



# El uso de la realidad virtual como solución a los problemas de visualización espacial

## The use of virtual reality as a solution to space visualization problems

Diego Vergara<sup>1</sup>, diego.vergara@ucavila.es; María Sánchez-Jiménez<sup>1</sup>, maría.sanchezjimenez@ucavila.es; Victoria E. Lamas-Álvarez<sup>1</sup>, victoria.lamas@ucavila.es  
Mónica A. Mantilla<sup>2</sup>, mmantillac@poligran.edu.co; Luis M. Trujillo<sup>2</sup>, ltrujilo@poligran.edu.co

<sup>1</sup>Grupo ETUCAV, Universidad Católica de Ávila (España)

<sup>2</sup>Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano (Colombia)

Línea temática: X Innovación tecnológica

### Resumen

El desarrollo de las nuevas tecnologías está favoreciendo que cada día haya más aplicaciones que pueden ayudar a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dentro de la amplia variedad de herramientas digitales existentes, este trabajo se centra en el uso de la realidad virtual (RV) en la enseñanza preuniversitaria, para favorecer concretamente ciertos problemas de visualización espacial que presentan algunos contenidos teóricos. La mayoría de los estudios aplican esta tecnología a nivel de docencia universitaria, pero en el caso de niveles educativos inferiores no hay tantos casos, lo que garantiza el interés de esta comunicación.

El desarrollo de la propuesta, llevada a cabo en la asignatura de Tecnología Industrial en 2º curso de Bachillerato en España, parte de la dificultad de los discentes en la comprensión espacial de conceptos relacionados con las redes cristalinas y sus características más importantes. Para solventar estos problemas, se propone una metodología docente que mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del uso de una plataforma virtual interactiva (PVI) basada en la tecnología de realidad virtual. Con el uso de esta PVI en el aula, los alumnos optimizan su aprendizaje mediante una metodología interesante y atractiva, siendo ellos mismos los responsables del uso de la plataforma, lo que favorece que al interactuar con ella se favorezca un autoaprendizaje de los conceptos espaciales de las redes cristalográficas.

Las conclusiones que se han extraído de este estudio se basan en la encuesta cumplimentada por los mismos alumnos y la observación del profesor. Los resultados muestran que los participantes hacen valoraciones altas o muy altas de las diferentes dimensiones de la realidad virtual, pero también perciben la existencia de



inconvenientes en su aplicabilidad didáctica y manifiestan un nivel intermedio de conocimiento al respecto. Además, existen brechas por sexo, edad, área de conocimiento y por el carácter, privado o público, de la universidad donde se desarrolla la actividad docente, tanto en el autoconcepto de los participantes como en su valoración de la realidad virtual como recurso didáctico.

## Abstract

The development of new technologies is favoring that every day there are more applications that can help improve the teaching-learning process. Within the wide variety of existing digital tools, this work focuses on the use of virtual reality (VR) in pre-university education, to specifically favor certain spatial visualization problems that some theoretical contents present. Most of the studies apply this technology at the level of university teaching, but in the case of lower educational levels there are not so many cases, which guarantees the interest of this communication.

The development of the proposal, carried out in the subject of Industrial Technology in the 2nd year of Baccalaureate in Spain, starts from the difficulty of the students in the spatial understanding of concepts related to crystalline networks and their most important characteristics. To solve these problems, a teaching methodology is proposed that improves the teaching-learning process through the use of an interactive virtual platform (PVI) based on virtual reality technology. With the use of this PVI in the classroom, the students optimize their learning through an interesting and attractive methodology, being themselves responsible for the use of the platform, which favors that when interacting with it, self-learning of the spatial concepts of crystallographic networks.

The conclusions drawn from this study are based on the survey completed by the students themselves and the teacher's observation. The results show that the participants make high or very high assessments of the different dimensions of virtual reality, but they also perceive the existence of drawbacks in its didactic applicability and show an intermediate level of knowledge in this regard. In addition, there are gaps by sex, age, area of knowledge and by the nature, private or public, of the university where the teaching activity is carried out, both in the self-concept of the participants and in their assessment of virtual reality as a didactic resource.

**Palabras clave:** realidad virtual, tecnología educacional, dificultad de aprendizaje, innovación tecnológica.

**Keywords:** virtual reality, educational technology, learning difficulty, technological innovation.

## 1. Introducción

El uso de las nuevas tecnologías y sus grandes avances están modificando nuestro entorno a la vez que provocan transformaciones en nuestro pensamiento, en el trabajo y en la forma de entendernos al reflejarnos en las pantallas (Baelo y Cantón, 2009). En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en vistas a los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo



Sostenible (Ministerio de Asuntos Exteriores, UE y Cooperación, 2021), que recoge el conjunto de áreas que se deben trabajar con carácter prioritario desde las políticas de los países firmantes en el conjunto de los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), ha propuesto centrar las políticas nacionales e internacionales en el ODS 4, relativo a “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover las oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (UNESCO, 2021a). Esta apuesta permitirá la consecución del resto de ODS al empoderar a las comunidades sobre su propio desarrollo desde la educación. En este contexto, Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se presentan como una herramienta que puede enriquecer, complementar y transformar el ámbito educativo, máxime a raíz de la situación sanitaria mundial (UNESCO, 2021b).

La forma de comprender estos avances también ha cambiado a lo largo del tiempo debido al gran impacto social que tienen gracias a los ordenadores y dispositivos que nos acompañan en nuestro día a día (Grande, et al, 2016). Estas herramientas están adquiriendo un gran protagonismo en nuestra sociedad; incluido el ámbito educativo, desde el cual se proponen diferentes formas de integración de estas nuevas herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos, con el fin de optimizar el desarrollo de nuevas competencias y habilidades demandadas en la época actual de los discentes (Escobar-Mamani y Gómez-Arteta, 2020; Limas y Vargas, 2020; Quitián y González, 2020; Luzbet y Laurencio, 2020; Mangisch, *et al.*, 2020).

El presente trabajo, se centra en el potencial de estas tecnologías como facilitadoras de la adquisición de la visión espacial del alumnado. Siendo esta una habilidad esencial que el alumno debe dominar con cierto nivel y soltura en carreras técnicas como son la arquitectura y la ingeniería; se aprecia cierta dificultad de base en los discentes para poder responder a cuestiones y retos que se le plantean en la etapa educativa universitaria (Moreno y Baños, 2019). Por ello, se hace necesario el desarrollo de dicha competencia espacial en el alumnado de etapas previas a la universidad.

Nos encontramos así con el objetivo de trabajar esta habilidad para que los alumnos puedan desarrollarla progresivamente, con el fin de solventar el problema de base apreciado en la etapa universitaria, por el cual se aprecia una dificultad de visión espacial en los grados en Ingeniería.

Partimos de la hipótesis de que este problema, que puede generar en el discente frustraciones o pérdidas de interés en el aula, podría ser solventado a través del uso de las TIC, ya que estas no solo resultan atractivas para el alumnado, que se apropia de ellas con una actitud positiva, sino que su uso podría mejorar también la experiencia final del proceso de enseñanza-aprendizaje y proporcionar un criterio más real de la asignatura a impartir, con la finalidad de desarrollar aplicaciones centradas en el alumno y no solo en el contenido (Urquiza et al., 2016).

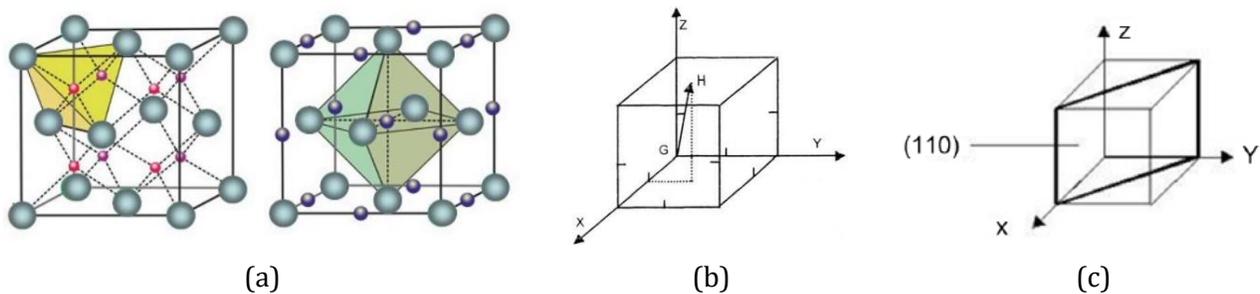
Así pues, estas tecnologías pueden llegar a proporcionar una herramienta privilegiada para enseñar ciertos conceptos relacionados con la visualización espacial de objetos en 3D, ya que producen grandes problemas al alumnado en la competencia de visión espacial: capacidad o habilidad de las personas para resolver problemas de visualización espacial, desde ángulos o perspectivas diferentes.

Una de las materias que provoca problemas de visualización espacial en el aula es el estudio de las redes cristalográficas o redes de Bravais (Vergara, Rubio y Lorenzo, 2018). Estas se definen como estructuras que



se repiten a lo largo de las tres dimensiones del espacio de forma ordenada y que se clasifican en siete sistemas cristalinos: (i) triclínico, (ii) monoclínico, (iii) rómbico, (iv) tetragonal, (v) cúbico, (vi) hexagonal y (vii) trigonal (Pina, 2014).

Cada una de estas redes posee una posición diferente de sus átomos, por lo que la distancia interatómica depende de la red cristalográfica. Los huecos que se forman entre los átomos de cada una de las celdas son conocidos como huecos octaédricos y huecos tetraédricos y presentan cierta dificultad de visualización para poder comprenderlos a nivel espacial. Del mismo modo, otros aspectos que generan un nivel de dificultad de comprensión espacial en el alumnado son las direcciones cristalográficas y los planos cristalográficos (Figura 1). En España, todos estos conceptos se imparten en la asignatura de Tecnología Industrial en la etapa de Bachillerato. Allí es donde se empieza a ver la carencia de habilidades espaciales en algunos alumnos, que tienen dificultades de comprensión espacial de este tipo de redes y sus características más importantes.



**Figura 1: característica redes: (a) ejemplo de hueco tetraédrico y octaédrico; (b) ejemplo de dirección cristalográfica; (c) ejemplo de plano cristalográfico**

En este contexto, se presenta como una alternativa o solución el uso de una aplicación educativa basada en realidad virtual (RV), y se ha aplicado en una asignatura de Bachillerato para facilitar de este modo la comprensión espacial de este tipo de estructuras al discente y ampliar los recursos educativos al docente – que en muchas ocasiones tiene serias dificultades para explicar este tipo de conceptos a un alumnado carente de habilidades espaciales–. El uso de esta tecnología en educación puede contribuir a mejorar la comprensión de los saberes sin necesidad de salir del aula, pudiendo ser aplicada a alumnos de todas las edades. Debido a que la educación y sus técnicas de enseñanza están evolucionando constantemente, la utilización de plataformas virtuales basadas en la realidad virtual brinda información y conocimientos a cualquier persona mientras los contenidos se muestran como un juego educativo, demostrando así la gran utilidad en materia de educación que presentan estos recursos (Anaconda et al., 2019).

Estas herramientas están cada vez más presentes en los centros educativos, pasando de ser un entretenimiento en los videojuegos al desarrollo profesional con aplicaciones que simulan realidades, así, desempeñando un papel fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje y posibilitando nuevas maneras de representar los conocimientos a partir de estructuras tridimensionales que pueden ser alteradas en sus características para hacerlos más significativos y atractivos (Kaminska et al., 2019). Otra de las ventajas que se ha logrado con la incorporación de la RV es mejorar la atención y la capacidad de lograr



representaciones mentales al brindarle la posibilidad al alumno de interactuar con los conocimientos abstractos (Merino et al., 2015).

Así pues, en esta comunicación se presenta una plataforma educativa basada en realidad virtual (diseñada para mediar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las redes cristalográficas) y los resultados de la implementación de esta en una intervención educativa dentro del aula de 2º de Bachillerato, con una temporalización de una sesión formativa.

## 2. Método

### 2.1. Participantes y contexto.

Esta investigación descriptiva es parte de una experiencia real llevada a cabo en el aula de la asignatura Tecnología Industrial de 2º de Bachillerato. El número de discentes participantes fueron diez estudiantes de Bachillerato, que tenían entre 16 y 17 años.

Para la comprensión de las ideas más importantes en esta parte de la ciencia de materiales, i.e. los sistemas cristalinos, los estudiantes deben comprender espacialmente dichas estructuras cristalográficas, su composición, su simetría, su forma, sus características más importantes, etc. Estos conceptos pueden presentar serias dificultades a la hora de ser visualizados en 3D, debido a la difícil comprensión espacial de estas estructuras (Foley, 1996). Para solucionar estos problemas de visualización se han usado tradicionalmente maquetas físicas (muchas veces realizadas con pelotas de pin-pon), y actualmente se diseñan diferentes aplicaciones virtuales. En este sentido, este artículo está basado en la aplicación en el aula de una plataforma virtual interactiva (PVI) basada en realidad virtual no inmersiva (Extremera et al, 2020). La tecnología de la RV es cada día más usada en numerosos campos como la formación en medicina, el entrenamiento en el ejército, el trabajo científico, la formación en ingeniería y la educación (Flores et al., 2014; Vergara et al, 2020). Esto es posible gracias al desarrollo e implementación de las TIC, que al usarse en el mundo educativo buscan mejorar la comprensión de la información dentro de las metodologías docentes (Fernández, 2010).

### 2.2. Diseño metodológico

El proceso metodológico en el que se fundamenta esta investigación se estructura en tres etapas o fases (Figura 2): (i) Clase magistral: el instructor enseña los conceptos teóricos más importantes de las redes cristalinas; (ii) Primera experiencia de RV: el instructor muestra y explica el uso del programa a los estudiantes y luego se les permite usarlo; (iii) Investigación descriptiva: el instructor realiza encuestas a los estudiantes, donde se les pregunta sobre diferentes aspectos del curso.



**Figura 2: Esquema del proceso metodológico. Fuente: elaboración propia**

Durante la fase 1, o clase magistral, se repasan los conceptos sobre el conjunto de las catorce redes de Bravais o redes cristalinas. Además, se hace especial énfasis en la explicación de sus características más importantes como el tipo de celda, las direcciones cristalográficas, planos cristalográficos, índices de coordinación, celda expandida, huecos octaédricos y tetraédricos, etc., es decir, conceptos que han sido estudiados con anterioridad por el alumnado, pero precisan de repaso por su carácter esencial en la asignatura y por el grado de dificultad de asimilación dado el desarrollo de la habilidad de visión espacial que conllevan.

La etapa 2 implica que, una vez explicados los conceptos teóricos, el profesor muestra el aspecto del programa que ayudará a visualizar las estructuras y su funcionamiento mediante un proyector. Su manejo se realiza a través del teclado del ordenador y del ratón. En la PVI se muestran todos los tipos de redes y sus características (Figura 3). El alumno puede interactuar con cada una de las redes, girándola 360° y explorándola con el ratón. Todos los alumnos manejan la plataforma durante unos minutos, analizándola a fondo e investigando cada una de las redes y sus tipos para verlas desde todas las perspectivas posibles.

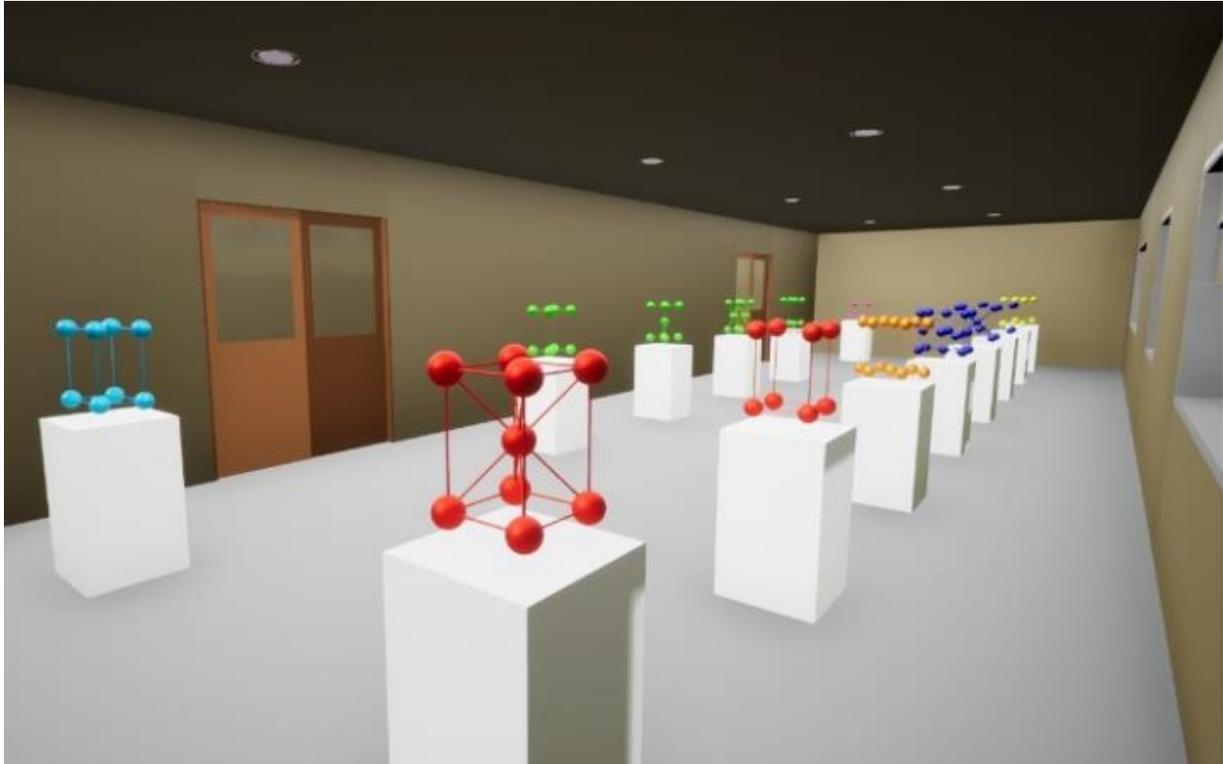
Una vez desarrollada la experiencia de aula, se diseñó una encuesta para recoger los resultados de la experiencia educativa y, de este modo, cuantificar las opiniones de los estudiantes sobre la efectividad de la PVI para el aprendizaje de las redes cristalográficas y sus características, así como su grado de conformidad con la misma, y la efectividad de esta aplicación para este tipo de aprendizaje.

### 2.3. Variables e instrumentos

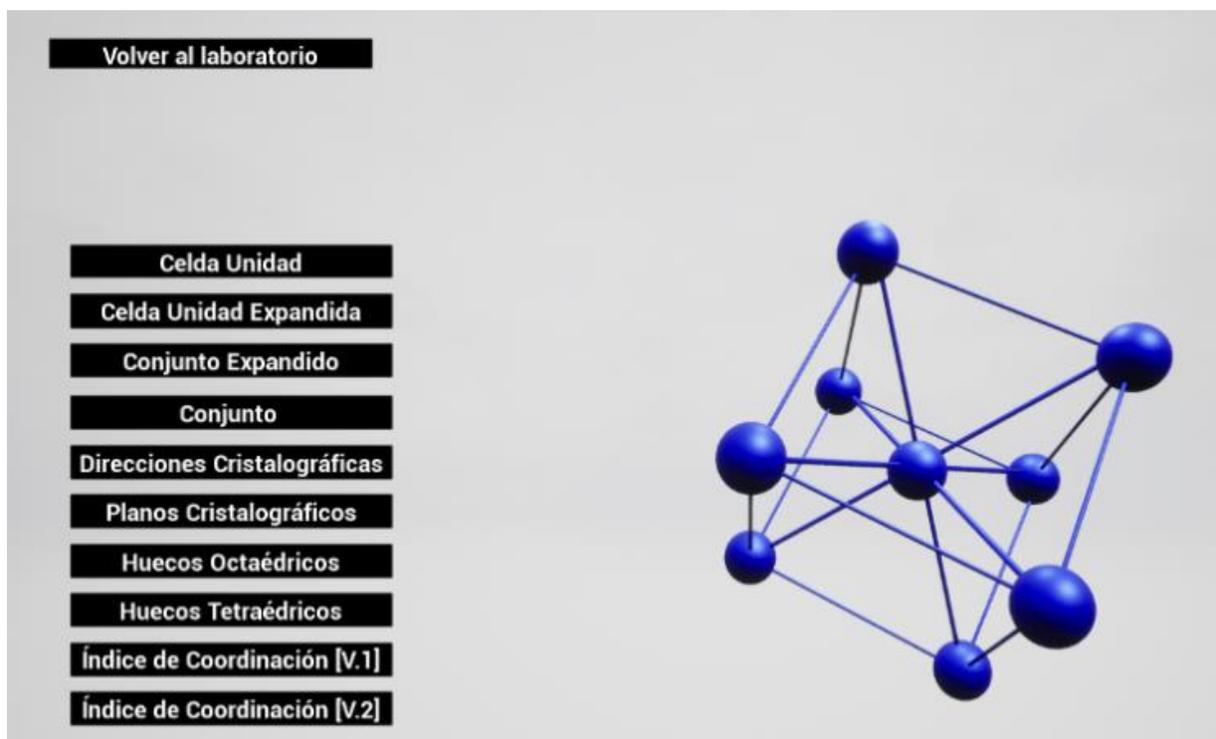
Esta experiencia se ha realizado para analizar la eficacia y la utilidad de una plataforma virtual basada en la RV no inmersiva en el estudio de redes cristalinas y sus características más importantes. Estos contenidos requieren cierto nivel de capacidad de visualización espacial. Los estudiantes responden diferentes preguntas estructuradas en cuatro apartados: (i) Experiencia del usuario: preguntas relacionadas con aspectos influyentes en la interacción del usuario con la PVI; (ii) Conceptos específicos de las redes cristalinas: preguntas para comprobar el grado de conocimiento y entendimiento sobre los conceptos específicos de las estructuras cristalinas; (iii) Posibles mejoras de la PVI: preguntas para obtener información sobre aspectos de mejora del programa en futuras actualizaciones; y (iv) Evaluación global de la PVI: preguntas relacionadas con la efectividad de la PVI como herramienta didáctica. Para ello, se ha utilizado una encuesta Likert, estando las respuestas de los apartados (i), (ii) y (iv) divididas en 4 niveles de satisfacción (1-Nada, 2-Poco(s)/a, 3-



Bastante y 4-Mucho(s)/a) y las del apartado (iii) divididas en respuestas de Sí o No y de opinión individual donde cada alumno ha opinado abiertamente en qué asignaturas se podría implementar una plataforma como esta.



(a)



(b)

Figura 3: Redes cristalográficas en la plataforma virtual interactiva: (a) vista general; (b) aplicación didáctica

Uno de los aspectos por resaltar fue la motivación de los alumnos, evidenciada por una constante participación en la experiencia de aula, la cual, desde su carácter formativo, les otorgó significación a los saberes que iban adquiriendo, pero también se consiguió que se involucrasen en el proceso de enseñanza-aprendizaje al reconocer que les podía resultar de gran utilidad para sus estudios superiores. Así, manifestaron que este tipo de experiencias se podrían implementar en otras asignaturas de difícil visión espacial para lograr una mayor comprensión y aprendizaje.

### 3. Resultados

Esta sección muestra los resultados de la encuesta realizada. En el primer bloque de preguntas (relacionadas con la experiencia del usuario), los estudiantes evalúan aspectos técnicos de la interacción del usuario con la PVI (Figura 4), donde se puntúa del 1 al 4, siendo 4 la valoración más alta posible: (i) Pregunta 1 (P1): dificultad para visualizar objetos en 3D; (ii) Pregunta 2 (P2): grado de comprensión de las instrucciones de



funcionamiento de la plataforma virtual; (iii) Pregunta 3 (P3): facilidad de uso de PVI; (iv) Pregunta 4 (P4): facilidad de comprensión de las diferentes redes cristalográficas; (v) Pregunta 5 (P5): cuantificación de los problemas encontrados al utilizar la PVI; (vi) Pregunta 6 (P6): grado de motivación de los estudiantes al usar la herramienta; y (vii) Pregunta 7 (P7): grado de utilidad de la interfaz gráfica de la PVI. Para mayor aclaración se pone en la Tabla 1 las preguntas y las posibles respuestas que ofrecía la encuesta correspondiente.

Tabla 1. Encuesta realizada

Bloque de preguntas	Nomenclatura	Pregunta	Posibles respuestas			
A	P1	Dificultad para visualizar objetos en 3D	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P2	Grado de comprensión de las instrucciones de funcionamiento de la PVI	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P3	Facilidad de uso de la PVI	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P4	Facilidad de comprensión de las diferentes redes cristalográficas	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P5	Cuantificación de los problemas encontrados al utilizar la PVI	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P6	Grado de motivación de los estudiantes al usar la herramienta	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P7	Grado de utilidad de la	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a



		interfaz gráfica de la PVI				
B	P8	Dificultad para comprender las diferentes estructuras cristalinas antes de utilizar la PVI	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P9	Grado de comprensión de las redes cristalinas	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P10	Propiedades de las redes cristalinas	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P11	Planos cristalográficos, direcciones cristalográficas e índice de coordinación	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
	P12	Visión espacial	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a
C	P13	¿Ha usado PVI de este tipo anteriormente?	Sí		No	
	P14	¿Consideras alguna mejora a la PVI?	Sí		No	
	P15	¿Esta PVI es aplicable a otras materias?	Sí		No	
D	P16	¿Es la PVI eficaz como herramienta de enseñanza?	1-Nada	2-Poco(s)/a	3-Bastante	4-Mucho(s)/a

Los resultados del primer bloque de preguntas (Bloque A, Tabla 1) han sido: a la pregunta 1 (P1) muestran que el 70% de los alumnos poseían poco o nada de dificultad para visualizar piezas en 3D antes del uso de la PVI. En la pregunta 2 (P2) el 80% de los alumnos han contestado que el grado de comprensión de las



instrucciones de funcionamiento de la plataforma es alto. Respecto a la pregunta 3 (P3) el 90% indica que la facilidad del uso de PVI les ha resultado sencilla. La pregunta 4 (P4) el 80% ha contestado que les ha parecido muy útil la plataforma para entender las redes. En la pregunta 5 (P5), el 70% de los alumnos no ha encontrado problemas a la hora de manejar el programa. En la pregunta 6 (P6) al 80% de los alumnos han contestado que el aumento de motivación en las clases mediante el uso de PVI es alto o muy alto. Y en la pregunta 7(P7) al 80% les ha parecido muy útil o bastante útil el entorno gráfico de la herramienta.

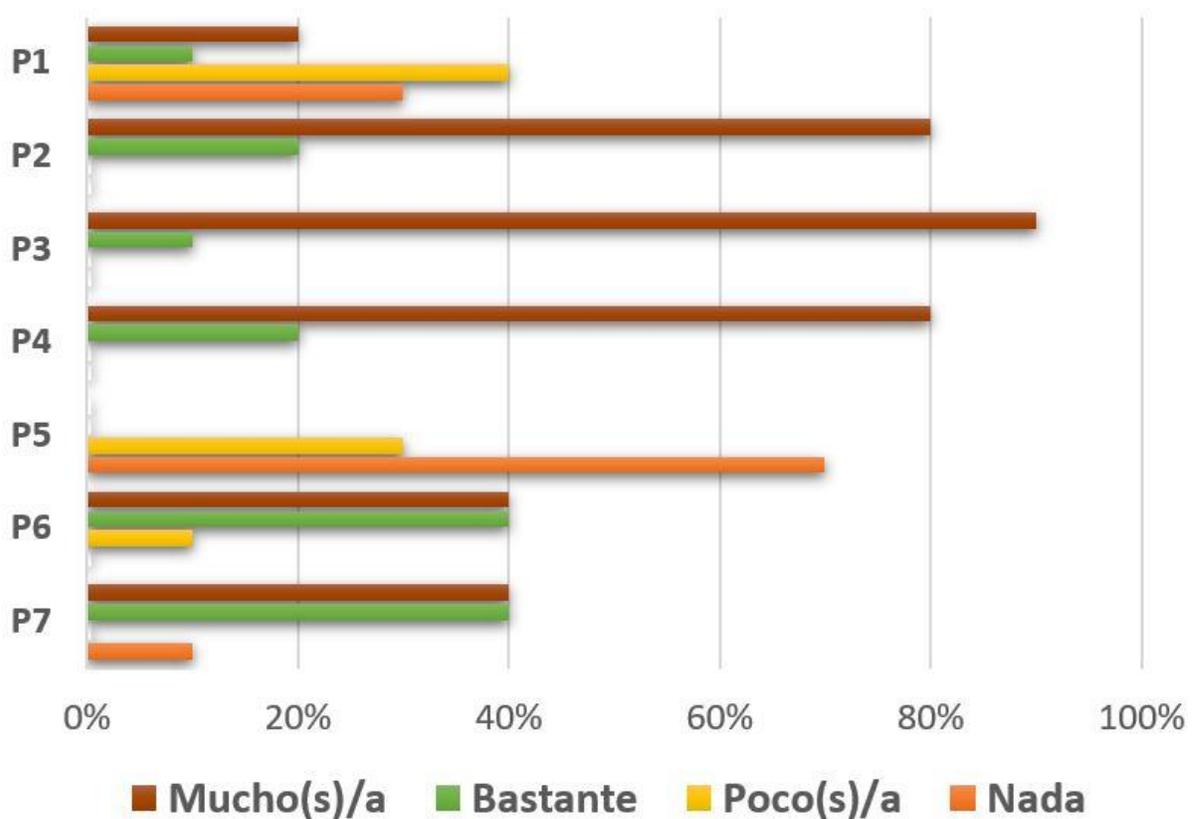


Figura 4: Resultados de la encuesta del Bloque A: experiencia del usuario

En el segundo bloque de la encuesta (Bloque B, Tabla 1) se pregunta a los estudiantes sobre conceptos específicos relacionados con las diferentes estructuras cristalinas (Figura 5): (i) Pregunta 8 (P8): dificultad para comprender las diferentes estructuras cristalinas antes de utilizar la PVI; (ii) Pregunta 9 (P9): grado de comprensión de las redes cristalinas; (iii) Pregunta 10 (P10): propiedades de las redes cristalinas; (iv) Pregunta 11 (P11): planos cristalográficos, direcciones cristalográficas e índice de coordinación; (v) Pregunta 12 (P12): visión espacial.



Las respuestas a la pregunta 8 (P8) muestran que el 50% de los alumnos han contestado que poseían dificultad para entender las estructuras cristalógraficas antes del uso de la PVI. En la pregunta 9 (P9), la respuesta del 100% de los alumnos ha sido que la comprensión de las redes cristalógraficas después del uso de la plataforma ha aumentado en mayor medida o bastante. Las respuestas a la pregunta 10 (P10) han revelado que el 60% de los discentes han mostrado un grado satisfactorio sobre los conocimientos de las propiedades de las redes en la PVI y el 40% restante han mostrado una gran satisfacción. Los resultados de la pregunta 11 (P11) han sido que el 70% de los alumnos piensan que la plataforma es muy útil para entender las características de las redes como los planos cristalógraficos, las direcciones cristalógraficas o los índices de coordinación y el 30% indica que es bastante útil. En la pregunta 12 (P12) el 90% de los alumnos creen que la PVI mejora en un alto grado la comprensión espacial de las redes cristalógraficas y un 10% opina que la mejora bastante.

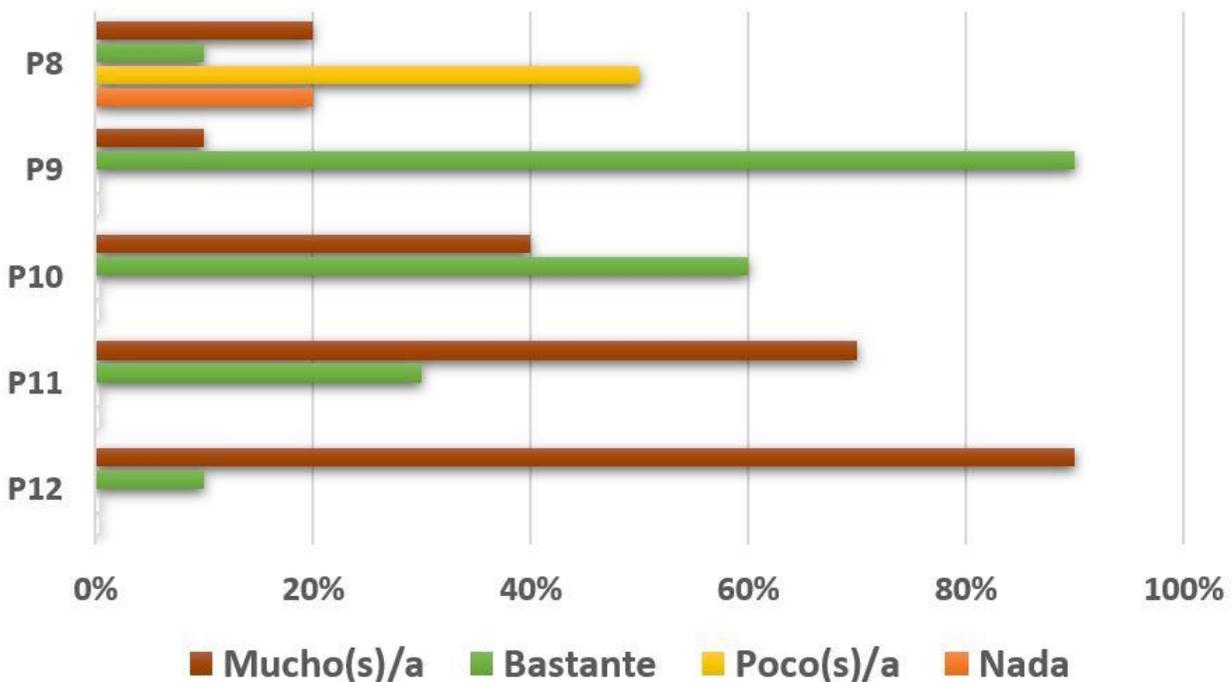


Figura 5: Resultados de la encuesta del Bloque B: conceptos específicos de redes cristalinas.

En el tercer bloque de la encuesta (Bloque C, Tabla 1), vinculado a posibles mejoras en la PVI, los estudiantes responden sí o no a estas preguntas (Figura 6): (i) Pregunta 13 (P13): ¿ha usado PVI de este tipo anteriormente?; (ii) Pregunta 14 (P14): ¿Consideras alguna mejora a la PVI?; y (iii) Pregunta 15 (P15): ¿Esta PVI es aplicable a otras materias?

Respecto a este bloque, a la pregunta 13 (P13) el 80% de los alumnos han contestado que no habían usado PVI anteriormente. Las respuestas de la pregunta 14 (P14) han sido que el 60% no considera ninguna mejora a realizar a la PVI, mientras que el 40% opina que se podrían asignar mejoras como el ajuste de la sensibilidad



del ratón para que se pueda variar, que el tamaño de las puertas del laboratorio fuese más grande y que hubiese un botón para retroceder al laboratorio. A la pregunta 15 (P15), el 100% de los alumnos han contestado que este tipo de herramienta podría aplicarse a otras asignaturas con dificultades de visión espacial como pueden ser Física, Química o Dibujo Técnico.

Finalmente, con respecto a la evaluación general de la PVI, solo se hace una pregunta (Bloque D, Tabla 1): (i) Pregunta 16 (P16): ¿Es la PVI eficaz como herramienta de enseñanza? (Figura 7). En esta última pregunta (P16), el 70% de los alumnos han dado la máxima valoración a la PVI como herramienta didáctica y el 30% la siguiente a esa.

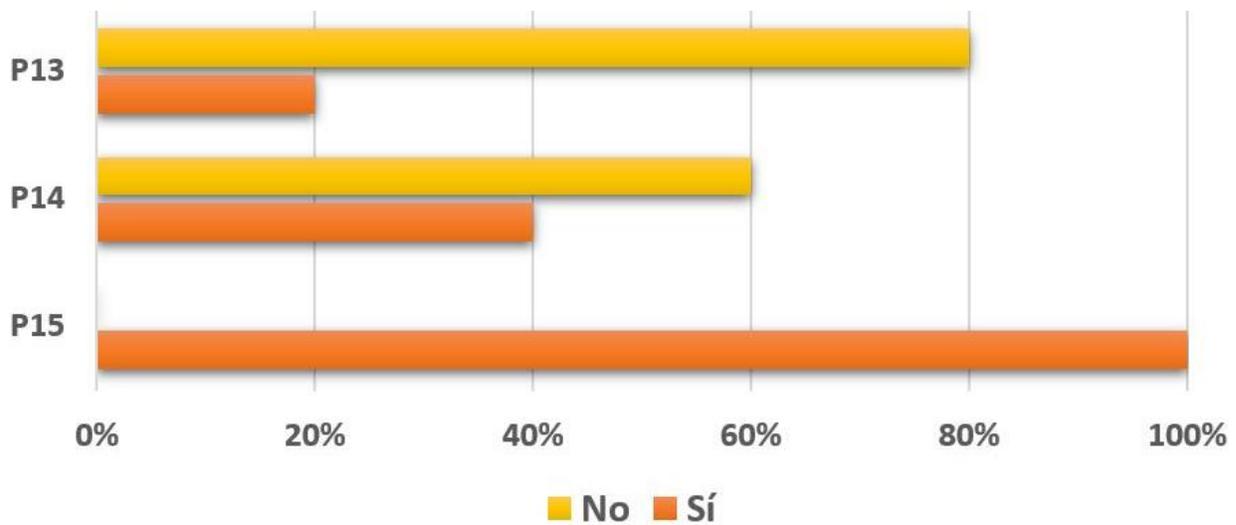


Figura 6: Resultados de la encuesta del Bloque C: mejoras en la PVI

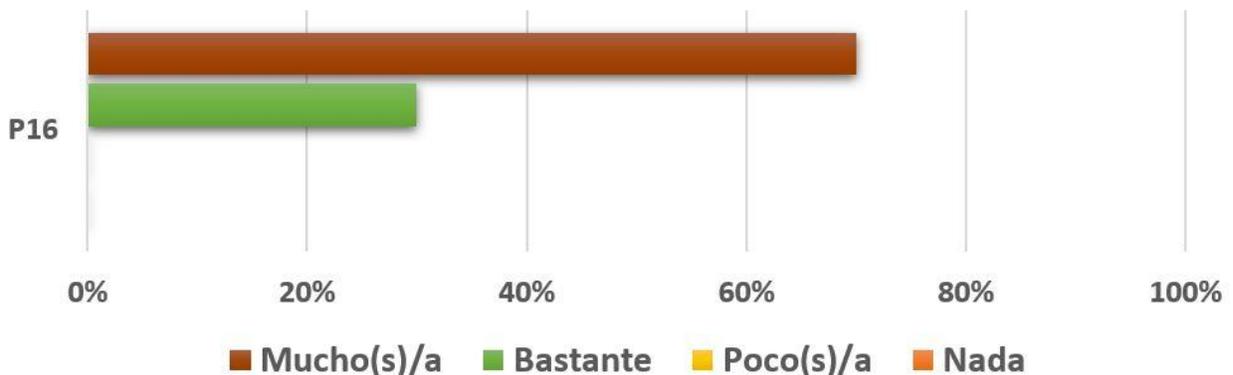


Figura 7: Resultados de la encuesta del Bloque D: evaluación global de PVI.



#### 4. Análisis de resultados

Los resultados de la encuesta en general han sido muy satisfactorios. Fijándose en el primer bloque de preguntas (Bloque A, Figura 4), alrededor de una cuarta parte de los alumnos poseían dificultad de visión espacial antes del uso de la plataforma. Además, el grado de comprensión de las instrucciones y del funcionamiento de la herramienta ha resultado sencillo a los alumnos en su totalidad. La utilidad de la plataforma también ha sido reflejada en los resultados de la encuesta, ya que todos han dado su respuesta más alta o la siguiente a esta. Una vez inmersos en el uso de la plataforma, los discentes no han encontrado ningún problema al usarla o si han encontrado algunos, estos han sido pocos. Prácticamente todos los alumnos han indicado que la motivación aumenta en las clases al usar esta plataforma y que les ha resultado muy útil o bastante útil el entorno gráfico de la misma.

Por otro lado, en el bloque siguiente (Bloque B, Figura 5) las respuestas de las preguntas son muy uniformes respecto de la opinión de todos los alumnos. La mitad de ellos poseía cierta dificultad a la hora de entender y comprender las redes cristalinas, lo que favorece que el total de los alumnos opine que la comprensión de estas ha aumentado notablemente después de su uso. Además, estos muestran su alta satisfacción respecto al grado en que se muestran las propiedades de estas estructuras y creen que esta herramienta resulta útil o muy útil para el entendimiento de los planos cristalográficos, las direcciones cristalográficas o los índices de coordinación. La conclusión que se puede obtener del análisis de este bloque B de preguntas es que el alumnado cree que la PVI hace que mejore muy notablemente o bastante el grado de visión espacial.

Cabe destacar que con el tercer bloque de preguntas (Bloque C, Figura 6) se ha detectado que la mayoría de los alumnos no había utilizado este tipo de herramientas en el aula. La mayoría de ellos cree que no habría que realizar ninguna mejora mientras que el resto opina que se podrían realizar mejoras respecto al funcionamiento técnico de esta, para que fuera más parecida al entorno de un videojuego. Algunas de estas mejoras están relacionadas con la sensibilidad del ratón, el tamaño de las puertas del laboratorio y posibles botones de vuelta al menú de inicio. Todos los alumnos han opinado que sería muy recomendable el uso de este tipo de plataformas en otras asignaturas de dificultad de visión espacial, para aumentar con ellas la atención del alumnado ya que sale de la rutina de las clases magistrales. Algunas de sus aportaciones han sido: (i) que la asignatura de Dibujo Técnico también presenta una gran dificultad para visualizar en 3D los planos y figuras, (ii) que en el caso de Química podría ayudar a comprender espacialmente los átomos y (iii) que en el caso de Física podría ayudar a visualizar los vectores en 3D, lo cual ya ha sido llevado a cabo en estudios anteriores (Vergara, Lorenzo y Rubio, 2012). Por último, en el último bloque de preguntas (Bloque D, Figura 7) todos los alumnos han dado las dos mayores puntuaciones respecto a la valoración de la herramienta, lo que garantiza que los discentes creen que es una buena herramienta educativa.



## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que este entorno de aprendizaje de realidad virtual diseñado para reforzar la comprensión espacial de redes cristalográficas es considerado una herramienta útil por los estudiantes de Bachillerato. Como se ha podido ver reflejado en las encuestas, los resultados respecto a la experiencia del usuario son muy satisfactorios. El entendimiento de las instrucciones de funcionamiento de la plataforma es sencillo para ellos a la vez que la facilidad de comprensión aumenta con el uso de esta. Los estudiantes han indicado que el uso de esta plataforma les parece sencillo, por su similitud a la de los videojuegos, y que no han encontrado ningún problema o dificultad para poder usarla. Los estudiantes de Bachillerato han presentado un nivel importante de motivación por el uso de la herramienta.

Respecto a las respuestas sobre los conceptos específicos de las redes cristalográficas, se aprecia que en la mayoría de los alumnos existe una mejoría de la comprensión espacial de estas redes tras usar la plataforma, ya que antes del uso de esta tenían dificultades en la visualización en 3D de las estructuras cristalinas. El número total de alumnos de la clase opina que la herramienta mejora en un alto grado la visión espacial tras su uso, mejorando la comprensión de las redes cristalográficas y sus propiedades más importantes. Cabe destacar que los alumnos tienen un elevado interés por usar la plataforma y creen que se podrían implementar mejoras en ella para que su funcionamiento fuese aún mejor. La gran mayoría de los discentes encuestados no había usado este tipo de aplicaciones previamente e indican que se podría implementar en varias asignaturas más que también presentan contenidos que requieren un buen nivel de capacidad de visualización espacial, como es el caso de Física, Química y Matemáticas. Los alumnos concluyen la encuesta diciendo que es una herramienta eficaz para la enseñanza, obteniendo la mayor puntuación o la siguiente a esta por todos los alumnos.

Gracias a este recurso educativo, los estudiantes que posean la inteligencia espacial menos desarrollada podrán comprender mejor los conceptos relacionados con los sistemas cristalinos y sus propiedades. Los resultados sugieren que se ha convertido en una herramienta innovadora que posibilita ofrecer nuevas estrategias para comprender los saberes abstractos, atraer la atención y aumentar la motivación del alumnado hacia el material compartido por el profesor. Finalmente, los resultados obtenidos fomentan un mayor avance en el desarrollo de nuevas PVI con fines educativos despertando el interés de los discentes al mismo tiempo que les envuelve dentro de la asignatura que están estudiando, generando así unos resultados positivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, disminuyendo los bajos desempeños y la repitencia en asignaturas de las ciencias básicas, donde a los alumnos les cuesta lograr las metas de aprendizaje con estrategias tradicionales.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Asociación Amigos de la Universidad Católica de Ávila la concesión del Premio de Innovación Docente 2021, gracias al cual se ha podido llevar a cabo el trabajo aquí presentado.



## BIBLIOGRAFÍA

- Anacona, J. D., Millán, E. E., & Gómez, C. A. (2019). Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13 (25), 59-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.4015>.
- Baelo Álvarez, R., & Cantón Mayo, I. (2009). Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación superior. Estudio descriptivo y de revisión. *Revista Iberoamericana De Educación*, 50(7), 1-12. <https://doi.org/10.35362/rie5071965>
- Delgado, M. (2013). Aplicación didáctica de las inteligencias múltiples. E-motion. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 1, 103-116
- Escobar-Mamani, F., & Gómez-Arteta, I. (2020). WhatsApp para el desarrollo de habilidades comunicativas orales y escritas en adolescentes peruanos. *Comunicar*, 28(65), 111-120. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-10>
- Extremera, J., Vergara, D., Dávila, L.P., Rubio, M.P. (2020). Virtual and augmented reality environments to learn the fundamentals of crystallography. *Crystals*, 10(6), 456. <https://doi.org/10.3390/cryst10060456>
- Fernández, A. J. (2010). De las arquitecturas virtuales a la realidad aumentada: un nuevo paradigma de visualización arquitectónica. *X Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, 111-120.
- Flores, J. A., Camarena, P., & Avalos, E. (2014) La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería. *Apertura*, 6, (2), 1-10.
- Foley, B. (1996). Uso de herramientas de visualización para mejorar la comprensión de la estructura cristalina por parte de los estudiantes. *Actas de educación en ingeniería de reingeniería basada en tecnología de Frontiers in Education 26ª Conferencia Anual de FIE'96*, 3, 1079-1083. doi: 10.1109 / FIE.1996.567770.
- Grande, M., Cañón, R., & Cantón, I. (2016). Tecnologías de la información y la comunicación: Evolución del concepto y características. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (6), 218-230. Retrieved from <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1703>
- Kaminska, D., Sapinski, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R. E., Avots, E., Helmi, A., Ozcinar, C., & Anbarjafari, G. (2019). Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey. *Information*, 10, 318. doi:10.3390/info10100318
- Limas Suárez, S. J., & Vargas Soracá, G. (2020). Redes sociales como estrategia académica en la educación superior: ventajas y desventajas. *Educación y Educadores*, 23 (4), 559-574. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.4.1>
- Luzbet Gómez, F. R., & Laurencio Leyva, A. (2020). La virtualización como alternativa para la educación de posgrado. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39 (3), 1-11.



- Mangisch, G., Ghilardi, L., Vinader, V., Avelin, J., & Mangisch, M. D. R. (2020). Uso de los dispositivos móviles de los principales actores del proceso de enseñanza y aprendizaje en la universidad: Aplicación de Tecnologías de la Información y la Comunicación a la educación. *Revista Internacional de Tecnologías En La Educación*, 7(1), 55–65. <https://doi.org/10.37467/gka-revedutech.v7.2323>
- Ministerio de Asuntos Exteriores, UE y Cooperación. (2021). *Política exterior y cooperación*. Retrieved from Agenda 2030: <http://www.exteriores.gob.es/portal/es/politicaexteriorcooperacion/agenda2030/Paginas/Inicio.aspx>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/J.EQ.2015.04.004>
- Moreno, A. J., & Baños, O. (2019). Uso de la realidad aumentada para la mejora de la visión espacial del alumnado. *Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores*, 9, 53-64.
- Pina, C. (2014). Los fundamentos de la Cristalografía: una reseña histórica. *Anales de Química*, 110 (4), 294-302.
- Quitán Bernal, S. P., & González Martínez, J. (2020). El diseño de ambientes blended learning: retos y oportunidades. *Educación y Educadores*, 23(4), 659–682. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.4.6>
- UNESCO (2021a). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Obtenido de Liderar el ODS 4- Educación 2030: <https://es.unesco.org/themes/liderar-ods-4-educacion-2030>
- UNESCO. (2021b). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Obtenido de Las TIC en la educación: <https://es.unesco.org/themes/tic-educacion>
- Urquiza, L. I., Auria, B. A., Daza, S.K., Carriel, F., & Navarrete, R. I. (2016). Uso de la realidad virtual, en la educación del futuro en centros educativos del Ecuador. *Journal of science and research: revista ciencia e investigación*, 1(4), 26-30.
- Vergara, D., Rubio, M.P., & Lorenzo, M. (2018). A virtual resource for enhancing the spatial comprehension of crystal lattices. *Education Sciences*, 8(4), 153. <https://doi.org/10.3390/educsci8040153>
- Vergara, D., Extremera, J., Rubio, M.P. & Dávila, L.P. (2020). The proliferation of virtual laboratories in educational fields. *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 9(1), 85-97
- Vergara, D., Rubio, M.P., & Lorenzo, M. (2012). New computer teaching tool for improving students' spatial abilities in continuum mechanics. *IEEE Technology and Engineering Education (ITEE)*, 7(4), 44-48.