

DOSSIER

Realidad aumentada como herramienta alternativa para el aprendizaje en el Laboratorio de Mecánica

Augmented Reality as an Alternative Tool for Learning in the Mechanics Laboratory

Felipe Miguel Álvarez Siordia

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (TEC), CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO

miguel.alvarez@tec.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0978-9987>

Guillermo M. Chans

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (TEC), MONTERREY, MÉXICO

guillermo.chans@tec.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7373-3710>

Karen Fernanda Amezcua Kosterlitz

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM), MÉXICO

karen.fak@economia.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0299-200X>

Samuel Antonio Rosas Meléndez

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (TEC), CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO

samuel.rosas@tec.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7697-6371>

https://doi.org/10.48102/didac.2024..84_JUL-DIC.216



RESUMEN

El siguiente artículo expone un estudio cuasiexperimental para medir el impacto de la realidad aumentada (RA) en el aprendizaje de alumnos que cursan el segundo semestre de Física en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del primer semestre de Ingeniería en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (TEC), Campus Santa Fe. En ambas poblaciones, se midió la ganancia en el aprendizaje (g), mediante la escala de Hake, aplicando una prueba de conocimientos teóricos en dos prácticas de laboratorio, antes y después de usar esta herramienta. También se llevó a cabo una encuesta con el objetivo de medir el interés por el uso de esta tecnología en clase y se verificó su confiabilidad: los resultados muestran que hubo una mejora

en el aprendizaje al utilizar RA como herramienta de apoyo teórico durante las clases. Luego de esta experiencia, en los estudiantes se observó un aumento de su atención en clase y de su interés por la asignatura, lo que seguramente los enriquecerá con una innovadora manera de aprender.

Palabras clave: Aprendizaje; Realidad aumentada; Laboratorio de Mecánica; Educación superior; Física; Innovación educativa.

ABSTRACT

A quasi-experimental study is presented to measure the impact of augmented reality (AR) on learning with second-semester Physics students at Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) and first semester of Engineering at Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe. The learning gain (g) was measured using the Hake scale, which applied a theoretical knowledge test in two laboratory practices before and after using this tool. In addition, a survey was conducted to measure the interest caused by using this technology in classes, and its reliability was verified. The results show improved learning when using AR, a theoretical support tool during classes. After this experience, an increase in attention in class and interest in the subject was observed in the students, which will surely enrich them with another innovative way of learning.

Keywords: Learning; Augmented Reality; Mechanics Laboratory; Higher Education; Physics; Educational Innovation.

Fecha de recepción: 29/02/2024

Fecha de aceptación: 17/04/2024

Introducción

Las áreas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, englobadas en un término comúnmente conocido como STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), generalmente tienen gran dificultad de comprensión debido a la abstracción y a la brecha que existe entre el lenguaje matemático y la interpretación física (Godoy & González, 2018). Ambos son más sencillos de comprender cuando existe un experimento en el que se puede visualizar, de manera tangible, el fenómeno que se está estudiando. En instituciones de Latinoamérica es frecuente observar que no siempre pueden realizarse prácticas de laboratorio para reforzar la enseñanza de ciertos temas, ya sea por falta de infraestructura y equipamiento, por equipos en malas condiciones (descalibrados o descompuestos), o a la imposibilidad de impartir la clase experimental de manera presencial, como sucedió durante la pandemia de COVID-19.

El 30 de marzo de 2020, se decretó una emergencia de salud nacional en México y el 21 de abril se inició la fase tres de la epidemia debido a la propagación del virus, imposibilitando el regreso a las actividades escolares presenciales en todos los niveles (Suárez et al., 2020). Según un reporte del Banco de Desarrollo de América Latina (2022), los principales efectos de la pandemia en la educación superior y en la ciencia fueron:

- La transición urgente y sin planificación previa a la modalidad remota
- Resultados y desafíos dispares debido a la capacidad desigual de las universidades para el desarrollo de la enseñanza en modalidad remota
- Esfuerzos no previstos de manera institucional, académica y tecnológica
- El uso de plataformas educativas sin que, en su mayoría, partiera de una propuesta institucional de las universidades

- Gran variedad de metodologías didácticas para las clases virtuales, propuestas desarrolladas por cada profesor y no de forma institucional
- Limitaciones tecnológicas (por conectividad o por falta de equipo), pedagógicas (en cuanto al desarrollo de competencias de docentes) y socioemocionales (en un intento por reducir la ansiedad y el estrés por el aislamiento y la separación social)

Por otro lado, es sabido que las clases de Física y de Matemáticas son algunas de las materias que más dificultades causan a los estudiantes de niveles de educación básica (Estrabao et al., 2013). A nivel universitario el escenario no es distinto, sobre todo en las carreras STEM debido a la mayor profundización del conocimiento científico: autores como Claros-Perdomo et al. (2020) y Sousa et al. (2021), coinciden en que la impartición de clases tradicionales ya no es adecuada para las nuevas generaciones. Hoy, el aprendizaje significativo puede lograrse a través de una gran variedad de métodos de enseñanza (Montes de Oca & Machado, 2011, y Kathiusca & Alarcón, 2021). Una alternativa posible es mediante la tecnología, como la realidad aumentada (RA), para ser precisos.

Otegui (2017) menciona que la RA es un término que fue utilizado por primera vez en 1992 por Tom Caudell, y la define como una tecnología que combina elementos del mundo real con el mundo virtual, creando una realidad mixta, en tiempo real y a través de un dispositivo tecnológico que permita dicha interacción. Esto se logra mediante un disparador o *trigger*, el cual es un activador de la información y puede ser un código QR (*Quick Response* o código de respuesta rápida), un marcador, una imagen, un objeto o hasta un paisaje (Blázquez, 2017).

Según Ramos Lozano (2017), en lo que va del siglo XXI, se pueden reconocer tres etapas importantes en el crecimiento de la RA. La primera fue entre 2006 y 2008 y tuvo lugar con las mejoras computacionales aplicadas a los videojuegos, lo cual permitió que las computadoras personales (PC) tuvieran la capacidad de manipular escenas multimedia sin problema. La segunda etapa se dio en el año 2012, cuando Apple innovó con los *smartphones* y las *tablets*, los cuales aprovecharon el uso de sus cámaras y la memoria era suficiente para soportar el ambiente virtual en algunas aplicaciones. La última etapa ocurrió en 2014 cuando Google lanzó al mercado sus gafas de RA, dando la oportunidad al usuario de una mayor interacción con aplicaciones en educación, negocios, ocio, etcétera.

Blázquez (2017) identifica cuatro niveles de acuerdo con la implementación de dicha tecnología:

- Nivel 0: sólo se abren hipervínculos mediante marcadores específicos como códigos QR.
- Nivel 1: las aplicaciones utilizan imágenes 2D y 3D como marcadores.
- Nivel 2: las aplicaciones utilizan el *Global Position System* o Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para determinar la geolocalización y orientación del usuario.
- Nivel 3: visión aumentada en que se utilizan lentes como *Google Glass* que vuelven la experiencia más inmersiva.

La RA es una tecnología que poco a poco se ha incorporado en diferentes campos, como en la educación. Esta herramienta se puede integrar a las clases para mejorar la motivación del alumnado y contribuir al aprendizaje por descubrimiento. Es especialmente efectiva en la enseñanza de las ciencias (Eleizalde, 2010), a través de metodologías de trabajo más activas y de corte constructivista (Ramos Lozano, 2017).

Entre las ventajas más importantes del uso de esta herramienta en la educación destacan el desarrollo de habilidades cognitivas, espaciales, perceptivo-motoras y temporales en los estudiantes,

independientemente de su edad y de su nivel académico. Esta herramienta también permite confirmar, refutar o ampliar el conocimiento, generar nuevas ideas, sentimientos u opiniones acerca del mundo. Además, suministra un entorno de confianza, de comunicación eficaz para el trabajo educativo, reduce la incertidumbre del conocimiento acerca de un objeto y aumenta la actitud positiva de los estudiantes ante el aprendizaje, así como su motivación o interés en el tema abordado (Cózar et al., 2015).

Harun y Mantri (2020) y Gutiérrez et al. (2018) sugieren que esta tecnología se puede aplicar en la representación visual de conceptos teóricos complejos tan diversos como el modelo atómico en química (Merino, 2019), funciones en materias de cálculo (Berumen et al., 2021), astronomía (Pérez et al., 2019), anatomía del cuerpo humano (Ruíz, 2019) o electromagnetismo (Iriarte, 2014). Por lo tanto, esta herramienta puede ayudar a que los estudiantes desarrollen su razonamiento matemático, y de esta manera, aumenten su potencial, lo cual provocará una mejora en la motivación, el rendimiento académico y el aprendizaje (da Silva et al., 2019).

En años previos a la pandemia, la RA era poco explorada en el área de las ciencias (Osadchyi et al., 2021), especialmente en física. Fidan y Tuncel (2019) llevaron a cabo una investigación en donde encontraron que la integración de esta tecnología a temas de física aumentó logros en el aprendizaje de los alumnos, su interés en la materia y la utilidad percibida de esta herramienta. Sin embargo, en estudios como el de Berumen et al. (2021) o el de Thees et al. (2020), aun con el instrumento de apoyo no se observan diferencias en el rendimiento académico de los estudiantes en clases. Aun así, se observó un considerable aumento en el interés por la materia y una mayor seguridad en sí mismos durante el proceso de aprendizaje. A partir de la contingencia, se recurrió a ésta y a otras herramientas tecnológicas, principalmente en los laboratorios experimentales, con el objetivo de cubrir las competencias planteadas en la currícula, especialmente las procedimentales. Esta situación se tornó en un gran desafío ya que algunas de ellas se adquirirían mediante experimentos con equipo especializado o se requería trabajar de forma colaborativa (Raman et al., 2021).

El estudio realizado en esta investigación se dirigió al desarrollo de contenido de RA y fue aplicado en dos universidades, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el TEC, Campus Santa Fe, específicamente para dos prácticas de laboratorio: tiro parabólico y fuerza de fricción. Se brindó a los alumnos una breve explicación teórica inicial, junto con las instrucciones para realizar el experimento; posteriormente, se desarrolló la práctica. Luego, se llevó a cabo la actividad con esta tecnología para realizar un análisis comparativo, antes y después de esta experiencia. Se midió la ganancia en el aprendizaje (Hake, 1998) mediante dos pruebas de conocimiento iguales, y se aplicó una encuesta a los estudiantes para conocer su interés por esta herramienta durante clases.

Metodología

El diseño del estudio fue de carácter descriptivo y cuasiexperimental.

En la UNAM, el experimento se llevó a cabo en la materia Laboratorio de Mecánica. Esta unidad de formación pertenece al segundo semestre de la licenciatura en Física y corresponde al primer laboratorio que se cursa durante la carrera. Una primera muestra (grupo uno) fue de 12 alumnos pertenecientes al semestre 2022-1, mientras que el grupo dos correspondió a una muestra de 28 estudiantes del semestre 2022-2. Este curso, de duración semestral, si bien se imparte normalmente de manera presencial, en ambas ocasiones se llevó a cabo de forma virtual debido al confinamiento. A través de diversos experimentos, se introdujeron y demostraron temas teóricos como incertidumbre y su propagación, cifras significativas y regresión lineal (Álvarez et al., 2022).

En el TEC, el experimento se realizó en la asignatura Modelación del Movimiento en Ingeniería, ubicada en el primer semestre de todas las carreras de Ingeniería. Aquí se contó con una única muestra de 10 alumnos durante el semestre 2022-2 (grupo tres). Aunque el grupo constaba de 18 estudiantes, sólo 10 de ellos realizaron ambas actividades, debido a que éstas eran opcionales. Esta unidad de formación tiene una duración de cinco semanas y se impartió de forma virtual debido a la pandemia.

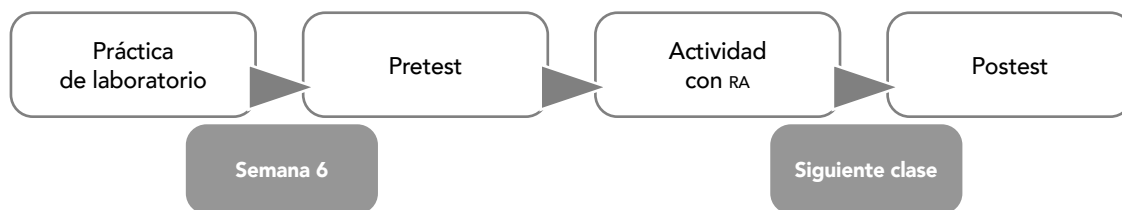
Implementación de la actividad

La sesión inició con una breve explicación teórica del tema a tratar y las instrucciones del experimento a desarrollar. A causa del confinamiento, todas las prácticas se tuvieron que realizar forzosa-mente con experimentos caseros, por lo que los estudiantes armaron su montaje experimental de manera individual. Se crearon dos ambientes con RA en los temas de tiro parabólico y fuerza de fricción, en donde el estudiante tenía la posibilidad de repasar y reforzar las bases teóricas del experimento en cuestión a través de su celular. Para ello, se utilizó el programa de uso libre Creator (Aumentaty, 2019), ya que utiliza un lenguaje gráfico sencillo y práctico (de fácil acceso para personas con poco conocimiento en lenguaje de programación). Mediante la aplicación de visualización Scope (Aumentaty, 2019), se mostraban, en un lado, fórmulas, imágenes bidimensionales y tridimensionales; al mover el celular en otra dirección, se podía observar un vídeo explicativo de no más de dos minutos de duración, con la intención de que el ambiente fuera más atractivo y dinámico para los alumnos. Así, esta experiencia estaría catalogada en el Nivel 1 según la clasificación de Blázquez (2017).

En los grupos uno y dos, la práctica de tiro parabólico se desarrolló durante la semana seis del curso. Al finalizar, se aplicó la primera prueba de conocimientos (*pretest*). Al inicio de la siguiente clase, se les brindó a los alumnos 15 minutos para revisar el contenido de RA (las imágenes disparadoras estaban cargadas en la plataforma Classroom), y posteriormente se les aplicó una segunda prueba (*postest*). Ambos exámenes se realizaron en Google Forms y tuvieron una duración de 15 minutos (Figura 1). Este proceso se repitió durante la semana ocho para la sesión de fuerza de fricción, con tiempos similares.

Figura 1

Diseño de aplicación de la metodología en cuestión para la clase de tiro parabólico en la UNAM (semana seis)



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del grupo tres, la práctica de tiro parabólico se llevó a cabo durante la semana dos y la de fuerza de fricción en la semana tres, ambas con la misma metodología que con los grupos uno y dos.

Evaluación del rendimiento académico

Con la finalidad de evaluar el aprendizaje antes y después de utilizar RA, se diseñaron y aplicaron el *pretest* y el *postest* para cada tema analizado, donde la máxima calificación posible fue 10 y la míni-

ma cero. Cada examen contó con 10 preguntas de opción múltiple (con cinco opciones de respuesta) y con una única solución, con un valor de un punto por cada respuesta correcta. Al finalizar la segunda prueba, los alumnos recibieron su respectiva retroalimentación en la misma plataforma. Ambas evaluaciones no tuvieron ponderación en la calificación de la práctica.

Se realizó la confiabilidad de las pruebas a partir del método de mitades partidas propuesto por Hernández Sampieri et al. (2014), que proponen la división de los resultados en dos mitades equivalentes, de manera que puede inferirse que, si las puntuaciones de las dos mitades están correlacionadas, el instrumento de evaluación es confiable. Por otro lado, se verificó la correlación de las calificaciones de ambos exámenes utilizando el coeficiente de Pearson. Por último, se aplicó la escala de Hake para obtener la ganancia en el aprendizaje (g) que corresponde a la efectividad de las estrategias empleadas para la enseñanza-aprendizaje (Hake, 1998), donde los valores mayores a 0.7 corresponden a una ganancia alta, mientras que valores menores a 0.3 indican una ganancia baja (Santana-Fajardo, 2018).

Medición de percepción del interés

Se adaptó una encuesta basada en Berumen et al. (2021) para medir el interés de los alumnos del grupo dos al incluir RA en las clases de Laboratorio de Mecánica. Con 12 preguntas, de las cuales las primeras dos corresponden a variables demográficas (edad y género) y las siguientes 10 están enfocadas en el interés causado por el uso de RA; para garantizar la sinceridad en las respuestas, el *test* se aplicó de forma anónima (Morales, 2011). Los ítems sobre esta herramienta utilizaron una escala Likert de cinco puntos, donde uno corresponde a “Totalmente en desacuerdo” y cinco a “Totalmente de acuerdo” (Berumen et al., 2021). Posteriormente, se evaluó la confiabilidad del instrumento con el alfa de Cronbach, el cual es un valor que se encuentra entre cero y uno, donde cero significa que no hay relación entre los ítems y uno indica consistencia absoluta. Si el valor de alfa es mayor a 0.7 se considera aceptable, si el valor es mayor a 0.8 la consistencia es buena (Mohajan, 2017).

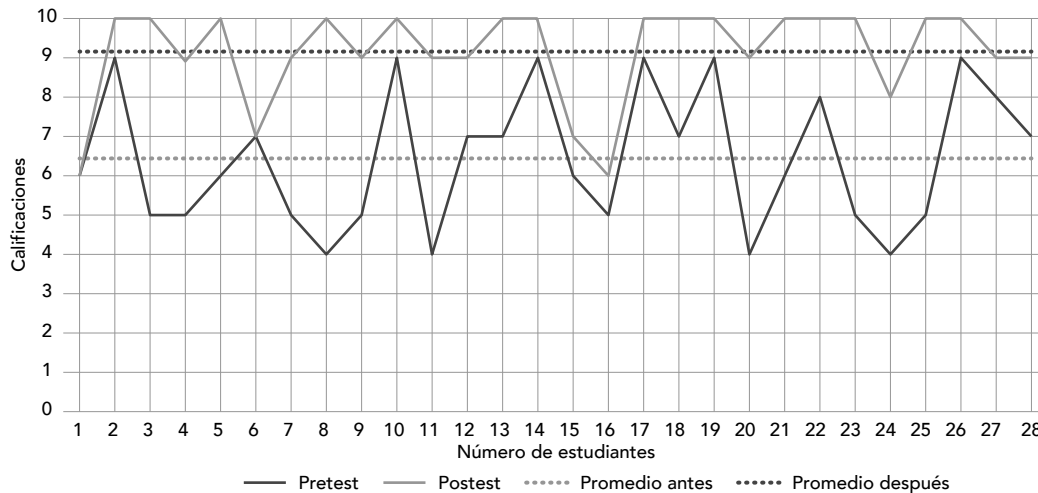
Resultados y discusión

Las evaluaciones *pretest* y *posttest* para tiro parabólico y fuerza de fricción se aplicaron a estudiantes de entre 18 y 22 años de edad (20% mujeres y 80% hombres). Para la confiabilidad de la prueba por mitades partidas se utilizó la muestra más grande, correspondiente al grupo dos. Se dividió a los estudiantes en dos subgrupos de manera aleatoria y se obtuvieron como promedio de calificaciones 6.29 y 6.57 para tiro parabólico antes de usar RA con una desviación estándar de 1.77 y 1.83, respectivamente, subiendo a 9.14 ambas mitades luego de usar RA, con una desviación estándar de 1.23 y 1.29, respectivamente. La Figura 2 muestra una comparación del grupo dos que refleja la mejora de las calificaciones al resolver la prueba de tiro parabólico luego de haber usado RA. El promedio general de ambos subgrupos antes de usar esta herramienta era de 6.43 y luego de utilizarla fue de 9.14. Al usar la escala de Hake, se obtuvo una ganancia en el aprendizaje de 0.76, indicando que esta tecnología resultó ser una estrategia efectiva en la enseñanza-aprendizaje de tiro parabólico.

En cuanto al tema de fuerza de fricción, se obtuvieron promedios de 6.79 y 6.71 antes de usar RA, con desviaciones estándar de 1.37 y 0.91, respectivamente, y de 9.64 y 9.71 luego de utilizarla, con desviaciones estándar de 0.50 y 0.47, respectivamente. La Figura 3 muestra cómo mejoraron las calificaciones después de haber usado esta herramienta para resolver la prueba de fuerza de fricción en el grupo dos. El promedio de la clase antes de usar esta tecnología fue de 6.75 y de 9.68

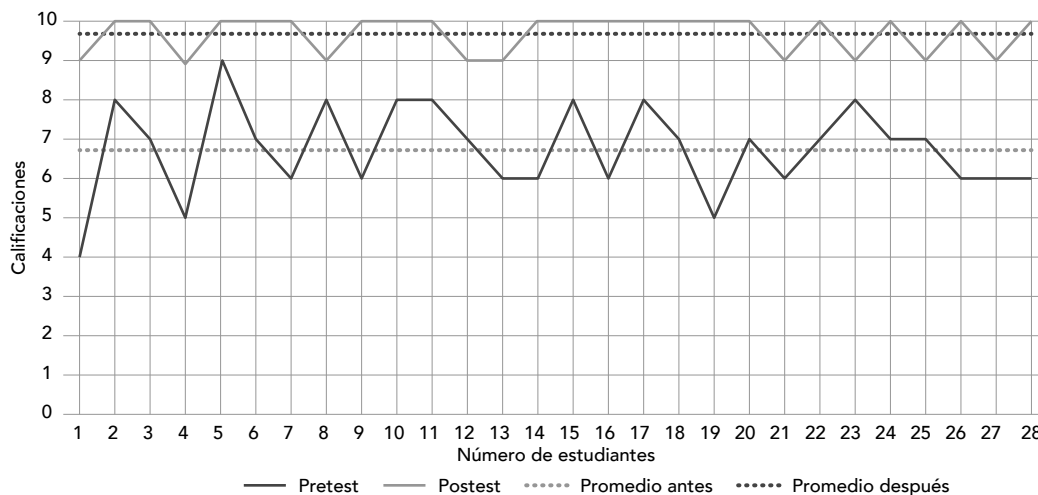
luego de vivir la experiencia. Mediante la escala de Hake, se obtuvo una ganancia en el aprendizaje de 0.90, indicando que el ambiente virtual resultó efectivo como estrategia en la enseñanza-aprendizaje de este tema.

Figura 2
Calificaciones y promedios generales del grupo dos (semestre 2022-2, UNAM)
obtenidos en el pretest y el postest de la práctica de tiro parabólico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3
Calificaciones y promedios generales del grupo dos (semestre 2022-2, UNAM)
obtenidos en el pretest y el postest de la práctica de fuerza de fricción



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los promedios de calificaciones antes y después de usar RA, así como la ganancia en el aprendizaje para los tres grupos en los que se aplicó esta tecnología. En general, el mayor aumento en la ganancia en el aprendizaje se observó en tiro parabólico. Esto puede deberse a que las dos prácticas antecesoras al movimiento parabólico, movimiento rectilíneo uniforme y caída libre, pudieron servir para asociar el ambiente virtual en el que se descompone el movimiento en los ejes horizontal y vertical.

Tabla 1
Promedios de calificaciones antes y después de usar RA, y ganancia en el aprendizaje de los tres grupos analizados

GRUPO	CICLO ESCOLAR	MUESTRA	PRÁCTICA	PROMEDIO DE CALIFICACIONES (ANTES)	PROMEDIO DE CALIFICACIONES (DESPUÉS)	GANANCIA EN EL APRENDIZAJE
1	UNAM 2022-1	12	tiro parabólico	7.33	9.33	0.75
			fricción	6.67	8.00	0.40
2	UNAM 2022-2	28	tiro parabólico	6.43	9.14	0.76
			fricción	6.75	9.68	0.90
3	TEC 2022-1	10	tiro parabólico	6.50	9.80	0.94
			fricción	7.40	8.70	0.50

Fuente: Elaboración propia.

La ganancia en el aprendizaje (g) obtenida entre los grupos uno y tres para tiro parabólico es significativa, mientras que para fuerza de fricción fue menor. Este resultado probablemente se explica por el desánimo de los estudiantes conforme transcurrían las clases y la contingencia. A esto se sumó, al finalizar el semestre, la deserción del 50% del grupo uno que, al inicio del curso, contaba con 24 personas inscritas en total.

En el caso del grupo dos, la materia se impartió en línea un semestre después de que los grupos uno y tres la tomaran presencialmente. Para este momento, la gran mayoría de los cursos ya se impartían en formato presencial. Este factor pudo aumentar la motivación de los alumnos, afectando positivamente en la ganancia de aprendizaje en general.

En cuanto al cálculo del coeficiente de Pearson, el cual brinda información sobre la relación de calificaciones entre ambas prácticas, se utilizaron los datos del grupo dos por ser la muestra más grande. Se obtuvieron valores de $\rho = 0.70$ y $\rho = 0.83$ respectivamente, lo cual sugiere una correlación positiva significativa. También se evaluó la confiabilidad de la encuesta de medición del interés por el uso de RA. Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.79, indicando una consistencia aceptable entre los ítems.

Respecto a la encuesta de satisfacción, aplicada al grupo dos, el 77% de los estudiantes conocía el término RA e incluso el 40% ya había utilizado esta tecnología. Al 73% del alumnado, el ambiente virtual le facilitó mantener la atención en la clase; ese mismo porcentaje mencionó tener beneficios a la hora de asimilar conceptos. Se observó, además, un aumento del interés por el Laboratorio de Mecánica, ya que 70% de los participantes interactuaron con esta herramienta. Este mismo porcentaje de alumnos se sintió más confiado de aprender con RA.

En cuanto a las limitaciones de nuestra investigación, cabe destacar que la muestra utilizada fue pequeña y se probó en dos materias diferentes. Aunque los porcentajes obtenidos sobre interés, que rondaron el 70% o más, son muy similares a los reportados por Berumen et al. (2021), es crucial considerar que estos resultados variaron según la materia donde se implementó la innovación, ya que una de ellas era teórica y la otra sobre laboratorio de física. Además, el *software* empleado para la creación del contenido es libre y por lo tanto está reservado a cierta capacidad de objetos o diseños de elementos multimedia.

Conclusiones

El estudio consistió en un análisis descriptivo del empleo de un ambiente virtual como refuerzo de las bases teóricas para diferentes temáticas de física. Los resultados mostraron un aumento significativo en el aprendizaje y una buena disposición de los participantes hacia el uso de la RA. Esto puede deberse a que es una herramienta interactiva y novedosa que provoca gran curiosidad en los alumnos, impactando positivamente en su atención durante clases. Además, ha resultado eficiente en el aprendizaje práctico y resolutivo.

El uso de tecnologías como la RA en la educación ha facilitado la integración de recursos y metodologías innovadoras para dar como resultado clases más dinámicas y enriquecedoras. Esta herramienta no sólo es eficaz como estrategia docente, sino que también permite a los estudiantes emplearla en sus propios proyectos escolares. La frecuente incorporación de esta práctica en la educación universitaria representa una apuesta significativa para mejorar la calidad y la interacción del aprendizaje. Este entorno virtual fomenta una nueva forma de aprendizaje y adquisición de conocimientos para los estudiantes, y les permite desarrollar competencias disciplinares específicas incluso en un formato a distancia. Por ejemplo, facilita la comprensión y el dominio de conceptos básicos sobre las leyes generales de la física y su aplicación en la resolución de problemas. De esta manera, la RA integra elementos dinámicos, objetos tridimensionales, vídeos, archivos de texto, entre otros, enriqueciendo significativamente el proceso educativo.

La aplicación de la RA en la enseñanza sobre temas de física ha mostrado ser una estrategia efectiva para la mayoría de nuestros estudiantes. El aumento en la confianza y entusiasmo de los alumnos al utilizar esta tecnología es consistente con investigaciones previas, lo que indica un impacto positivo en su participación e interés en los laboratorios de física.

Sin embargo, es importante realizar más investigación para considerar el contexto específico y las necesidades de los estudiantes garantizando así un uso efectivo de la RA, maximizando su potencial para mejorar la calidad del aprendizaje. La RA se perfila como una promesa innovadora y motivadora en la enseñanza de las ciencias, ofreciendo oportunidades para mejorar la comprensión de los estudiantes.

REFERENCIAS

- Álvarez Siordia, F. M., Martínez Bautista, G., Cabrera Martínez, J. I., & Pacheco Blas, M. del A. (2022). La enseñanza remota del Laboratorio de Mecánica a nivel universitario durante la pandemia de COVID-19. *DIDAC*, (80), 13-22. https://doi.org/10.48102/didac.2022..80_JUL-DIC.105
- Aumentaty (2019). *Community*. Estás en la comunidad educativa Aumentaty. <http://www.aumentaty.com/community/es/>
- Berumen López, E., Acevedo Sandoval, S., & Reveles Gamboa, S. (2021). Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso. *RIDE Revista Iberoamericana para la investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.890>
- Blázquez Sevilla, A. (2017). *Realidad Aumentada en Educación*. Universidad Politécnica de Madrid. Gabinete de Tele-Educación. <https://oa.upm.es/45985/>
- Claros-Perdomo, D. C., Millán-Rojas, E. E., & Gallego-Torres, A. P. (2020). Uso de la realidad aumentada, gamificación y m-learning. *Revista Facultad de Ingeniería*, 29(54), Artículo e12264. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292020000100045
- Cózar, R., del Valle, M., Hernández, J. A., & Hernández, J. R. (2015). Uso de la realidad aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education*, (27), 138-153. <http://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/11622/pdf>
- da Silva, M. M. O., Teixeira, J. M. X. N., Cavalcante, P. S., & Teichrieb, V. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: a systematic review. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 25(1), Article 3. <https://doi.org/10.1186/s13173-019-0084-8>
- Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna-Bello, A., & Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia

- cia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de Investigación*, (71), 271-290.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140386013>
- Estrabao Pérez, A. E., Oliver Venturas, J. R., Ríos Obregón, J. M., & Díaz López, J. R. (2013). Las herramientas matemáticas en la formación técnico profesional del tecnólogo de la salud. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 13(3), 1-28.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44729878020>
- Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>
- Godoy, Y., & González, Y. (2018). Aspectos matemáticos que amplían la noción de notación científica en el área de física de educación media general. *Revista Científica*, 31(1), 45-54. <https://doi.org/10.14483/23448350.12257>
- Gutiérrez, R. S., Duque, E. T., Chaparro, R. L., & Rojas, N. R. (2018). Aprendizaje de los conceptos básicos de realidad aumentada por medio del juego Pokemon Go y sus posibilidades como herramienta de mediación educativa en Latinoamérica. *Información Tecnológica*, 29(1), 49-58.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000100049>
- Hake, R. (1998). Interactive-Engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics-AMER J PHYS*, 66(1), 64-74.
<https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Harun, F., Tuli, N., & Mantri, A. (2020). Experience Fleming's rule in electromagnetism using augmented reality: Analyzing impact on students learning. *Procedia Computer Science*, 172, 660-668.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.086>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª. ed.). McGraw-Hill.
- Iriarte, A., González, M., & Chávez, M. (2014). Realidad aumentada aplicada en la enseñanza del electromagnetismo. *Pistas Educativas*, 35(108).
<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/1531>
- Kathiusca Loor, K., & Alarcón Barcia, L. A. (2021). Estrategias metodológicas creativas para potenciar los estilos de aprendizaje. *Revista San Gregorio*, (48), 1-14.
<https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/1934>
- Merino, C., & García, Á. (2019). Incorporación de realidad aumentada en el desarrollo de la visualización. Un estudio con estudiantes de secundaria en torno al modelo atómico. *Pensamiento Educativo*, 56(2), 1-23.
<https://pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/24445>
- Mohajan, H. K. (2017). Two criteria for good measurements in research: Validity and reliability. *Annals of Spiru Haret University. Economic Series*, 17(4), 56-82.
<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/83458/>
- Montes de Oca Recio, N., & Machado Ramírez, E. F. (2011). Estrategias docentes y métodos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. *Humanidades Médicas*, 11(3), 475-488.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202011000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Morales Vallejo, P. (2011). *Guía para construir cuestionarios y escalas de actitudes*. (2ª ed.). Universidad Rafael Landívar.
<https://ceat.url.edu.gt/pagina/guia-para-construir-cuestionarios-y-escalas-de-actitudes/>
- Osadchy, V. V., Valko, N. V., & Kuzmich, L. V. (2021). Using augmented reality technologies for STEM education organization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840 012027.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1840/1/012027>
- Otegui Castillo, J. (2017). La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, (24), 155-229.
<https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/19141>
- Pérez Lisboa, S. R., Ríos Binimelis, C. G., & Castillo Allaria, J. (2019). Realidad aumentada y stellarium: astronomía para niños y niñas de cinco años. *Alteridad*, 15(1), 25-35.
<https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.02>
- Raman, R., Vinuesa, R., & Nedungadi, P. (2021). Acquisition and user behavior in online science laboratories before and during the COVID-19 pandemic. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(8), Artículo 46.
<https://doi.org/10.3390/mti5080046>
- Ramos Lozano, J. C. (2017). *Realidad aumentada como estrategia didáctica, para la enseñanza y el aprendizaje en el área de ética y valores con los estudiantes del grado sexto, en el colegio nacional Universitario de Vélez*. [Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de licenciado en informática educativa, Universidad Santo Tomás]. Universidad Santo Tomás.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9374/RamosJuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruíz Cerrillo, S. (2019). Enseñanza de la anatomía y la fisiología a través de las realidades aumentada y virtual. *Innovación Educativa*, 19(79), 57-76.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000100057&lng=es&tlng=es
- Santana-Fajardo, J. L. (2018). Ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza y cambio en las actitudes hacia la física en estudiantes de la Escuela Preparatoria de Tonalá. *CienciaUAT*, 13(1), 65-80.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000200065
- Sousa Ferreira, R., Campanari Xavier, R. A., & Rodrigues Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova (Revista Colombiana de Estudios Militares y Estratégicos)*, 19(33), 223-241.
<https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Suárez, V., Suárez Quezada, M., Oros Ruiz, S., & Ronquillo De Jesús, E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en Méxi-

co: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 220(8), 463-471.
<https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>

Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning

and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>

SEMBLANZAS

Felipe Miguel Álvarez Siordia es licenciado en Física por la Facultad de Ciencias de la UNAM, maestro en Educación en la Universidad Tecnológica de México y diplomado en Tecnología Educativa por la misma institución. Actualmente realiza el doctorado en Ambientes y Sistemas Educativos Multimodales en la Universidad Rosario Castellanos en donde realiza trabajos en simuladores, realidad aumentada, realidad virtual e inteligencia artificial aplicada a la docencia.

Es profesor en el Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe, y en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Ha participado en eventos de divulgación de la ciencia, en congresos como el Congreso Internacional de Innovación Educativa y en la publicación de artículos.

Guillermo M. Chans es licenciado y doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, y posdoctor en Química Inorgánica por el Instituto de Química de la Universidad Autónoma de México (UNAM). Actualmente es profesor asistente en el Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe, profesor investigador asociado en el Instituto para el Futuro de la Educación, y maestrante en Educación en la misma universidad. Sus principales áreas de investigación son la innovación y tecnología educativa y el estudio de constructos psicosociales en educación superior y STEM.

Karen Fernanda Amezcua Kosterlitz es licenciada en Psicología por la Facultad de Psicología de la UNAM, maestra en Evaluación Educativa por la Universidad del Desarrollo Empresarial y Pedagógico y doctora en Tecnología e Innovación en la Educación por la Universidad Centroamericana. Es Técnica Académica Titular “B” en el Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia de la Facultad de Economía de la UNAM con Pride “C”.

Es docente de asignatura en educación superior, ha enfocado sus investigaciones en favorecer el desarrollo de conocimientos en el estudiantado de educación a distancia, tema sobre el que ha sido ponente en diversos congresos, encuentros y simposios de educación. Colabora, además, en la elaboración, edición y diseño instruccional de materiales didácticos para cursos y diplomados.

Samuel Antonio Rosas Meléndez es ingeniero Químico Administrador egresado del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, maestro en Ciencias en Ingeniería Física, con especialidad en Nanotecnología y Energía y Sistemas Ambientales, por la Universidad Tecnológica de Chalmers, en Suecia, y doctor en Ciencias de la Ingeniería por el Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México en donde trabaja como director asociado en el Departamento de Ciencias. Ha sido profesor de este mismo departamento desde el 2011, año en el que inició sus trabajos de investigación sobre nanopartículas de carbono, tales como nanotubos y grafeno, y biopolímeros y sus potenciales aplicaciones en sistemas ambientales, mecánicos y biológicos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco de los estudios del doctorado en Ambientes y Sistemas Educativos Multimodales del maestro Felipe Miguel Álvarez Siordia en la Universidad Rosario Castellanos para la obtención del grado.