

10. La realidad aumentada en la resolución de problemas de equilibrio en el espacio para ingeniería empleando ABP

EDGAR ALEJANDRO CAMACHO MEDINA*

JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ**

MARIO HUMBERTO RAMÍREZ DÍAZ***

LETICIA AMALIA NEIRA TOVAR****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.10>

Resumen

En este capítulo se describe un proyecto de investigación centrado en la aplicación de una estrategia didáctica en la cual se integra el uso de la realidad aumentada como herramienta tecnológica, combinada con la metodología de aprendizaje basado en problemas, que se desarrolla con la finalidad de lograr mejoras en la resolución de problemas de equilibrio estático tridimensional en el contexto de la enseñanza en la ingeniería. Para identificar los indicadores que permitan observar mejoras en la resolución de problemas, se planteó inicialmente la siguiente hipótesis de investigación: el nivel de logro de los estudiantes que utilizan una estrategia didáctica que emplea la realidad aumentada y el aprendizaje basado en problemas es mayor que el de los grupos correspondientes a ciclos escolares anteriores en los cuales no se aplicó dicha estrategia. Para comprobar dicha hipótesis, será

* Maestro en Ciencias. Profesor de asignatura base en la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), campus Culiacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9428-536X>

** Doctor en Ingeniería de Sistemas. Profesor en el posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

*** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor en el Posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

**** Doctora en Administración Estratégica Internacional. Profesora de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7346-0863>

necesario diseñar instrumentos cuantitativos tales como exámenes, rúbricas y encuestas, que permitirán medir el nivel de logro de los estudiantes de ingeniería.

Palabras clave: *realidad aumentada, estática, ingeniería, aprendizaje basado en problemas.*

Introducción

El término de *realidad aumentada* fue propuesto por primera vez en 1992 por Preston Caudell, y alrededor de este concepto se pueden identificar diversos elementos que pueden participar de acuerdo con el tipo de realidad [1]:

1. *El entorno real.* Es el entorno en el cual vivimos y está regido por las leyes de la Física.
2. *La realidad aumentada.* Es una realidad física en la cual los participantes pueden ver, además de la realidad, algunos elementos virtuales.
3. *La virtualidad aumentada.* Es una realidad virtual en la cual los participantes pueden ver también elementos reales.
4. *La realidad virtual.* Se refiere a un mundo sintético en el cual el participante se encuentra completamente inmerso, pudiendo la mayoría de las veces interactuar con él.

Es común confundir los conceptos de *realidad virtual* (RV) y *realidad aumentada* (RA), pero, a diferencia de la RV, la RA no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario y superpone la información sintética al real, de esta forma, el usuario nunca pierde el contacto con el mundo real, pero sí puede interactuar con la información virtual superpuesta [2].

Basogain *et al.* [2, 3, 4, 5] coinciden en la definición de realidad aumentada como una herramienta tecnológica que combina elementos reales y virtuales para crear una percepción integral, la cual nos permite interactuar con elementos virtuales proyectados en el mundo real por medio de un

dispositivo digital, permitiendo al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el dispositivo en tiempo real.

A pesar de que esta herramienta apareció desde la década de los noventa, en la actualidad sigue vigente y tiene aplicación en diversas áreas del conocimiento, colocándose como una tecnología de la información y de la comunicación importante y con mucho potencial [4]. En el contexto educativo, una de las áreas de implementación de mayor impacto para emplear la RA es el campo de la enseñanza de las ciencias, ya que esta tecnología, además de mostrarse como un detonador en la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias [6], posibilita abordar dificultades en el aprendizaje de estas [7], pero, a pesar de que constituye un cambio de paradigma en el campo de la transmisión gráfica de información y conocimientos, es difícil encontrar hoy en día textos de ingeniería que hayan incorporado esta herramienta [8]. Sin embargo, esta investigación se centra en la utilización de la RA en el ámbito de la física educativa, ya que, para Sánchez [9], en un futuro, la enseñanza de la física cambiará como se conoce hoy en día, utilizando la RA como una de las principales estrategias didácticas.

La información disponible muestra que a través de la investigación y la experimentación se ha logrado la obtención de resultados prometedores mediante el uso de la RA en el campo de la enseñanza, debido a que su implementación ha otorgado indicadores para la formación de entornos de aprendizaje más interactivos y productivos, [10]. En esta investigación también es relevante mencionar que la abstracción y el modelado mental con imágenes es sumamente importante en el campo de la enseñanza de las ciencias [11]. Lo anterior nos lleva a otro concepto íntimamente relacionado con la RA, la *habilidad espacial*, la cual se puede definir como la capacidad para representar las imágenes visuales con precisión, construir representaciones mentales e imaginarias de información visual, comprender y manipular las relaciones entre objetos tridimensionales en el espacio que nos rodea [12]. La habilidad espacial involucra el procesamiento cognitivo que tienen los seres humanos para presentar y manipular figuras espaciales, relaciones y formaciones de figuras tridimensionales [13]. La habilidad espacial se considera también muy importante para lograr grandes alcances en el conocimiento de la ingeniería y otras áreas afines [14]. A pesar de la

importancia de la habilidad espacial, es importante destacar el hecho de que algunos estudios realizados han encontrado que los alumnos de nuevo ingreso a licenciaturas en el área de las ingenierías poseen una habilidad espacial que se puede considerar limitada y que esto podría estar relacionado con el incremento en los índices de reprobación en estos programas [15, 16]. Por otro lado, la investigación de Lee [17] mostró que las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada son herramientas muy útiles para entrenar la habilidad espacial, y por su parte, Sheharyar [18] encontró que el uso de la realidad aumentada ayuda a gran parte de los estudiantes de ingeniería a tener un mayor interés y participación en la resolución de problemas de mecánica y a mejorar sus habilidades para ello. Por otro lado, según Gómez-Vargas *et al.* [19], ejecutando experimentos de física diseñados cuidadosamente es posible entrenar y mejorar la habilidad espacial de los estudiantes a través de la RA, creando experiencias realistas que promuevan una mejor comprensión conceptual.

En el presente trabajo se desarrolla una propuesta que emplea la RA como herramienta para la solución de algunas de las problemáticas a las que los estudiantes de ingeniería se pueden llegar a enfrentar respecto a la resolución de problemas en el contexto de la física, siendo más específicos, en la estática tridimensional, y como se mencionó antes, sirviendo como apoyo para mejorar la habilidad espacial y para lograr una buena visualización de las características geométricas en dichos problemas. Para lograr lo anterior, se propone el diseño y aplicación de una secuencia didáctica, empleando de forma integrada la tecnología de realidad aumentada y una estrategia basada en el aprendizaje basado en problemas (ABP), esto debido a que diversas referencias hacen notar que integrar estas herramientas favorece al campo de la enseñanza en la física. Para Majeed [20], en el ámbito educativo, la RA ha mostrado enriquecer las experiencias de aprendizaje, mejorar las habilidades de aprendizaje y promover el aprendizaje colaborativo. Por otro lado, Fidan y Tuncel [21] afirman también que el integrar el ABP con RA se promueve el aprendizaje y se brinda una actitud positiva en el aprendizaje de la física, permitiendo una mayor retención de los conceptos físicos, ayudando a entender y analizar mejor los escenarios que involucran los problemas en física. Respecto al ABP, se puede destacar que es un método instruccional en el cual los estudiantes aprenden a través de problemas, esto

es, el aprendizaje de los estudiantes se centra en un problema complejo que no tiene una sola respuesta correcta [22]; el ABP es considerado tal vez el método instruccional educativo más innovador de la historia de la educación [23].

En el siguiente apartado se describe de forma breve el desarrollo de la herramienta tecnológica basada en la RA, la cual incluye la creación de los escenarios para la resolución de problemas, así como la propuesta de las actividades a seguir para llevar a cabo el diseño e implementación de una secuencia didáctica donde se integre el uso de RA y ABP.

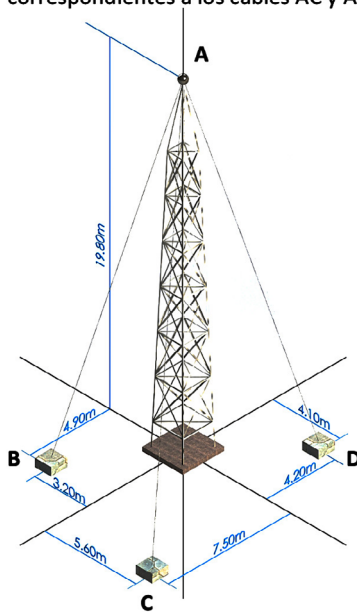
Desarrollo

Diseño de los escenarios para el desarrollo de problemas

Figura 10.1. Escenario de un problema de equilibrio tridimensional

Ejercicio 1.

Suponiendo que la tensión en el cable AB es de 240 N, determina las tensiones correspondientes a los cables AC y AD.



Fuente: elaboración propia.

Para crear los escenarios, se llevó a cabo la etapa inicial, en la cual se realizaron bosquejos en papel para representar modelos tridimensionales que servirían de base para la enseñanza de la estática, para posteriormente desarrollar estos gráficos mediante la aplicación Tayasui Sketches Pro®, bajo el sistema operativo iOS para iPad, esto para crear los escenarios correspondientes a las situaciones problema en 2D. Posteriormente se modelaron estos escenarios en 3D mediante el programa de diseño tridimensional Solid Works® CAD para Windows, de donde se obtuvieron capturas de los modelos tridimensionales para obtener figuras en 2D, las cuales servirían de carátula para cada escenario diseñado, como se ilustra en la figura 1.

Diseño de la app en RA

Figura 10.2. Ejemplo de marcador gráfico 2D para ejecutar RA



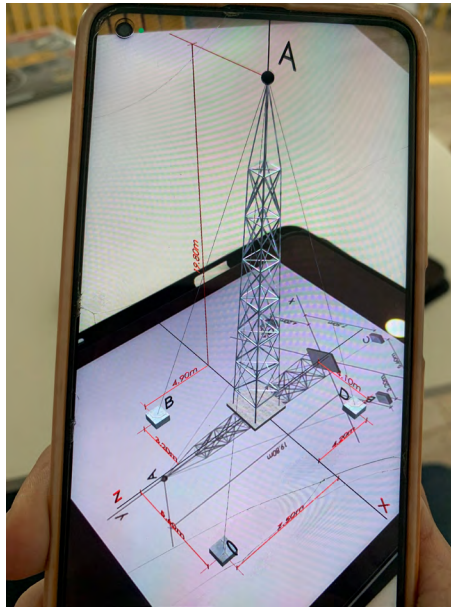
Fuente: elaboración propia.

En la siguiente etapa se añadieron las texturas y se renderizaron los modelos correspondientes a los escenarios que previamente se modelaron en 3D mediante el programa de diseño tridimensional Solid Works® CAD para Windows. Al obtener los modelos en 3D, dichas texturas y renderizado son analizadas mediante el programa Blender® para su optimización y rectificado. Después, para exportar los modelos a una aplicación móvil, primero se enviaron al motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma Unity®, en el cual se realizaron los ajustes finales, incluyendo escala, rotación y activación de los marcadores gráficos (cuyo ejemplo se puede ver en la figura 10.2) que dispararán la imagen correspondiente a cada modelo en el equipo móvil a través del software Vuforia®. Los archivos de salida se calibraron para

funcionar mediante el sistema operativo Android y fueron probados en equipos Android de gama baja, media y alta, obteniendo buenos resultados, ya que el programa funcionó sin problemas, exento de fallas como el cierre repentino de la aplicación, deficiencias en la fluidez o *lags*.

Cada modelo 3D desarrollado tiene por objetivo representar un escenario en el que se tiene un ejercicio de equilibrio tridimensional, mismo que planteará una problemática a resolver, incluyendo a su vez las instrucciones a seguir. En la figura 10.3 se muestran dos modelos de los prototipos desarrollados con la herramienta en realidad aumentada ejecutándose en un teléfono móvil que tenía sistema operativo Android.

Figura 10.3. Prototipos de herramienta en realidad aumentada a emplear



Fuente: elaboración propia.

La secuencia didáctica

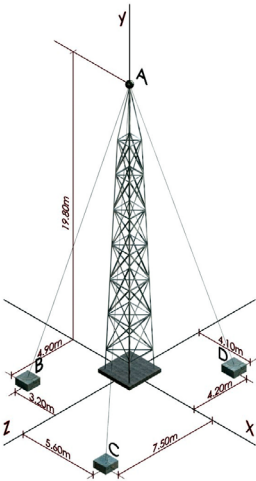
Además de servir para orientar a los estudiantes y facilitar los saberes prácticos que deben adquirir, la secuencia didáctica propuesta para implemen-

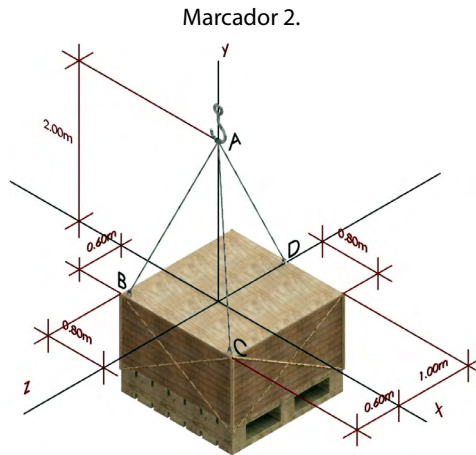
tar la herramienta tecnológica debe ofrecer un proceso de enseñanza constante y reflexivo en el que participen profesores y estudiantes, fungiendo también como una herramienta que permite el análisis e investigación en las prácticas educativas [24]. En este apartado se presenta un esbozo de lo que sería la secuencia didáctica sugerida, misma que se trabajará a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, asimismo, se dividió en tres fases: la fase preparativa, la fase ejecutiva y la fase de análisis, según Bolaños [25]. Esta misma se desarrollará en dos sesiones de 60 minutos, desarrollando una serie de actividades como se muestra en el cuadro 10.1.

Cuadro 10.1. *Secuencia didáctica propuesta*

Fase 1		
Sesión 1	45 minutos	El profesor desarrollará el tema de fuerzas en el espacio planteando primeramente la construcción de un vector de fuerzas con componentes tridimensionales, partiendo de los vectores de posición y el vector lambda.
	15 minutos	El profesor presentará de manera breve la metodología alternativa a seguir mediante la app de realidad aumentada en contraste con la forma tradicional para la resolución de problemas de fuerzas en el espacio. También solicitará a los estudiantes la descarga de dicha app.
Sesión 2	5 minutos	Los estudiantes deberán ingresar al enlace otorgado por el profesor y descargar e instalar en su smartphone el archivo en formato .apk que se muestra.
		Deberán buscar la app ya instalada y abrirla. La app debe aparecer instalada en su smartphone. Para probar que la app funciona correctamente, deberán escanear con la cámara de su celular sin haber cerrado la app cualquiera de las dos imágenes que se muestran a continuación:

Marcador 1.





Fase 2

Sesión 2	5 minutos	Los estudiantes deberán distribuirse en pares para trabajar de manera conjunta.
	5 minutos	Los estudiantes deberán ingresar a la app previamente instalada y escanear el primer marcador, mismo que corresponde al ejercicio 1 (torre). Deberán leer cuidadosamente el siguiente enunciado, correspondiente al ejercicio 1 (marcador 1).
		<i>Ejercicio 1. Suponiendo que la tensión en el cable AB es de 240 N, determina a) el vector correspondiente a la tensión AB, b) los vectores de posición AC y AD.</i>
	10 minutos	Responderán de forma individual, discutir su solución para después llegar a una respuesta definitiva por pares.
	5 minutos	Deberán leer cuidadosamente el siguiente enunciado, correspondiente al ejercicio 2 (marcador 2): <i>Ejercicio 2. Determina los vectores posición correspondientes a los cables AB, AC y AD.</i>
	10 minutos	Deberán responder de forma individual, discutir su solución y posteriormente llegar a una sola respuesta por pares.

Fase 3

Sesión 2	10 minutos	Después de que los pares concluyan y presenten sus respuestas, el profesor llevará a cabo un debate grupal, donde se mostrarán las respuestas correctas a cada ejercicio y los estudiantes harán las correcciones adecuadas.
	10 minutos	Los estudiantes ingresarán al enlace o QR otorgado por el profesor en el cual responderán una encuesta de usabilidad de acuerdo con su experiencia con el uso de la herramienta en realidad aumentada.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la investigación presentada en este capítulo aún está en desarrollo, es necesario señalar que todavía se encuentra en desarrollo la implementación de la estrategia didáctica propuesta, la cual presentará en primer lugar ejercicios para la resolución de problemas de equilibrio estático tridimensional de forma tradicional, por lo que para ello se entregará

a los estudiantes un problemario en el cual se indicarán las instrucciones a seguir. Posteriormente se llevará a cabo el plan para la resolución de un problema similar de equilibrio estático en el contexto de la ingeniería, pero ahora haciendo uso de la herramienta en RA diseñada, haciendo contraste con la metodología tradicional para la resolución de problemas. Es importante señalar que, para finalizar el desarrollo de la actividad, se pedirá a los estudiantes responder un test de usabilidad de la app en realidad aumentada para hacer las mejoras correspondientes según la experiencia de los usuarios y su interacción con el software; el test se implementará tomando como referencia las investigaciones de Flores *et al.* y Meira-Tovar *et al.* [26, 27].

Participantes

La intervención propuesta se llevará a cabo en dos grupos de estudiantes de primer año que cursan la licenciatura en Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Cada grupo está conformado por aproximadamente 32 estudiantes, de los cuales 70% son hombres y 30% son mujeres.

Modelo didáctico

La intervención didáctica contempla el uso de la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP), cuyo eje central empleará la RA para el desarrollo de actividades en el contexto de la estática. El ABP es una metodología que, a través de problemas, dirige a los estudiantes hacia el aprendizaje, esto es, el aprendizaje de los estudiantes se centra en un problema complejo [22]. Las actividades a desarrollar mediante ABP son consideradas de muy bajo costo en comparación con algunos otros métodos educativos, lo que se puede considerar una gran ventaja del ABP sobre otras metodologías. Barrows [28] define las características del ABP del siguiente modo:

1. El aprendizaje está basado en el alumno.
2. El aprendizaje se produce en grupos pequeños de estudiantes.

3. Los profesores son facilitadores o guías.
4. Los problemas forman el foco de organización y estímulo para el aprendizaje.
5. Los problemas son un vehículo para el desarrollo de habilidades de resolución de otros problemas.
6. La nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.

Una vez que se lleve a cabo la intervención didáctica, el análisis se centrará en las siguientes variables de investigación:

- *Variable independiente*
 1. Realidad aumentada
 2. Aprendizaje basado en problemas
- *Variable dependiente*
 1. Los niveles de logro

La identificación de los niveles de logro, según el Gobierno de Chile [29], corresponde a la clasificación de tres categorías: inicial, intermedio y avanzado. Minedu (2015), como se citó en Bautista y Soto [30], describe los aprendizajes alcanzados en los cuales cada nivel detalla un conjunto de aprendizajes logrados por los estudiantes.

El desarrollo de la investigación contempla la utilización de una metodología cuantitativa y cualitativa, por lo que se propone analizar datos que puedan ser contados y medibles. Este tipo de metodología utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además lleva a cabo la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial, en tratamiento estadístico y la prueba de hipótesis; la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formalizado de los tipos de investigación; el muestreo, etc. [31]. Para recopilar los datos mencionados anteriormente se aplicarán exámenes diagnósticos, tests, evaluaciones escritas, entrevistas, encuestas y grabaciones.

Conclusiones

Resulta conveniente integrar metodologías como el aprendizaje basado en problemas con tecnologías aplicadas a la enseñanza de la física, como es la realidad aumentada, ya que según diversas investigaciones, como las que se citan a lo largo de este capítulo, dan pie a colocar en una posición favorable a estrategias con base en herramientas como estas, integradas a una secuencia didáctica para llevarlas a cabo, debido a que han arrojado resultados que implican mejoras en el aprendizaje de la física en diversos niveles educativos, y de manera particular, en el contexto de la ingeniería, como es el caso de la actual investigación. Además, se encontró evidencia de que el uso de las tecnologías suele ser un motivador de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias, dejando atrás la forma “tradicional” de enseñar física. Una estrategia como esta, la cual integra RA y ABP, promueve aprendizajes desde entornos más interactivos, sirviendo de apoyo en cuestiones de habilidad espacial, trabajo colaborativo y resolución de problemas, todo esto desde una perspectiva más profunda en cuanto al análisis, comprensión y retención conceptual.

Créditos

Los resultados reflejados en este capítulo fueron posibles gracias al apoyo recibido por parte del Gobierno de México, a través del Instituto Politécnico Nacional, mediante el programa de Proyectos de Investigación en el Programa Especial de Consolidación de Investigadores, con el proyecto SIP20230174.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional, al Laboratorio de Realidad Virtual e Inmersiva de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

en la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Referencias

- [1] Arena, F., Collotta, M., Pau, G., y Termine, F. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/computers11020028>.
- [2] Basogain, X., Izkara, J. L., y Borro, D. (2007). Educational Mobile Environment with Augmented Reality Technology. En *Inted 2007 Proceedings*. Inted. <https://www.researchgate.net/publication/238095398>.
- [3] Azuma, R. T. (1997, agosto). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- [4] Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., y Kumar, K. (2023). Augmented Reality: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1057-1080. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>.
- [5] Watanuki, K., y Hou, L. (2010). Augmented Reality-Based Training System for Metal Casting. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24, 237-240. <https://doi.org/10.1007/s12206-009-1175-9>.
- [6] Astuti, F. N., Suranto, S., y Masykuri, M. (2016, julio). Augmented Reality for Teaching Science: Students' Problem Solving Skill, Motivation, and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(2), 305-312. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.8455>.
- [7] Peeters, H., Habig, S., y Fechner, S. (2023). Does Augmented Reality Help to Understand Chemical Phenomena During Hands-on Experiments?: Implications for Cognitive load and Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(2), 9. <https://doi.org/10.3390/mti7020009>.
- [8] Gallego, A. M., Fernández, E., Garibay, M. T., Zapata, J. M., y Zapata, R. (2018). Estática en realidad aumentada. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 5 (supl. 2), 65-72. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/22899>.
- [9] Sánchez, J., y Ramírez Díaz, M. H. (2022). Augmented Reality in Physics Teaching. *European Journal of Physics Education*, 13(1).
- [10] Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, 56(2), 13-21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>.
- [11] Mathewson, J. H. (1999, enero). Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators. *Science Education*, 83(1), 33-54. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199901\)83:1%3C33::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199901)83:1%3C33::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-Z).
- [12] Khine, M. S. (2016). *Visual-Spatial Ability in Stem Education: Transforming Research into Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0>.

- [13] Hartatiana, H., Darhim, D., y Nurlaelah, E. (2017). Improving Junior High School Students' Spatial Reasoning Ability through Model Eliciting Activities with Cabri 3D. *International Education Studies*, 11(1), 148. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n1.p148>.
- [14] Sheharyar, A., Srinivasa, A. R., y Masad, E. (2020). *Enhancing 3D spatial skills of engineering students using augmented reality* [Ponencia]. ASEE Virtual Annual Conference Content Access. <https://doi.org/10.18260/1-2--34568>.
- [15] Vázquez, S. M., Marianela, Y., y Biggio, N. (2011). Razonamiento espacial y rendimiento académico. *Interdisciplinaria*, 28, 145-158.
- [16] Branoff, T., Mohammed, J., y Brown, J. (2022). The role of Spatial Visualization Ability in Course Outcomes and Student Retention within Technology Programs. *Journal for Geometry and Graphics*, 26(1), 159-170.
- [17] Lee, E. A. L., y Wong, K. W. (2014). Learning with Desktop Virtual Reality: Low Spatial Ability Learners are more Positively Affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>.
- [18] Sheharyar, A., Srinivasa, A. R., y Masad, E. (2020). *Enhancing 3D Spatial Skills of Engineering Students using Augmented Reality* [Ponencia]. ASEE Virtual Annual Conference Content Access. <https://doi.org/10.18260/1-2--34568>.
- [19] Gómez-Vargas, I., Medel-Esquivel, R., y García-Salcedo, R. (2018). Realidad aumentada como herramienta didáctica en geometría 3D. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(4), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6960469>.
- [20] Majeed, Z. H., y Ali, H. A. (2020). A Review of augmented reality in Educational Applications. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 7(62), 20-27. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2019.650068>.
- [21] Fidan, M., y Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into Problem Based Learning: The Effects on Learning Achievement and Attitude in Physics Education. *Computers & Education*, 142, 103635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>.
- [22] Silver-Hmelo, C. E. (2004, septiembre). Problem-Based Learning: What and How do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
- [23] Hung, W., Jonassen, D. H., y Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. En *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*.
- [24] Obaya, A., y Ponce, R. (2007). La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico-Biológicas. *ContactoS*, 63, 19-25. www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n63ne/secuencia_v2.pdf.
- [25] Bolanos Betancourt, C. X. (2020). *Secuencia didáctica fundamentada en el ABP para promover el aprendizaje y la resolución de problemas en los aprendizajes del Sena* [Tesis de maestría en Educación]. Universidad ICESI, Colombia. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87758/1/T02087.pdf.
- [26] Flores, E. S., Neira-Tovar, L., y González, S. O. (2020). Desarrollo de pruebas de usabilidad bajo realidad virtual para entrenamiento técnico médico. *International Journal of Good Conscience*.

- [27] Neira-Tovar, L., Castilla Rodríguez, I., y González Salazar, F. (2023). A Method to Improve the Design of virtual reality games in healthcare applied to Increase Physical Activity in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Applied Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/app13010050>.
- [28] Barrows, H. S. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.
- [29] Gobierno de Chile, Ministerio de Educación (2013). *Niveles de logro 2. medio 2013*.
- [30] Bautista, E. P., y Soto, J. M. (2020). *Estilos de aprendizaje y niveles de logro de aprendizaje del área DPCC en los estudiantes de segundo grado de secundaria de la I. E. "Amalia Campos de Belevan", Pitipo 2019* [Tesis]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.
- [31] Naupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación, cualitativa-cuantitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.