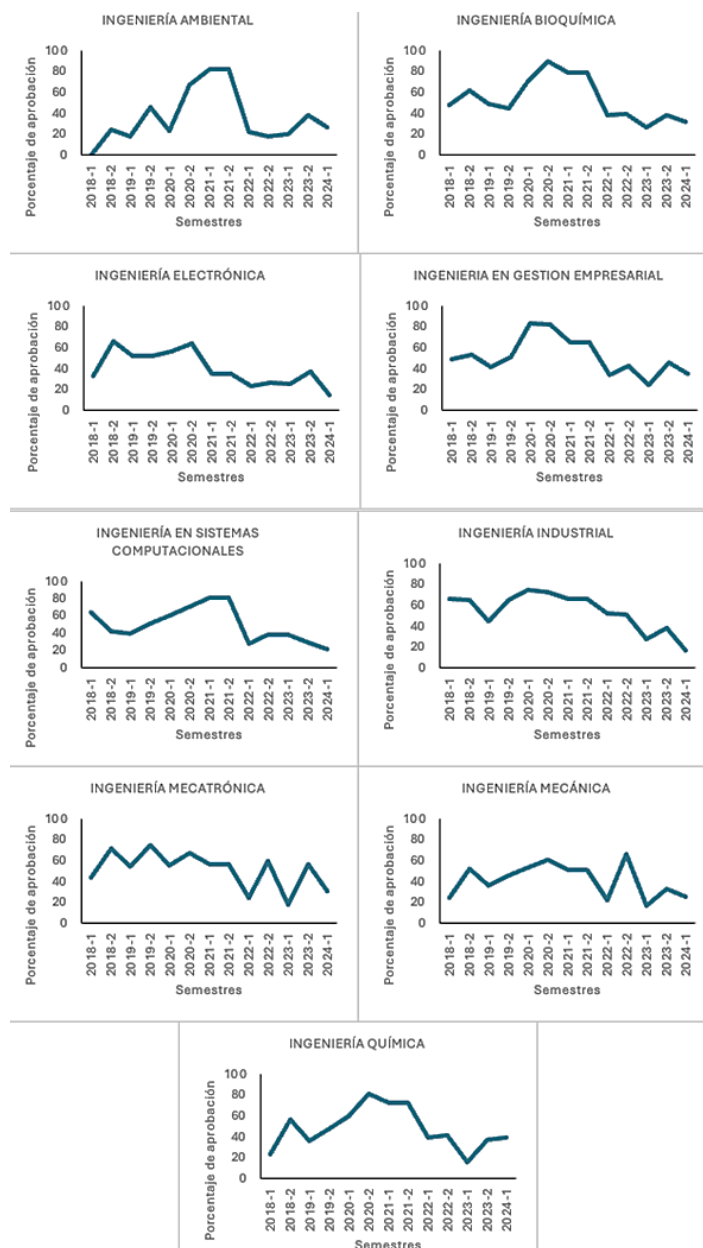
Los datos recolectados del instrumento de percepción se analizaron utilizando estadística descriptiva para identificar tendencias y diferencias entre ambos grupos. Se emplearon gráficos para visualizar los resultados, destacando las percepciones positivas y negativas en cada herramienta.

3. Resultados

Históricamente la asignatura de Cálculo Diferencial tiene los más bajos índices de aprobación en las Ingenierías del TecNM en Celaya, esto puede ser acuñado a que es la primera asignatura del área de Matemáticas a nivel universitario. A partir de enero del 2024, se actualizó el programa de estudio de Cálculo Diferencial, el cual está formado por los temas de:

- Funciones.
- Límites y Continuidad.
- La derivada.y
- Aplicaciones de la derivada.

Los cambios en el programa tienen un efecto en el aprovechamiento de los estudiantes, por lo cual se analizó el rendimiento desde el periodo enero-agosto 2018 hasta enero-agosto de 2024. En el semestre enero-junio de 2024 con respecto al semestre anterior, el rendimiento fué bajo en casi todas las carreras, es decir, se observa un descenso al final de la las gráficas para casi todas las carreras, excepto para la carrera de Química, Figura 5.



Fuente: elaboración propia.

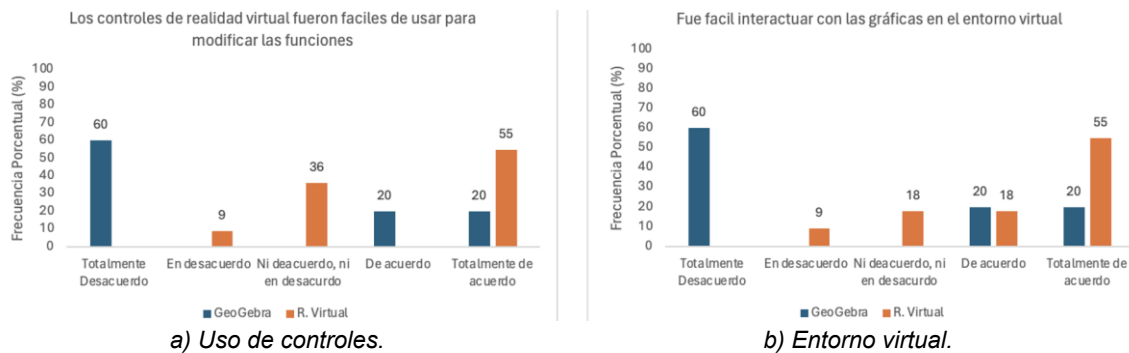
Figura 5 Aprobación por semestre en la asignatura de Cálculo Diferencial.

Además, hay carreras que presentan el más bajo nivel de rendimiento en el semestre enero-junio de 2024 con respecto al periodo de estudio (2018-2024), como: Ing. Electrónica con un 15% de aprobación, Ing. en Sistemas Computacionales con un 22%, e Ing. Industrial con un 17%. También se puede encontrar que en el periodo de clases virtuales, enero 2020 a diciembre de 2022, época de confinamiento por la pandemia de COVID 19, se tienen altos niveles de aprobación. Otra de las tendencias que se identificaron, fué que en los semestres que comienzan en agosto y terminan el diciembre, los estudiantes tienen un mejor rendimiento, en estos semestres se tiene una mayor matrícula de estudiantes de nuevo ingreso. Por lo anterior, es necesario implementar nuevas estrategias didácticas, la Realidad Aumentada es una propuesta innovadora que puede ayudar a los estudiantes a visualizar los conceptos de funciones, áreas, volúmenes, entre otros. En el presente trabajo, se implementó el desarrollo de una práctica aplicada a Cálculo Diferencial, en la cual se realizan transformaciones lineales de funciones, en donde es necesario realizar visualizaciones abstractas, lo cual les cuesta trabajo a los estudiantes. La práctica se aplicó a seis equipos de cuatro estudiantes, tres equipos realizaron una práctica utilizando GeoGebra y los otros tres equipos realizaron una práctica que utiliza el software XR-GRAPH en las gafas de Realidad Virtual Meta Quest 2. Los resultados del instrumento de percepción de los estudiantes indican que el 55% de los estudiantes utilizaron los controles de Realidad Virtual están totalmente de acuerdo que son fáciles de usar para realizar las transformaciones lineales de las funciones, contrastando con los resultados de GeoGebra donde el 60% de los estudiantes está totalmente en desacuerdo.

Con respecto a las gráficas mostradas en el entorno virtual se también el 55% de los estudiantes indican que están totalmente de acuerdo con que son fáciles de interactuar al usar Realidad Virtual, mientras que el 60% de los estudiantes que usaron GeoGebra están totalmente desacuerdo (Figura 6).

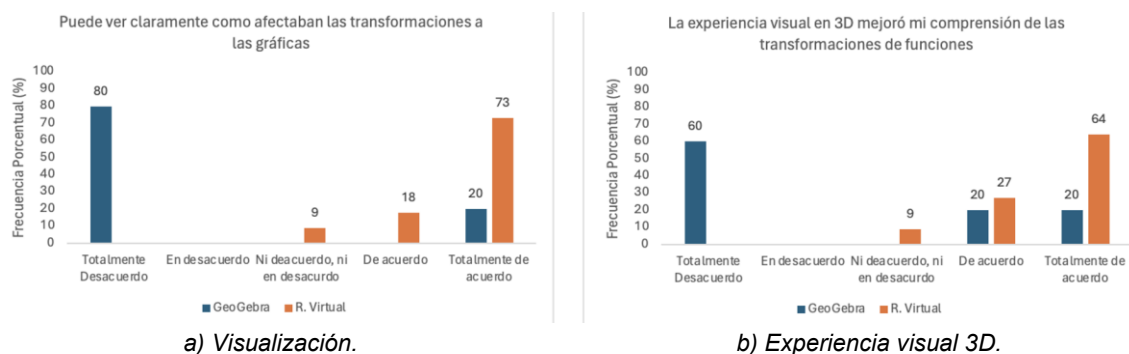
Las transformaciones lineales de funciones se utilizan para poder graficar de una manera ágil a partir de una función canónica o base, lo cual les servirá como conocimiento esencial para las siguientes asignaturas de ingeniería. La gran mayoría de los estudiantes (73%) considera que se pueden ver claramente las

transformaciones con las gráficas obtenidas en la Realidad Virtual, por el contrario 80% de los estudiantes que utilizaron GeoGebra están totalmente en desacuerdo, respecto a una percepción clara de las gráficas en este software (Figura 7a). Con respecto a la visualización 3D el 64% de los estudiantes que utilizaron Realidad Virtual están totalmente de acuerdo en que mejoró su comprensión en la transformación de funciones, y en otro grupo la mayoría (60%) están totalmente en desacuerdo de que GeoGebra les ayudó a mejorar esa competencia (Figura 7b).



Fuente: elaboración propia.

Figura 6 Controles y entorno virtual.

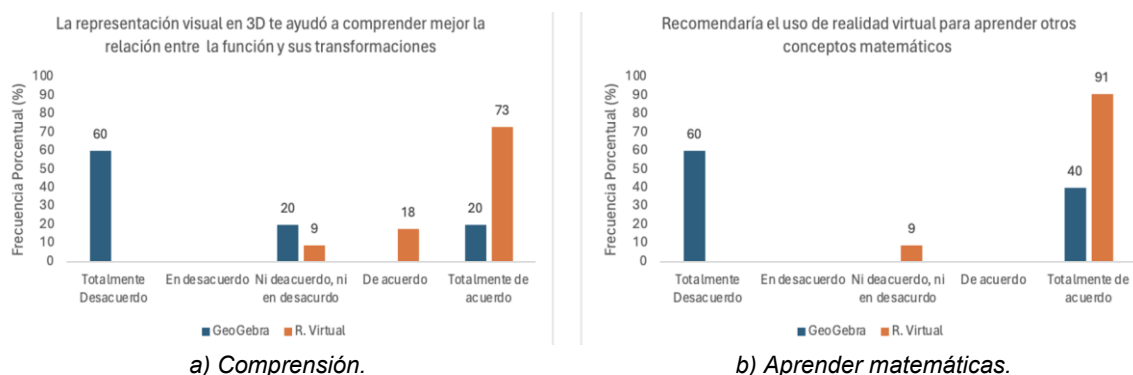


Fuente: elaboración propia.

Figura 7 Visualización de las funciones.

El 73% de los estudiantes está totalmente de acuerdo en que la representación visual en 3D (realidad virtual) les ayudó a comprender mejor la relación entre la función y sus transformaciones, sin embargo, para los que usan GeoGebra no fue así ya que el 60 % está totalmente en desacuerdo (Figura 8a). Con respecto a si recomendaría la Realidad Virtual para aprender otros conceptos matemáticos, el 91% de los estudiantes indicaron que están totalmente de acuerdo, por lo cual es

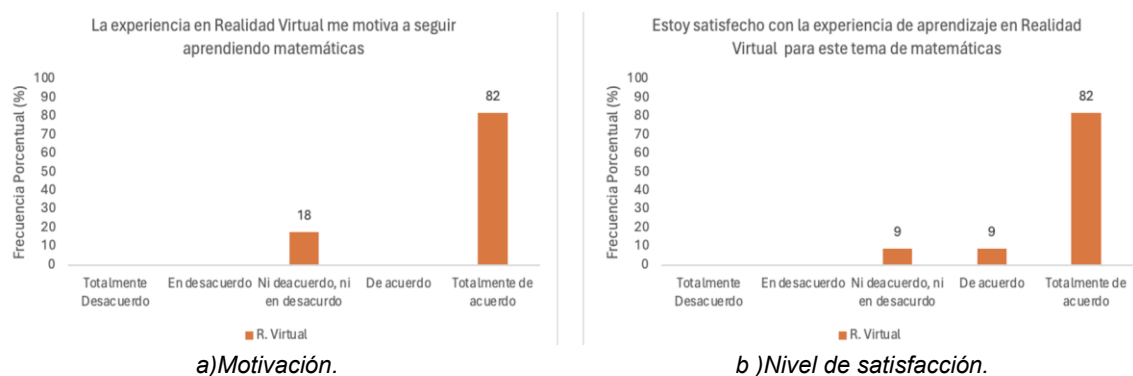
altamente recomendable incluir este tipo de estrategias didácticas en los cursos de matemáticas, para apoyar a los estudiantes a visualizar los conceptos que se ven en el pizarrón (Figura 8b).



Fuente: elaboración propia.

Figura 8 Visualización 3D y la realidad virtual.

Con respecto a la motivación los resultados fueron contundentes, el 82% de los estudiantes se sintió motivado a seguir aprendiendo matemáticas utilizando Realidad Virtual, este punto es importantísimo, ya que los estudiantes generalmente no se sienten motivados a seguir aprendiendo matemáticas (Figura 9a). Además el 82% de los estudiantes está totalmente satisfecho con las experiencia del aprendizaje de las matemáticas utilizando Realidad Aumentada (Figura 9b).



Fuente: elaboración propia.

Figura 9 Motivación y experiencia.

Este trabajo se realizó el diseño de la una práctica que utiliza la RV y su percepción comparada con el uso de GeoGebra, en el uso de transformaciones de funciones

aplicadas en la Ingeniería. Sin embargo, una perspectiva importante es evaluar el cuantitativamente si el estudiante tiene un aprendizaje significativo del tema.

4. Discusión

Actualmente, las herramientas tecnológicas como la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) han ganado relevancia en el proceso enseñanza-aprendizaje produciendo cambios en la educación. La RA/RV proporciona una alternativa de aprendizaje significativo donde se promueve el pensamiento crítico y la resolución de problemas. La aplicación de este modelo didáctico 3D en entornos de aprendizaje colaborativo de RA son infinitas y continúan en constante evolución. Caballero, J. et al [2022] propone que el uso de RA tiene ventajas potenciales en los estudiantes como la motivación en los estudiantes a realizar nuevas experiencias además de que proporciona beneficios tanto cognitivos como la creatividad en los estudios de diseño y en el desarrollo de la habilidad de percepción espacial. Lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio, la motivación es fundamental para que los estudiantes estén receptivos y se logren los beneficios cognitivos, como la percepción espacial de las transformaciones lineales de funciones.

Fernández, R.B. [2017] realizó un estudio sobre el nivel de aceptación al uso de objetos de aprendizaje como la RA y si el género influye en el uso de esta técnica de inmersión. Señala que la experiencia ha despertado un alto nivel de expectación en los alumnos, mostrando interés por utilizar esta tecnología RA y que además las actitudes de los alumnos hacia esta tecnología son positivas, y el género no influye en la aceptación de este recurso. Mientras que, Álvarez y Martínez [2018] mencionan que la RV inmersiva facilita al usuario sumergirse en espacios de tres dimensiones y en 360°, sintiendo estar dentro de dicho espacio y logrando interactuar con los componentes de dichos escenarios, esto facilita la experimentación en primera persona y de manera ubicua, es decir, independiente del lugar. Además, Rosendahl y Wagner [2024], encontraron que el uso de la RV en la enseñanza- aprendizaje, media la interacción teórica-práctica, la reflexión externa y la autorreflexión. La RV es una vivencia única que, mediante experiencias

inmersivas motivadoras, es capaz de implicar al estudiante emocionalmente y con un grado alto de motivación, haciendo el proceso de aprendizaje una experiencia notable. La implementación de tecnologías digitales facilita la visualización de conceptos matemáticos complejos y promueve el aprendizaje activo y colaborativo. Al igual que como lo indican los autores en los párrafos de arriba el proyecto pretende sumar resultados al uso de técnicas de inmersión como la RV para potenciar el aprendizaje significativo del cálculo en los estudiantes de ingeniería.

5. Conclusiones

En el periodo que se realizó este estudio y en específico desde el semestre enero-junio de 2024 a la fecha:

- Se observa que el rendimiento de los estudiantes que cursan cálculo diferencial es bajo en casi todas las carreras. Ante estos resultados la propuesta de usar herramientas de inmersión virtual promete ser de utilidad para propiciar un mejor ambiente que permita asimilar de una mejor manera los conceptos básicos de la matemática.
- En la realización de la práctica con el uso del software XR-GRAPH en las gafas de Realidad Virtual Meta Quest 2 el 55% de los estudiantes les resultó fácil utilizar los controles de Realidad Virtual e interactuar en el entorno virtual.
- La gran mayoría de los estudiantes (73%) considera que se pueden observar claramente las transformaciones lineales con las gráficas obtenidas en la Realidad Virtual. La inmersión en las gráficas les ayudó a comprender y visualizar la relación entre las funciones y sus transformaciones lineales.
- El 82% de los estudiantes se sintió motivado a seguir aprendiendo matemáticas utilizando Realidad Virtual. Es muy importante la motivación, ya que como señalan algunos autores, un estudiante motivado que disfrute su aprendizaje y vive el sentido del logro tiene más posibilidades de desempeño académico asertivo.
- Finalmente, el contar con una sala de matemáticas en la institución y ante los resultados de este proyecto se abre un mundo de posibilidades en esta

búsqueda de abatir los índices de reprobación y rezago de los estudiantes de primeros semestres y favorecer el avance de su carrera profesional al llevar materias de semestres avanzados en ingenierías, con mejores bases en las matemáticas, química, física, entre otras.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Álvarez, J., y Martínez, M. (2018). Aplicando realidad virtual para el aprendizaje de Matemáticas y Física. *Memorias CIIE (Tecnologías para la educación ponencias de innovación)*, p 1450-1454. https://researchgate.net/profile/Jorge-Alvarez-31/publication/377750014_Aplicando_realidad_virtual_para_el_aprendizaje_de_Matematicas_y_Fisica/links/65b5c2aa79007454973eb922/Aplicando-realidad-virtual-para-el-aprendizaje-de-Matematicas-y-Fisica.pdf.
- [2] Barrera, F., & Santos, M. (2001). Students' use and understanding of different mathematical representations of tasks in problem solving instruction. In *Proceedings of the Twenty Three Annual Meeting North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1, p. 459-466.
- [3] Caballero, J. y col. (2022). Aplicación del modelo didáctico 3D realidad aumentada en el aprendizaje colaborativo. Revisión sistemática. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5792>.
- [4] Concha, L. R. (2024). El pensamiento crítico y el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de básica superior (Master's thesis, Ambato: Univ. Tecnológica Indoamerica). <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/6605>.
- [5] Del Carmen Avendaño, Víctor Rangel Ibarra, Roberto Chao González, María Mercedes. (2011). La enseñanza de las matemáticas en la realidad virtual. PAAKAT. Revista de Tecnología y Sociedad, Vol. 1, Núm. 1. p. 7-0. <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/5695413>.
- [6] Gamboa, R.A. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Cuadernos De Investigación Y Formación En Educación

Matemática 2007, Año 2, N° 3, p 11-44.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6890/6576>.

- [7] Fernández, R. B. (2017). La utilización de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en la enseñanza universitaria de Educación Primaria. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, N° 9, p 90–104. <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/2599>.
- [8] Rosendahl, P., Wagner, I. (2024). 360° videos in education – A systematic literature review on application areas and future potentials. *Educ Inf Technol* 29, p 1319–1355. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11549-9>.