

USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN UN CURSO DE FÍSICA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

USE OF VIRTUAL REALITY IN A PHYSICS COURSE FOR ENGINEERING STUDENTS

Dr. Ajax Santos Guevara
ajax.santos@udem.edu
<https://orcid.org/0000-0003-4022-4650>
Universidad de Monterrey, México

Dr. Osvaldo Aquines Gutiérrez
osvaldo.aquines@udem.edu
<https://orcid.org/0000-0002-4475-2808>
Universidad de Monterrey, México

Dr. Humberto Martínez Huerta
humberto.martinezhuerta@udem.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7714-0704>
Universidad de Monterrey, México

Tipo de contribución: Artículo de investigación científica

Recibido: 12-05-2023

Aceptado para su publicación: 12-06-2023

Resumen: En todos los perfiles de egreso de los programas de ingeniería se tiene como propósito que los futuros ingenieros tengan las habilidades de identificar, formular y resolver problemas. Sin embargo, para proponer y elaborar una solución a un problema complejo es necesario comprenderlo y visualizarlo adecuadamente. En un curso de física tradicionalmente se explica la idea de dirección del campo magnético utilizando una flecha con un punto al inicio y una cruz o cola al final. Al alumno le queda como tarea imaginar la flecha, para determinar si la dirección del campo magnético “entra” o “sale”. Por tal motivo, en el curso de Electricidad y magnetismo en el que participaron 108 alumnos del segundo año de ingeniería, se diseñó una actividad para que por medio de la realidad virtual los estudiantes visualicen de una mejor manera los conceptos abstractos de los fenómenos físicos favoreciendo así una experiencia de aprendizaje más profunda, interactiva y significativa. Mostramos que, sí hay una mejoría en la comprensión de la dirección del campo magnético y una adecuada interpretación de la fuerza magnética en diferentes situaciones.

Palabras clave: realidad virtual; experiencias inmersivas; innovación pedagógica; aprendizaje significativo

Abstract: The purpose of all graduation profiles of engineering programs is for future engineers to have the skills to identify, formulate, and solve problems. However, to propose and develop a solution to a complex problem it is necessary to understand and visualize it properly. In a physics course, the idea of the direction of the magnetic field is traditionally explained using an arrow with a dot at the beginning and a cross or tail at the end. The student is left with the task of imagining the arrow, to determine if the direction of the magnetic field “enters” or “exits”. For this reason, in the Electricity and Magnetism course in which 108 students from the second year of engineering participated, an activity was designed so that, through virtual reality, students can better visualize the abstract concepts of physical phenomena, favoring thus a deeper, interactive and meaningful learning experience. We show that there is an improvement in the understanding of the direction of the magnetic field and an adequate interpretation of the magnetic force in different situations.

Keywords: virtual reality; immersive experiences; pedagogical innovation; meaningful learning

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología siempre han desempeñado un rol importante en el desarrollo de un país (Cantú-Martínez, 2019). Con los avances científicos surgen nuevas tecnologías, productos y sistemas que pueden ayudar a los países a mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos (Anaeto, 2016). Esto es especialmente relevante en el ámbito de la educación y la gestión del aprendizaje.

Parte de nuestra labor como docentes, además de decidir el medio didáctico, consiste en diseñar y crear una diversidad de actividades que sean eficaces para conseguir captar, involucrar y comprometer a los alumnos, ya que algunos aprenden mejor leyendo, otros oyendo, otros construyendo, otros desempeñando un rol, etc. (Amorim, 2014, Chavarría-Garza, 2022, Menin, 2022). Lo anterior es importante, porque cuando uno es capaz de pensar y visualizar un problema de diferentes maneras podemos decir que lo entendió; de ahí que, el diseño de actividades que toman en cuenta otros estilos de aprendizaje, además del verbal y el lógico - matemático que son los estilos que tradicionalmente se activan en un curso de física, favorece una experiencia en el aula de una manera más completa (Tsai, 2016, Sener, 2018, Yavich, 2020).

La realidad virtual (RV) es una tecnología que permite a las personas sumergirse en un entorno generado por computadora que puede ser similar o completamente diferente al mundo real. En la realidad virtual, los usuarios utilizan dispositivos como cascos o gafas de RV para experimentar una simulación tridimensional que puede incluir imágenes, sonidos y, en algunos casos, incluso sensaciones táctiles. Los elementos principales de la realidad virtual incluyen herramientas de visualización, seguimiento de movimiento y la interacción (Mihelj, 2012). Con respecto a las herramientas de visualización, los cascos o gafas son dispositivos que colocan una pantalla en frente de los ojos del usuario. Esta pantalla muestra imágenes tridimensionales que cubren todo su campo de visión, creando la sensación de estar inmerso en un entorno virtual. Para el elemento de seguimiento de movimiento, los dispositivos de RV suelen estar equipados con sensores que rastrean los movimientos de la cabeza y, en algunos casos, también de las manos y el cuerpo. Esto permite que el entorno virtual responda a los movimientos y acciones del usuario. Mientras que, en el elemento de interacción, los usuarios pueden interactuar con el entorno virtual utilizando controles, mandos a distancia, guantes u otros dispositivos de entrada. Esto puede incluir acciones como agarrar objetos, caminar por el entorno virtual, o incluso comunicarse

con otros usuarios en tiempo real.

La realidad virtual es una herramienta interesante para la educación ya que proporciona experiencias inmersivas, interactivas y prácticas a los estudiantes. Una experiencia inmersiva (Rubio-Tamayo, 2017) consiste en una extensión de la realidad aprovechando el espacio 360°. Se puede considerar que es una simulación virtual de la realidad en la que el usuario se encuentra completamente aislado del exterior, ya que se generan imágenes muy cercanas a los ojos de los usuarios tal como menciona Torres (2019). En la Tabla 1 se describen algunas de las aplicaciones de la Realidad Virtual que se describen el contexto educativo.

Tabla 1. Formas en las que se ha usado la Realidad Virtual en el contexto educativo

Formas	Descripción
Simulaciones educativas (Smith, 2015, Fussell, 2020)	Permite crear entornos virtuales que simulan situaciones del mundo real. Se ha aplicado en Medicina y Aviación.
Viajes virtuales (Gibson, 2018, Chung, 2023)	Excursiones virtuales a lugares lejanos o históricos, nos permite explorar monumentos, museos y lugares, como una estación espacial, que de otra manera no se podrían visitar.
Laboratorios virtuales (Potkonjak, 2016, Winkelmann <i>et al.</i> , 2020)	Los estudiantes pueden realizar experimentos y manipular objetos y sustancias de manera segura y sin riesgos.
Aprendizaje de idiomas (Lin, 2015, Moreno, 2020)	Los estudiantes pueden aprender o practicar un idioma en un entorno virtual por medio de <i>chatbots</i> facilitando el aprendizaje en diferentes situaciones y contextos.
Historia y arqueología (Rivero, 2011)	Viajar en el tiempo y explorar antiguas civilizaciones o eventos históricos a través de experiencias interactivas.
Formación profesional (Carruth, 2017 y Rocha, 2019)	En campos como la soldadura, la construcción, la atención médica y muchas otras áreas donde la práctica real puede ser costosa o peligrosa.
Educación especial (Lányi, 2006, Jeffs, 2010, Cecilia, 2016)	Puede usarse para simular situaciones de la vida real que ayuden a los estudiantes a desarrollar habilidades sociales o cognitivas.
Desarrollo de habilidades técnicas	Se ha usado en programación o en el diseño 3D.

(Fabris, 2019, Srimadhaven, 2020)	
Experiencias inmersivas de lectura (Granados, 2013, Benítez, 2014)	Algunos libros y textos se pueden convertir en experiencias de Realidad Virtual, lo que permite a los estudiantes explorar los conceptos de manera más visual y memorable.
Psicología y terapia (Maldonado, 2002 y Nascivera, 2018)	Se utiliza para tratar trastornos de ansiedad, fobias y trastorno de estrés postraumático a través de exposiciones controladas.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las simulaciones físicas son herramientas cognitivas muy atractivas y educativamente efectivas. Su uso permite que el estudiante se familiarice y visualice los fenómenos físicos (Moore, 2013, Aquines, 2022). Existen diferentes iniciativas como *Open Source Physics* (Christian & Esquembre, 2007), *Conceptual Learning of Science* (Haertel, 1995), *Newtondreams* y *PhET Interactive Simulations* que es la más utilizada. Estas simulaciones están diseñadas con el fin de construir puentes para vincular la comprensión de nuestra vida cotidiana y sus principios físicos (Finkelstein, 2005). Estas herramientas facilitan la comprensión y la visualización de modelos físicos a través de una pantalla. Sin embargo, a pesar de disponer de herramientas interactivas como las mencionadas, no se encuentra un simulador adecuado que explique de manera visual, la noción de la dirección del campo magnético. Esto motivó la aplicación de la realidad virtual.

El constructivismo proporciona apoyo teórico a la aplicación de la Realidad Virtual en la educación (Marougkas, 2023). Esta teoría del aprendizaje se refiere a la participación constante de los alumnos en el aprendizaje, permitiéndoles "construir" nuevos conocimientos sobre la base de los ya existentes (Huang, 2010). El contexto es una condición esencial en la construcción de significados y el diálogo entre profesores y alumnos es una vía auxiliar en el proceso de construcción de significados. La tecnología de RV puede utilizarse para construir una situación de aprendizaje simulada o integrar contenidos didácticos en programas virtuales para la enseñanza. Como lo indica Vergara (2019), en ingeniería se ha utilizado para complementar la experiencia de los estudiantes en la manipulación de máquinas para probar materiales, ofrecer visualización que en el aula suelen ser difíciles de mostrar o proyectar y reducción del costo de laboratorios, entre otras. Georgiou (2021), aplicó esta tecnología en la enseñanza de la física

para explicar el tema de relatividad especial, donde la conceptualización del espacio es esencial. De manera que, en un entorno de aprendizaje de este tipo, como mencionan Potkonjak (2016) y Hernández-de-Menéndez (2019), en donde la visualización juega un rol importante en la comprensión de los conceptos, puede ayudar a dotarlos de significado, facilitando su interiorización y una adecuada transferencia de conocimientos.

El objetivo de esta investigación es examinar el impacto de la realidad virtual en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el contexto específico del curso de Electricidad y Magnetismo. Nos proponemos identificar y analizar de qué manera esta tecnología puede influir en el desarrollo de habilidades cognitivas, la retención de información y la motivación estudiantil. Para alcanzar este objetivo, llevaremos a cabo un análisis comparativo entre los resultados de un pre-test y un post-test, antes y después de una actividad de aprendizaje que integra la realidad virtual. El enfoque se centrará en entender las mejoras específicas en la comprensión de conceptos clave y la percepción general de los estudiantes en este entorno virtual de aprendizaje.

1.2. Pregunta de investigación

A pesar de los avances tecnológicos y la creciente accesibilidad a dispositivos de realidad virtual, aún persisten interrogantes sobre la efectividad de su integración en entornos educativos.

Las preguntas de la investigación son entonces:

¿Cuál es el impacto de la integración de la realidad virtual en el curso de Electricidad y Magnetismo en términos de mejora de la comprensión e interpretación de fenómenos magnéticos y la percepción general de los estudiantes?

¿En qué medida contribuye la realidad virtual a enriquecer la experiencia de aprendizaje y fomentar la participación activa de los estudiantes en este contexto específico?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó bajo el planteamiento metodológico mixto para explorar las experiencias y percepciones de los estudiantes en el aprendizaje de la comprensión del campo magnético a través de la realidad virtual.

El trabajo se realizó en una universidad del noreste de México. La muestra consistió en 108 estudiantes de ingeniería inscritos en el curso de Electricidad y Magnetismo que forma parte del programa del segundo año de diversas carreras de ingeniería. El objetivo del curso es que los alumnos adquieran una

comprensión profunda de los conceptos relacionados con fenómenos eléctricos y magnéticos. En este contexto se buscó mejorar la visualización y comprensión de conceptos abstractos inherentes al fenómeno magnético mediante la implementación de la realidad virtual.

Se desarrolló una actividad utilizando la realidad virtual para facilitar la visualización más efectiva de conceptos abstractos de fenómenos físicos. Esta iniciativa tiene como objetivo enriquecer la experiencia de aprendizaje, promoviendo una comprensión más profunda, interactiva y significativa por parte de los estudiantes.

Se implementó un diseño experimental pre-test y post-test para evaluar el impacto de la actividad de aprendizaje con realidad virtual. La verificación de la significancia del aprendizaje se llevó a cabo mediante un cuestionario aplicado a cada estudiante. Además, respondieron a una evaluación que consta de dos preguntas conceptuales de opción múltiple, donde analizaron la dirección del campo magnético (pregunta 1) y de la fuerza magnética (pregunta 2).

2.1. Instrumentos

- Pre-test y Post-test: Se diseñaron dos preguntas conceptuales para medir el nivel de conocimiento del campo magnético antes y después de la intervención.
- Actividad de Aprendizaje con Realidad Virtual: Se utilizó la aplicación *Gravity Sketch* (Sketch, 2023) en el *Oculus Quest* para proporcionar una experiencia inmersiva.
- Cuestionario de Opinión: Se diseñó un cuestionario para recopilar las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia del aprendizaje por medio de realidad virtual.

2.2. Dispositivo de Realidad Virtual

Exploramos los beneficios de incorporar la realidad virtual (Mendoza, 2023) a nuestro curso, en particular, utilizamos el *Oculus Quest 2* (Quest, 2023); que es un sistema de realidad virtual diseñado para adaptarse a nuestros movimientos y permite explorar juegos y experiencias inmersivas (Hillmann, 2019 y Ren, 2021). El *Gravity Sketch* (Sketch, 2023) es una de las aplicaciones disponibles en el *Oculus Quest 2* y tiene la característica de presentarte un espacio en blanco en el que puedes realizar un dibujo. Principalmente, se utiliza para el diseño, para la creación de modelos, obras de arte, piezas para automóviles, etc. Consideramos esta aplicación como la apropiada ya que, por medio de *Gravity Sketch* (Ververidis, 2022) se facilita la visualización de los dibujos o modelos

creados (Van Goethem, 2020) con una perspectiva en 3D. Buscamos que además de visualizar la dirección del campo magnético, lo hicieran por medio de un dibujo en 3D que tuvieran la oportunidad de mover, rotar y trasladar; acciones que son permitidas en esta aplicación.

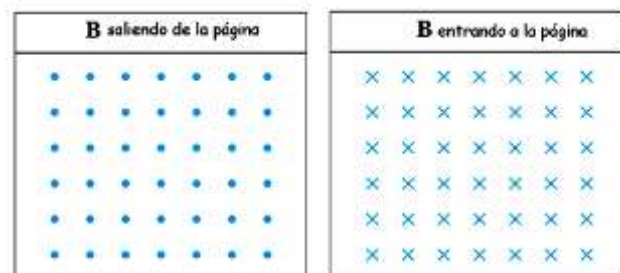
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Campo magnético

En el contexto del campo magnético tradicionalmente se explica la idea de dirección utilizando una flecha con un punto al inicio y una cruz o cola al final; es decir, si la flecha se dirige hacia nosotros vemos un punto y se dice que la dirección es “hacia afuera” (de la página o pantalla, por ejemplo). Si la flecha se aleja de nosotros vemos una cruz (la cola de la flecha) y se dice que la dirección es “hacia dentro” (de la página o pantalla). Esto suele mostrarse en el pizarrón o en una diapositiva como se muestra en la Figura 1 (Serway, 2015). Las imágenes son, entonces, de dos tipos: puntos (hacia afuera) o cruces (hacia dentro). Al alumno le queda como tarea imaginar la flecha.

En la propia figura 1 la imagen del lado izquierdo representa al campo magnético saliendo de la página, mientras que la imagen de la derecha representa al campo magnético que entra a la página.

Figura 1. Representación del campo magnético.



Fuente: Serway, R. A. (2015).

3.2. Actividad propuesta

En la primera parte de la experiencia inmersiva de aprendizaje, a los alumnos se les pide que con la herramienta de trazo (*stroke*), dibujen una flecha con punta y cola. En este entorno creado es posible observar el punto cuando la ponemos frente a nosotros y la cruz (o cola) cuando la ponemos apuntando hacia la habitación mostrada en la simulación. Además, podemos alejarla, acercarla y rotarla haciendo que la visualización de la dirección del campo magnético sea más significativa que en el pizarrón o en la diapositiva en donde tienen que imaginar la flecha. En la figura 2 se muestra la imagen de algunas de las posibles herramientas que se

pueden seleccionar dentro del *Gravity Sketch*, mientras que en la figura 3 se pueden observar ejemplos de flechas creadas por alumnos cuando la dirección del campo magnético es “saliendo de la página”.

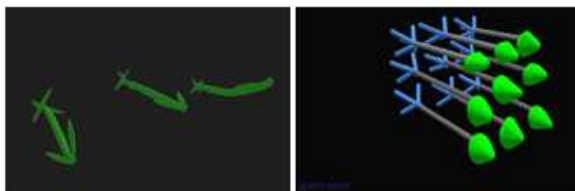
Figura 2. Herramienta de Trazo en Gravity Sketch.



Fuente: Quest, M. (29 de 09 de 2023). Meta Quest.

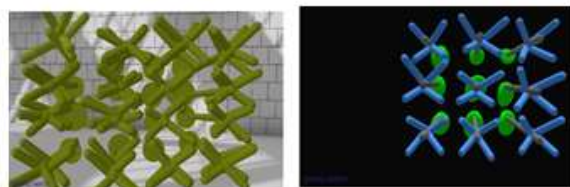
Los alumnos dibujaron flechas con un punto al inicio y una cola al final. En la figura 3 se puede observar el caso en el que la dirección del campo magnético es “saliendo de la página”, mientras que en la figura 4 se muestra el caso en el que la dirección es “entrando a la página”.

Figura 3. Dibujo de flechas realizado por alumnos en el Gravity Sketch.



Fuente: Elaborado por alumnos.

Figura 4. Dibujo de flechas realizado por alumnos en el Gravity Sketch.



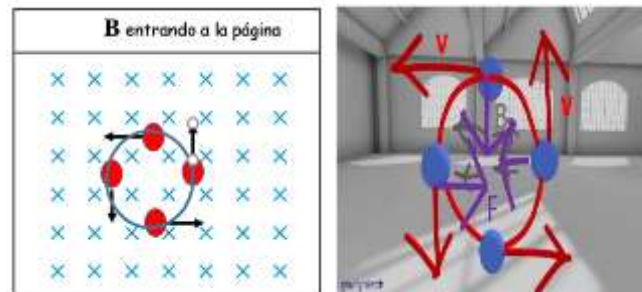
Fuente Elaborado por alumnos.

La segunda parte de la actividad consiste en aplicar la regla que se conoce como regla de la mano derecha, la cual es necesaria para determinar la dirección de la fuerza magnética, en el análisis de la trayectoria que experimentan las partículas cargadas (un protón, por ejemplo) cuando se encuentran en un campo

magnético. La trayectoria que siguen las partículas cargadas es circular y se les pidió que identificaran en el diagrama realizado en el *Gravity Sketch* la velocidad, fuerza magnética y el campo magnético como se muestra en la figura 5. En este entorno es posible apreciar significativamente que la dirección de la fuerza magnética siempre se dirige hacia el centro del círculo.

En la propia figura 5, a la izquierda se muestra la imagen de la situación solicitada en la actividad, y a la derecha se muestra un ejemplo de un dibujo realizado por los alumnos en el *Gravity Sketch*.

Figura 5. Carga en un campo magnético constante.



Fuente: Serway, R. A. (2015) y elaborado por alumnos.

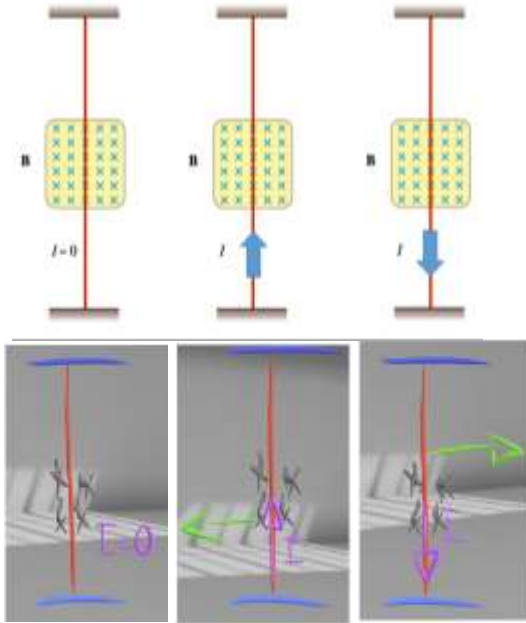
Como no todos tienen la misma habilidad para manejar el *Oculus Quest 2* y recibimos la recomendación de evitar utilizar el dispositivo por un tiempo prolongado, se dejó como opcional que plasmaran en el *Gravity Sketch* el análisis de la desviación que experimenta un alambre por el que circula corriente eléctrica. Aunque la actividad es por medio de dibujos realizados en el *Gravity Sketch* la facilidad de mover la imagen o rotarla logra una mejor comprensión de la desviación que experimenta un alambre conductor de electricidad cuando se encuentra inmerso en un campo magnético.

En la figura 6 se muestra un ejemplo del caso del alambre conductor que se encuentra en un campo magnético. Arriba se muestra la imagen de la situación solicitada en la actividad. Abajo se muestra un ejemplo de un dibujo realizado en el *Gravity Sketch*. La línea en color verde representa la dirección de la desviación del alambre.

3.3. Cuestionario

Después de terminar la actividad, los estudiantes respondieron dos cuestionarios de manera individual. El primero fue sobre la experiencia, cómo se sintieron y grado de satisfacción; mientras que el segundo se trató sobre un test de comprensión conceptual.

Figura 6. Corriente eléctrica circulando a través de un alambre.



Fuente: Serway, R. A. (2015) y elaborado por alumnos.

3.3.1. Cuestionario 1

Al inicio de la experiencia, algunos estudiantes mostraron inquietud y cierta incertidumbre, especialmente aquellos que nunca habían utilizado la realidad virtual. Sin embargo, a medida que avanzó el tiempo se familiarizaron con el entorno virtual propuesto en el *Gravity Sketch*, ganaron confianza y, según las opiniones expresadas por los propios alumnos, la experiencia resultó ser positiva. Las preguntas formuladas a los estudiantes fueron las siguientes:

1. Evaluación de Material y Recursos Tecnológicos

La evaluación de la idoneidad del material y los recursos tecnológicos para la clase reveló que la gran mayoría de los estudiantes expresaron una satisfacción cercana al 100%. Sin embargo, es relevante señalar que dos alumnos de 108 compartieron una perspectiva diferente. Aunque valoraron positivamente la actividad expresaron que el tiempo de utilización del dispositivo fue extenso y les generó sensación de mareo.

2. Impacto de la Realidad Virtual en el Proceso de Aprendizaje

Similar a la evaluación del material, las respuestas a la pregunta sobre si el uso de la realidad virtual contribuyó al proceso de aprendizaje también reflejaron una satisfacción casi unánime.

3. Satisfacción General con la Clase:

La pregunta sobre el grado de satisfacción general con la clase obtuvo respuestas mayoritariamente positivas, con la mayoría de los estudiantes expresando su aceptación por la dinámica y la utilidad de la realidad virtual en el contexto del curso.

4. Posibles Mejoras y Sugerencias:

En cuanto a la pregunta abierta sobre lo que podrían imaginar adicionalmente en la clase con el uso de realidad virtual, las respuestas fueron diversas, pero en su mayoría constructivas. Algunas de las sugerencias incluyen más movimiento en las actividades, más tiempo dedicado a dibujar y la posibilidad de realizar más ejercicios en grupo.

A continuación se presentan algunas de las respuestas sobre posibles mejoras y sugerencias:

"La verdad no sé, pero siento que está perfecto".

"Tener más movimiento en la actividad".

"Estuvo increíble poder plasmar lo visto en clase en algo real, definitivamente creo que enriquece mucho el curso".

"Más tiempo para dibujar".

"Se pudieron realizar más actividades de este tipo, más ejercicios en grupo quizás".

"Visualizar los fenómenos estudiados en clase ayuda a mejorar la comprensión que tengo de ellos".

"La clase fue entretenida y bastante didáctica".

"Estuvo muy interesante poder visualizar lo visto en clase por medio de imagen en 3D".

"Muy buena introducción al VR y buena actividad para propiciar el uso de dispositivos de realidad virtual".

"La actividad con realidad virtual me permitió aprender en base a la experiencia los conceptos algo abstractos de la clase".

"Me gustó mucho que pudimos aplicar conceptos más abstractos para entenderlos más fácilmente".

En conjunto, estas opiniones sugieren una recepción positiva hacia la realidad virtual con estudiantes reconociendo su valor en la aplicación práctica de conceptos y expresando interés en la continuación de actividades de este tipo.

Destacamos el comentario "Estuvo increíble poder

plasmar lo visto en clase en algo real, definitivamente creo que enriquece mucho el curso". Aunque el estudiante no lo mencionó explícitamente, durante la conversación que tuvimos con ellos después de la clase, nos comentó que tiene una mayor facilidad para recordar información cuando está vinculada a imágenes y colores, lo cual explica su disfrute particular de la actividad.

En relación con la sugerencia de "tener más movimiento en la actividad", nos indica una necesidad de movimiento. Es relevante señalar que se les permitió moverse libremente dentro del salón, con la única condición de no interferir en el espacio de otros estudiantes. Es posible que percibiera un mayor beneficio en su aprendizaje si la tarea implicara más movimiento.

Por otro lado, el estudiante que expresó el deseo de "tener más tiempo para dibujar" nos revela el desafío de manejar adecuadamente el control del dispositivo *Oculus Quest* y de las herramientas disponibles en el *Gravity Sketch* para llevar a cabo la actividad.

3.3.2. Cuestionario 2

Se les aplicó un test de dos preguntas, antes (pre-test) y después (post-test) de la actividad de aprendizaje con el fin de comparar si efectivamente fue una experiencia efectiva (significativa) o no. La primera pregunta tiene como objetivo evaluar si está clara la idea de la dirección del campo magnético cuando apunta "hacia adentro". En la primera pregunta se analizó el caso de un electrón que se mueve en un campo magnético como se puede apreciar en la figura 6. En la tabla 2 se comparan las respuestas (antes y después de la actividad).

Figura 6. Análisis de la trayectoria de un electrón cuando se encuentra en un campo magnético.

Un electrón se mueve hacia la izquierda de la hoja (pantalla), y entra a una región donde hay un campo magnético que se dirige hacia dentro de la página. ¿Cuál es la dirección de la desviación (fuerza magnética)?

- Hacia abajo
- Hacia la derecha
- Hacia arriba
- Ninguna de las anteriores

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 2, antes de la actividad de aprendizaje el 42% de los alumnos respondió que la dirección es hacia abajo. Esta respuesta sería la correcta para el caso de la partícula positiva (protón) que es la que se mueve dentro del campo magnético señalado en la pregunta. Suele ser

un error común reportar la dirección de la desviación como si el electrón tuviera carga positiva. La respuesta correcta para esta pregunta es la opción "hacia arriba". Como se puede apreciar en la tabla se incrementó significativamente este porcentaje. La mejoría en la experiencia del aprendizaje consiste en que, en una clase tradicional por medio de nuestra mano (regla de la mano derecha) y de la discusión grupal, responderíamos una pregunta de esta naturaleza, mientras que con el uso de la realidad virtual están observando frente a ellos esa conclusión. Lo que ellos imaginan lo pueden plasmar en el lienzo y hacer una comprobación que podemos discutir en el momento en que está ocurriendo el aprendizaje.

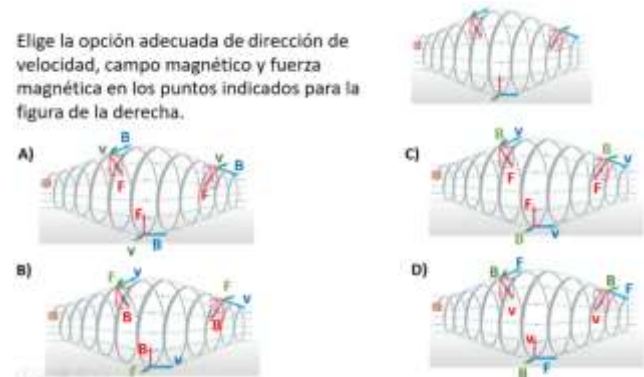
Tabla 2. Respuestas dadas por los alumnos a la pregunta de la figura 6

Respuestas	Pre-test (%)	Post-test (%)
Hacia abajo	41.8	36.1
Hacia la derecha	28.2	10.2
Hacia arriba	27.1	51.9
Ninguna de las anteriores	2.9	1.9

Fuente Elaboración propia.

La segunda pregunta está basada del libro de Física universitaria con Física Moderna de Young H.D. y Freedman R.A. (2013), la que se presenta en la figura 7.

Figura 7. Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético.



Fuente: Young, & H.D., R. F. (2013).

Cabe mencionar que la complejidad de la pregunta es mayor que la anterior, ya que el campo magnético no es uniforme. En esta situación, el campo magnético es producido por dos bobinas circulares que están separadas una cierta distancia. En la figura 7, se muestra la dirección del campo magnético, las líneas

que se muestran de izquierda a derecha, y se esperaba que identificaran que la fuerza magnética siempre se dirige al centro de la región. Después de la actividad se mejoró en la comprensión de la dirección de la fuerza magnética, ya que el 45% de los alumnos respondieron la opción a), que es la respuesta correcta. Sin embargo, aunque disminuyó el porcentaje de alumnos que eligieron la opción b), que es la opción donde se confunde la dirección de la fuerza magnética y del campo magnético, persiste la idea de confundir su dirección.

Tabla 3. Respuestas dadas por los alumnos a la pregunta planteada en la figura 7

Respuestas	Pre-test (%)	Post-test (%)
a)	18.3	45.4
b)	37.3	27.8
c)	27.7	18.5
d)	16.7	8.3

Fuente Elaboración propia.

Al comparar los resultados del pre-test y post-test podemos decir que la integración de la realidad virtual en el curso de Electricidad y Magnetismo se demuestra que tiene un impacto significativo en diversos aspectos del aprendizaje de los estudiantes. A través de la implementación y diseño de una actividad para mejorar la visualización y comprensión de conceptos abstractos en fenómenos físicos se observaron mejoras sustanciales en la comprensión e interpretación de fenómenos magnéticos.

Los resultados del diseño experimental pre-test y post-test revelaron una mejora cuantificable en la comprensión de la dirección del campo magnético y fuerza magnética. Este hallazgo se respalda con las respuestas cualitativas recopiladas a través del cuestionario, donde los estudiantes expresaron un aprecio notable por la dinámica y utilidad de la realidad virtual en el contexto del curso.

La percepción general de los estudiantes sobre la integración de la realidad virtual fue mayormente positiva, destacando la experiencia como enriquecedora y significativa para su aprendizaje. Los comentarios cualitativos indicaron que la realidad virtual no solo mejoró la comprensión conceptual, sino que también contribuyó a una experiencia de aprendizaje más profunda e interactiva.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación exploramos el impacto de la realidad virtual en el curso de Electricidad y Magnetismo, centrándonos en la mejora de la comprensión de conceptos específicos y la interpretación de fenómenos magnéticos. La participación activa de 108 estudiantes de diversas carreras de ingeniería proporcionó una valiosa perspectiva.

Los resultados obtenidos revelaron una mejora sustancial en la comprensión de la dirección del campo magnético y la interpretación adecuada de la fuerza magnética después de la implementación de la realidad virtual. Estos hallazgos respaldan la idea de que la integración de la realidad virtual en este contexto específico contribuye significativamente a la comprensión de conceptos clave.

Además, el cuestionario de satisfacción reveló una respuesta entusiasta por parte de los estudiantes hacia la realidad virtual. Expresaron aprecio por la utilidad de esta tecnología en la visualización de conceptos abstractos en 3D, destacando su impacto positivo en la experiencia de aprendizaje.

En conclusión, los datos recopilados sugieren que la realidad virtual no solo mejora la comprensión de conceptos específicos de Electricidad y Magnetismo, sino que también enriquece la experiencia de aprendizaje y fomenta la participación activa de los estudiantes. Este enfoque emerge como una herramienta valiosa para la enseñanza de conceptos complejos y fortalecer el compromiso e involucramiento de los estudiantes en este ámbito académico.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, T. T. (2014). A multiple intelligences theory-based 3D virtual lab environment for digital systems teaching. *Procedia computer science*, 29, 1413-1422.
- Anaeto, F. C. (2016). The roles of science and technology in national development. *Direct Research Journal of Social Science and Educational Studies*, 3(3), 38-43.
- Aquines Gutiérrez, O. G.-H. (2022). Assisted Discovery Based Learning of the Electric Force with Scaffolding for Novice Students. *Education Sciences*, 12(4), 269.
- Benítez Lima, M. G. (2014). Efecto de la aplicación de una estrategia de comprensión de lectura en un entorno virtual. *Revista electrónica de*

- investigación educativa*, 16(3), 71-87.
- Cantú-Martínez, P. C. (2019). Ciencia y tecnología para un desarrollo perdurable. *Economía y Sociedad*, 24(55), 92-112.
- Carruth, D. W. (2017). Virtual reality for education and workforce training. *5th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, IEEE, 1-6.
- Cecilia, P. M. (2016). Paradigmas de interacción persona-ordenador en el ámbito de la educación y la educación especial: avances del proyecto y resultados. *Universidad Nacional de La Plata*, 1020-1025.
- Chavarría-Garza, W. X.-G.-I.-G. (2022). Assessment of multiple intelligences in first-year engineering students in northeast Mexico. *Sustainability*, 14(8), 4631.
- Christian, W., & Esquembre, F. (2007). Modeling physics with easy java simulations. *Phys. Teach.*, 45, 475-480.
- Chung, S. J. (2023). Comparison of visitor experiences of virtual reality exhibitions by spatial environment. *International Journal of Human-Computer Studies*, 103145.
- Fabris, C. P. (2019). Virtual reality in higher education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(8).
- Finkelstein, N. D. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical review special topics-physics education research*, 1(1), 010103.
- Fussell, S. G. (2020). Preliminary results of a study investigating aviation student's intentions to use virtual reality for flight training. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 7(3), 2.
- Georgiou, Y. T. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. *Education Tech Research Dev*, 69 3051-3080.
- Gibson, A. y. (2018). Virtual reality as a travel promotional tool: Insights from a consumer travel fair. En T. t. Jung, *Augmented reality and virtual reality: Empowering human, place and business* (págs. 93-107). Springer, Cham.
- Granados, L. S. (2013). Ambiente virtual 3D para niños con síndrome de Down para el desarrollo de habilidades de lectura y escritura. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (40), 84-95.
- Haertel, H. C. (1995). Conceptual Learning of Science. *Design and Production of Multimedia and Simulation-Based Learning Material Dordrecht: Springer Netherlands.*, 189-217.
- Hernández-de-Menéndez, M. V.-M. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13, 947-966.
- Hillmann, C. (2019). *Unreal for mobile and standalone VR: Create Professional VR apps without coding*. Singapore: Apress.
- Huang, H. M. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171-1182.
- Jeffs, T. L. (2010). Virtual reality and special needs. *Themes in science and technology education*, 2(1-2), 253-268.
- Lányi, C. S. (2006). Virtual reality in special needs early education. *The International Journal of Virtual Reality*, 5(4), 55-68.
- Lin, T. J. (2015). Language learning in virtual reality environments: Past, present, and future. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 486-497.
- Maldonado, J. G. (2002). Aplicaciones de la realidad virtual en psicología clínica. *Aula médica psiquiátrica*, 4(2), 92-126.
- Marougkas, A. T. (2023). Virtual reality in education: a review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics*, 12(13), 2832.
- Martinez, W. (2018). How science and technology developments impact employment and education. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(50), 12624-12629.
- Mendoza, G. A. (2023). Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360° en educación superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (84), 35-51.
- Menin, A. T. (2022). The effects of VR in training simulators: Exploring perception and knowledge gain. *Computers & Graphics*, 102, 402-412.

- Mihelj, M. P. (2012). Introduction to virtual reality. *Haptics for Virtual Reality and Teleoperation*, 1-33.
- Moore, E. B. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 257-268.
- Moreno Martínez, N. M. (2020). Realidad aumentada y realidad virtual para la creación de escenarios de aprendizaje de la lengua inglesa desde un enfoque comunicativo. *Didáctica, innovación y multimedia*, (38).
- Multiplataforma, Newtondreams. (09 de 29 de 2023). *Newtondreams*. Obtenido de <https://www.newtondreams.com/>
- Nascivera, N. e. (2018). Virtual Empathy: the added value of virtual reality in psychotherapy. In *2018 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, IEEE, 000321-000326.
- Potkonjak, V. G. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Quest, M. (29 de 09 de 2023). *Meta Quest*. Obtenido de <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>
- Ren, W. (2021). Research on the Method of Landscape Creation Based on Virtual Reality. *Journal of Physics: Conference Series IOP Publishing*, 1982(1), 012173.
- Rivero, P. (2011). La arqueología virtual como fuente de materiales para el aula. *Íber, Didáctica de las ciencias sociales, geografía e historia*, (68), 17-24.
- Rocha, A. B. (2019). MECHLAB: Sistema de realidad virtual para la capacitación de estudiantes en el manejo de equipo industrial. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 11(1), 81-86.
- Rubio-Tamayo, J. L. (2017). Immersive environments and virtual reality: Systematic review and advances in communication, interaction and simulation. *Multimodal technologies and interaction*, 1(4), 21.
- Sener, S. y. (2018). An Investigation between Multiple Intelligences and Learning Styles. *Journal of Education and Training Studies*, 6(2), 125-132.
- Serway, R. A. (2015). *Física para ciencias e ingeniería*, vol. 2. México: Cengage Learning.
- Simulations, PhET. (29 de 09 de 2023). Interactive Simulations. *University of Colorado at Boulder*. Obtenido de <http://phet.colorado/>
- Sketch, Gravity. (2023). Gravity Sketch User Guide. disponible en: <https://help.gravitysketch.com/hc/en-us>.
- Smith, P. C. (2015). The effects of virtual reality simulation as a teaching strategy for skills preparation in nursing students. *Clinical Simulation in Nursing*, 11(1), 52-58.
- Srimadhaven, T. A. (2020). Learning analytics: Virtual reality for programming course in higher education. *Procedia Computer Science*, 172, 433-437.
- Torres, C. E. (2019). Los entornos de aprendizaje inmersivo y la enseñanza a ciber-generaciones. *Educação e Pesquisa*, 45, e187369.
- Tsai, M. (2016). Research on Multiple Intelligences of Junior High School Students with Different Background Variables. *Journal of Modern Education*, 6(1), 10-18.
- Van Goethem, S. W. (2020). The use of immersive technologies for concept design. *Advances in Usability, User Experience, Wearable and Assistive Technology: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conferences on Usability and User Experience, Human Factors and Assistive Technology, Human Factors and Wearable Technologies, and Virtual Envi* (698-704). USA: Springer International Publishing.
- Vergara, D. E. (2019). Meaningful learning through virtual reality learning environments: A case study in materials engineering. *Applied Sciences*, 9(21), 4625.
- Ververidis, D. N. (2022). A review of collaborative virtual reality systems for the architecture, engineering, and construction industry. *Architecture*, 2(3), 476-496.
- Winkelmann, K., Keeney-Kennicutt, W., Fowler, D., Lazo Macik, M., Perez Guarda, P., & Ahlborn, C. (2020). Learning gains and attitudes of students performing chemistry. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 620-634.
- Yavich, R. y. (2020). Multiple Intelligences and Success in School Studies. *International Journal of Higher Education*, 9(6), 107-117.

Young, & H.D., R. F. (2013). Física universitaria con Física Moderna, vol. 2. México: Pearson.