

Propuesta pedagógica para la comprensión del espacio tridimensional utilizando Realidad Aumentada

Álvaro Saldivia Obando², Tatiana Gibelli^{1,2}, Cecilia Sanz^{3,4},

¹Centro Interdisciplinario de Derechos Inclusión y Sociedad

²Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro

³III-LIDI Facultad de Informática Universidad Nacional de La Plata

⁴Investigador Asociado de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As.
{asobando,tgibelli}@unrn.edu.ar, csanz@lidi.unlp.edu.ar

Resumen. El aprendizaje de conceptos de geometría tridimensional como puntos, vectores, planos y rectas en el espacio suele presentar dificultades por parte de los estudiantes universitarios de primer año. Dichas dificultades pueden estar asociadas a que se concentran en cuestiones técnico-algebraicas descuidando la visualización geométrica que permitiría una mejor comprensión de dichos conceptos. Ante esta situación, se diseña una propuesta pedagógica consistente en actividades que incluyen el uso de realidad aumentada, considerando que esta tecnología facilita el desarrollo del pensamiento espacial. En este trabajo se presenta la fundamentación teórica, y detalles de la propuesta, junto con comentarios sobre resultados de una implementación piloto de la misma.

Palabras clave: Realidad aumentada, geometría tridimensional, propuesta pedagógica.

1 Introducción

El aprendizaje de conceptos de geometría tridimensional, tales como puntos, vectores, planos y rectas en el espacio, suele presentar dificultades por parte de los estudiantes universitarios. En las materias en las que se desempeñan como docentes algunos de los autores de este trabajo se observa esta situación, en particular en las materias Matemática I, correspondiente al primer año de la carrera de Licenciatura en Sistemas e Ingeniería Agronómica y en Álgebra correspondiente al tercer año de la carrera de Contador Público, todas ellas de la Sede Atlántica de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Se considera que esta problemática suele estar asociada a las dificultades para la visualización del espacio tridimensional que permitiría una interpretación geométrica de dichos conceptos, y facilitaría la comprensión y el trabajo técnico-algebraico asociado [1]. De acuerdo a la teoría de Representaciones Semióticas, formulada por Raymond Duval, los objetos matemáticos no son accesibles físicamente, a través de evidencias sensoriales directas o mediante el uso de instrumentos, la única forma de acceder y trabajar con ellos es a través de signos y representaciones semióticas

[2]. Duval enfatiza en la importancia de que el alumno pueda representar y reconocer a un mismo objeto matemático en diferentes registros de representación semiótica. Para el aprendizaje de conceptos de geometría tridimensional, la integración de estos dos registros semióticos (algebraico y geométrico) permite una comprensión más acabada de los conceptos. Para la interpretación geométrica los estudiantes necesitan imaginar objetos tridimensionales en diferentes orientaciones, trasladar mentalmente la representación en el plano a tres dimensiones. Esta habilidad de pensamiento espacial es esencial para las carreras de Ingeniería y otras del ámbito artístico y científico, pues se utiliza para representar, manipular información en el aprendizaje y en la resolución de problemas [3].

Esta problemática fue abordada desde la investigación, en el marco de un proyecto de investigación denominado “La mediación de las tecnologías de la información y la comunicación en procesos educativos. Innovaciones para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje” (PI-UNRN-40C486), financiado por la Universidad Nacional de Río Negro. El objetivo principal del mismo, consiste en investigar metodologías y estrategias innovadoras que favorezcan procesos educativos mediados por TIC, en particular por aquellas consideradas emergentes como la Realidad Aumentada (RA). En este contexto se consideró apropiado el diseño de propuestas pedagógicas que incorporen el uso de la RA para facilitar el desarrollo de las habilidades de pensamiento espacial.

En este trabajo se presenta una propuesta diseñada como cierre de la unidad de vectores y sus aplicaciones geométricas. Además se describe una experiencia piloto realizada a partir de dicha propuesta en la materia Álgebra correspondiente al tercer año de la carrera de Contador Público, durante el primer cuatrimestre de 2018.

2 Marco teórico

Una de las tecnologías emergentes con posibilidad de inclusión en Educación es la Realidad Aumentada (RA). Según Azuma et al. [4] la RA se caracteriza por: a) una combinación de objetos virtuales y reales en un escenario real, b) usuarios interactuando en tiempo real y c) una alineación entre los objetos reales y virtuales.

Respecto a su potencialidad en el plano educativo, la RA permite incorporar multimedia a los procesos de enseñar y aprender, innovar en la práctica docente y promover el diseño de materiales educativos atendiendo a los requerimientos didácticos [5]. La RA puede proporcionar grandes oportunidades en distintas áreas como la ciencia o la ingeniería, puesto que estas disciplinas conllevan en su currículum un enfoque práctico en el aula [6]. Sin embargo, como señala Prendes Espinosa [7], aun siendo la tecnología lo suficientemente madura para ser útil en los entornos educativos, los

nuevos desarrollos de RA llevarán a una nueva generación de aplicaciones que desplegarán mucho más su potencial.

Específicamente para la enseñanza de la matemática, Bujak et al. [8], analizan el uso de la RA desde tres perspectivas: física, cognitiva y contextual, presentando para cada una de ellas ejemplos de aplicaciones existentes de RA, así como pautas para el diseño de futuras experiencias considerando cuestiones prácticas y tecnológicas. En la dimensión física destacan que las interacciones naturales con objetos físicos fomentan la comprensión de los conceptos en contexto. En la dimensión cognitiva mencionan que la alineación espacio-temporal de la información puede servir como andamiaje en la comprensión de los conceptos abstractos. Finalmente, en la dimensión contextual plantean las posibilidades que brinda la RA para el aprendizaje colaborativo en entornos no tradicionales, generando experiencias de aprendizaje significativas.

En cuanto al uso de RA para la comprensión del espacio tridimensional existen algunas experiencias. Se destaca la que desarrollan De la Torre et al. [3] donde proponen el uso de realidad aumentada y tabletas digitales multitáctiles para ofrecer la posibilidad de manipular un modelo digital en tres dimensiones, de forma similar a como se hace con un modelo físico. Estos autores presentan resultados de una prueba piloto con 62 estudiantes de tres ámbitos educativos, y realizan una valoración global y una específica sobre las tecnologías utilizadas mostrando evidencias de que la RA con tabletas multitáctiles es una alternativa válida para la sustitución de los modelos físicos en entornos digitales.

3 Descripción de la propuesta

En base a los antecedentes indagados en la sección previa, se presenta a continuación una breve fundamentación de la propuesta con RA para el aprendizaje en la materia Álgebra, junto con descripción de las actividades diseñadas y los recursos tecnológicos utilizados para su implementación.

3.1 Fundamentación

El contenido conceptual a abordar con esta propuesta son Aplicaciones de la Geometría en Espacio Tridimensional. Se considera como hipótesis que las actividades con RA facilitan el aprendizaje de estos contenidos, de acuerdo a lo mencionado en el marco teórico.

Para la actividad diseñada el uso de la RA permitió superponer a objetos físicos ciertos objetos virtuales (videos con información adicional y explicaciones). Esto facilitó la asociación de manera natural de los conceptos matemáticos (vectores, puntos, planos y rectas en el espacio tridimensional) con objetos físicos concretos (paredes,

rampas, barandas, etc.). El escenario real aporta la posibilidad de distinguir, con el soporte de objetos concretos y cotidianos, los elementos constitutivos (vector normal, vector director) de los conceptos matemáticos (plano, recta), y esto puede favorecer así, la comprensión de la posición relativa de ellos en el espacio tridimensional.

La propuesta tiene como objetivo facilitar la comprensión de los conceptos trabajados previamente y su integración desde el punto de vista teórico-práctico. Durante el desarrollo de estas actividades, se espera que el alumno ponga en juego sus conocimientos, aplicándolos y confrontando sus producciones con los objetos reales del entorno, pudiendo detectar así, confusiones conceptuales y/o reforzar la comprensión del tema. Las actividades propuestas, siguiendo la clasificación de Marzano [9], promueven habilidades de Nivel 1 (uso del conocimiento) tales como integrar, inferir, aplicar, interpretar y de Nivel 2 (metacognición) como valorar y explicar, etc; como así también se promueven procesos cognitivos de síntesis y evaluación.

3.2 Actividad propuesta

La propuesta se basa en establecer asociaciones entre objetos cotidianos con conceptos de geometría tridimensional. Para ello se seleccionaron tres espacios físicos que los alumnos frecuentan, y a partir de ellos se planificaron las actividades con RA, en donde se asoció a dichos espacios información virtual. A continuación se describen los distintos espacios físicos y la actividad prevista en cada uno de ellos.

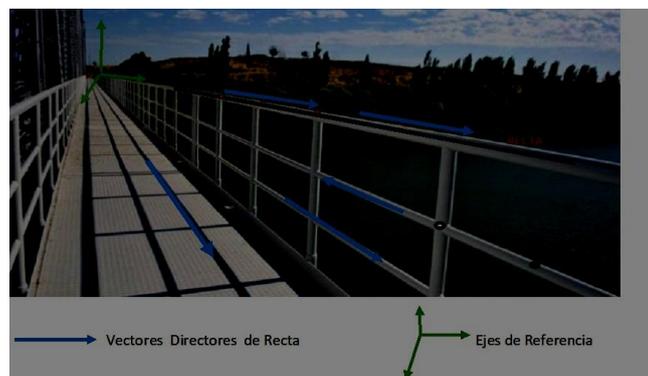


Fig. 1. Objetos virtuales (vectores) asociados mediante RA a los objetos físicos sobre el puente ferroviario de la comarca Viedma-Carmen de Patagones

El primer objeto utilizado, considerado como soporte físico, fue el puente ferroviario de la Comarca Viedma - Carmen de Patagones, cercano al campus universitario. Allí se asocian las barandas de la pasarela del mismo con rectas en el

espacio (figura 1). La información virtual se complementa con una explicación sobre la forma de encontrar la ecuación en base a un punto conocido y su vector asociado o director, referenciando dichos elementos sobre la estructura del puente.

El segundo elemento utilizado es la fachada del campus (figura 2), sobre el cual se adiciona información virtual sobre vectores normales, puntos sobre la pared, vectores asociados y un plano asociado a la pared del frente del edificio. Se complementa con una explicación (en video) sobre los lineamientos generales para encontrar las ecuaciones de planos y rectas y también el concepto de producto vectorial en base a los elementos identificados.



Fig. 2. Objetos virtuales asociados a los objetos físicos sobre fachada del campus universitario

El tercer caso (figura 3) se realiza tomando tres paredes del aula de clases. La información virtual que se adiciona a esta escena se realiza mediante dos videos:

- El primero explica cómo encontrar la ecuación de una recta paralela a dos planos que se intersectan y que forman un ángulo de noventa grados.
- El segundo video desarrolla cómo encontrar la ecuación de un plano a partir de tres puntos del mismo, para ello se sitúa el video en una intersección de dos paredes del aula.

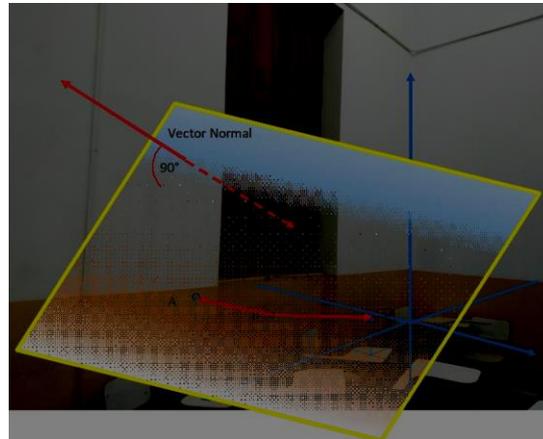


Fig. 3. Objetos virtuales asociados a los objetos físicos en el espacio áulico

3.3 Diseño tecnológico

Para el desarrollo de la actividad con RA se hizo uso del aplicativo HPRReveal (nueva versión de Aurasma) que brinda herramientas para usar Realidad Aumentada y convertir objetos cotidianos, imágenes y lugares en objetos para interactuar a través de gráficos, animación, video, audio y contenido 3D. Esta aplicación puede ser utilizada de diferentes maneras:

- Para crear contenido de RA: mediante la aplicación web que permite crear, administrar y realizar un seguimiento de las experiencias.
- Para visualizar contenidos de RA creados por otros: mediante el aplicativo para móviles con sistema IOS o Android a través del cual se pueden acceder e interactuar con los desarrollos generados con esta aplicación.

El aplicativo para creación fue utilizado para generar “Auras” a través de los cuales se agregó la información virtual a los objetos físicos considerados. Ellos se realizaron a partir de una foto tomada en el lugar utilizada como *trigger* (imagen que reconocerá el dispositivo para aumentar la escena) y asociando sobre ella información virtual como *overlay* (es donde se agrega el objeto virtual que se va a incorporar a la escena). La información virtual adicionada sobre la imagen del objeto físico se realizó a través de videos explicativos donde se asoció información virtual a dicha imagen. Así, por ejemplo, para el Aura asociado al puente ferroviario (Figura 1), en el video se presenta una explicación sobre cómo encontrar la ecuación de una recta en el espacio, considerando la información virtual que se agrega sobre la imagen del espacio físico (pasarela del puente). De manera análoga se generaron otros Auras, agregando sobre el aula y el frente del campus, videos que describen elementos y estrategias que permiten

hallar ecuaciones de planos y rectas. A partir de la visualización de estos videos los alumnos debieron realizar un trabajo práctico basado en diversas configuraciones entre planos y rectas.

En el caso de los alumnos se propuso el uso de la aplicación para la visualización que les permite acceder a la información virtual (videos) adicionada a partir de las imágenes. La visualización se alcanza a partir del uso de la cámara de dispositivos móviles enfocando el objeto real (aula, puente o frente campus) o una imagen de estos espacios reales.

4 Experiencia y resultados

Se realizó una primera implementación piloto de esta propuesta durante el primer cuatrimestre de 2018 con los alumnos que se encuentran cursando la materia Álgebra, que se dicta para la carrera de Contador Público. La cantidad de inscriptos en la materia es de **45 alumnos**, cuyas características generales son: edad promedio de 23 años, un 57% desempeña actividades laborales entre 4 a 6 hs. por día, el 100% tiene acceso a internet, utilizan principalmente dispositivos móviles, sólo un 28% hace referencia a uso de PC de escritorio.

Esta primera experiencia tuvo por objetivo determinar fortalezas y debilidades en cuanto al uso de la aplicación y la propuesta en sí misma. Para ello, se realizó con todos los alumnos del curso durante el espacio de práctica una actividad para reforzar los conceptos de la unidad, previa al examen parcial. Se hizo referencia a que en el marco de una investigación se diseñó una actividad de RA a partir de la aplicación HPReveal y que el desarrollo de la actividad tendría un carácter exploratorio de los resultados obtenidos en la misma para mejorar la propuesta y eventualmente, convertirla en actividad obligatoria en años posteriores.

La clase anterior a la experiencia se indicó a los estudiantes que deberían contar con un dispositivo móvil con cámara y acceso a internet, en el cual previamente, tendrían que instalar la aplicación y crear un usuario. Se les solicitó además descargar las imágenes que se utilizarían como *trigger* o traerlas impresas (las mismas se pusieron a disposición con anterioridad a través del aula virtual de la materia junto con el trabajo práctico). Se propuso desarrollar la tarea en forma grupal de manera de contar con al menos un dispositivo por cada grupo (3 o 4 estudiantes). La segunda parte de la actividad fue realizar los problemas propuestos en el trabajo práctico y cuando surgieron dudas en su resolución se invitó a los alumnos a mirar nuevamente los videos que estaban relacionados a los ejercicios.

Durante la experiencia, se pudo observar una gran participación de los estudiantes. Los distintos grupos no tuvieron inconvenientes en cuanto al uso de la aplicación, tanto

en acciones previas (descarga y creación de usuario) así como durante la actividad. Después de unas breves explicaciones sobre el uso de la aplicación todos los grupos pudieron ver los videos explicativos, y posteriormente desarrollar los problemas. Asimismo se pudo detectar a partir de comentarios de los propios alumnos, que estos videos los ayudaron a resolver y disipar dudas en el trabajo práctico tradicional que posee la materia.

Además de observación directa, finalizada la actividad, se propuso en forma voluntaria responder a un cuestionario *online* de valoración de dicha actividad. El cuestionario fue diseñado por el equipo de investigación para conocer las percepciones de los estudiantes que usan materiales educativos digitales (MED) respecto a su utilidad, motivación y cómo estas influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, luego de una revisión de los instrumentos disponibles [10]. El mismo está compuesto por ítems con afirmaciones respecto al MED en los cuáles el alumno debe indicar su grado de acuerdo en escala Likert de 5 puntos: 1-Muy en desacuerdo, 2-En desacuerdo, 3-Indeciso, 4-De acuerdo, 5-Muy de acuerdo. En esta experiencia en particular no se usa un material educativo digital, sino una aplicación basada en RA, para no entrar en tecnicismo los alumnos la denominaron MED. En base a las respuestas obtenidas (en tabla 1 se muestran medidas de resumen) se observó que los alumnos consideraron la actividad como una experiencia que aportó a su aprendizaje. Esto se evidencia en sus respuestas, donde podemos destacar:

Un acuerdo (valoración promedio próxima a 4) con afirmaciones de percepción positiva de la actividad para el aprendizaje tales como: “Considero que los recursos digitales pueden ser útiles para el aprendizaje”, “El uso de los MED puede mejorar mi comprensión del tema”, “Volvería a utilizar este MED si tuviera oportunidad”, entre otras.

Un desacuerdo (valoración promedio próxima a 2) con afirmaciones de percepción negativa del material, tales como: “No me atrae utilizar este tipo de materiales”, “Creo que haber trabajado con este MED no aportó demasiado a mi aprendizaje”, “La cantidad y repetición de las actividades me resultó aburrida”, “El MED me resultó tan abstracto que fue difícil mantener mi atención en él”.

Tabla 1. Valores medios y desvío estándar en valoración de afirmaciones del cuestionario (Escala: 1-Muy en desacuerdo, 2-En desacuerdo, 3-Indeciso, 4-De acuerdo, 5-Muy de acuerdo)

Afirmación	Valor medio	Desvío estándar
Considero que los MEDs pueden ser útiles para el aprendizaje	4.57	0.53
El uso del MED puede mejorar mi comprensión del tema	4.43	0.79
Volvería a utilizar este MED si tuviera oportunidad	4.29	0.49
Realizar las actividades del MED con éxito fue importante para mí	4.14	0.38
Aprender a utilizar otros MED similares me resultaría fácil	4.14	0.69
Me gustaría utilizar MED para aprender otros temas	4	0.58

Luego de esta experiencia considero que los MED son fáciles de usar	4	0.58
Logré relacionar el contenido del MED con cosas que conozco	3.86	0.69
Me resultó fácil la interacción con este MED	3.71	0.49
El diseño del MED logró captar mi atención	3.71	0.49
El diseño del MED me resultó amigable	3.71	0.49
No me atrae utilizar este tipo de materiales	2.29	1.11
Creo que trabajar con este MED no aportó demasiado a mi aprendizaje	2.29	1.25
El uso de este tipo de MED para aprender/estudiar, me genera estrés	2	0
La cantidad y repetición de las actividades me resultó aburrida	2	0.82
El MED me resultó tan abstracto que fue difícil mantener mi atención en él	2	0.58

5 Conclusiones preliminares y trabajo futuro

A pesar de lo breve de la actividad resultó motivadora para los estudiantes, generando otra actitud para el trabajo con los contenidos. Teniendo en cuenta su valoración de la actividad a través del cuestionario, se observó que fue considerada como una experiencia positiva que aportó a su aprendizaje, mostrando predisposición para usar materiales de este tipo.

Se considera entonces que con actividades de este tipo se puede favorecer la comprensión del espacio tridimensional al permitir interactuar de otra manera con los conceptos al asociarlos a objetos cotidianos, facilitando así la interpretación geométrica de los mismos y complementando el trabajo algebraico que se realiza usualmente.

Como trabajo futuro se propone abordar a través de propuestas didácticas mediadas por tecnologías digital, en especial RA como en este caso, para otros contenidos y realizar nuevas implementaciones con un seguimiento más profundo de la experiencia que permita obtener conclusiones sobre el impacto de estas actividades en el aprendizaje de los alumnos.

Referencias

1. Del Río, L. S., Búcarí, N. D. y Sanz, C. V. Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. In II Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tandil. (2016)
2. Duval, R. Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación semiótica. *Gaceta de la RSME*, 9(1), 143-168. (2006)
3. De la Torre Cantero, J., Martín-Dorta, N., Pérez, J. L. S., Carrera, C. C., & González, M. C. Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *Revista de Educación a Distancia*, (37). (2015)
4. Azuma, R., Baillet, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*, IEEE, 21(6), 34-47. (2001)
5. Avendaño, V. y Domínguez, L. A. Realidad aumentada: Una exploración al escenario de la virtualidad educativa. Madrid: Editorial Académica Española. (2012)

6. Andújar, J. M.; Mejías, A.; Márquez, M. A. Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory. *IEEE Transactions on Education*, 54 (3), (492-500). (2011)
7. Prendes Espinosa, C. Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (46), 187-203. (2015)
8. Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., Macintyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544. (2013)
9. Marzano, R. J. y Kendall, J.S. *The new taxonomy of educational objectives*. California, Estados Unidos. (2007)
10. Lovos, E., Gibelli, T. I., & Sanz, C. V. Evaluación de materiales educativos digitales que incorporan realidad aumentada: revisión de variables e instrumentos. In *XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET, La Matanza 2017)*. (2017)