



Realidad extendida:

Nuevas tecnologías en la mejora de la docencia

Pedro Luis Castro Alonso (Coord.)

||| EBOOK



ULPGC
ediciones

**Realidad extendida:
Nuevas tecnologías en la mejora
de la docencia**

COLECCIÓN

Via Docendi

Director de la colección: David de la Cruz Sánchez Rodríguez (ULPGC)

Comité Científico-Asesor:

Jesús Bernardino Alonso Hernández (ULPGC)

Carlos Manuel Travieso González (ULPGC)

José Miguel Canino Rodríguez (ULPGC)

Antonio Ravelo García (ULPGC)

Santiago Tomás Pérez Suárez (ULPGC)

Patricia Arnaiz Castro (ULPGC)

José Juan Castro Sánchez (ULPGC)

Agustín Sánchez Medina (ULPGC)

Comité Científico-Evaluador:

Aída María De Vicente Domínguez (UMA); Alberto Pedrouzo Ulloa (UVigo); Alejandro Álvarez Nobell (UMA); Alejandro Suárez-Bonnet (RVC); Alex Fernández Muerza (UPV/EHU); Almudena Muñoz Gallego (UCM); Ana Filipa Martins, Universidade di Algarve (UALg); Ana Gimeno Sanz (UPV); Ana Sánchez Rodríguez (UVigo); Ángel Mario García Pedrero (UPM); Antonio Fernández (UVigo); Aránzazu Berbey Álvarez (UTP); Beatriz Rodríguez Díaz (UMA); Daniela Musicco Nombela (UFV); Elena del Pilar Jiménez (UMA); Fábio Mendonça (ULisboa); Federico Padrón Martín (ULL); Francisco Javier Ruiz del Olmo (UMA); Francisco Siles Canales (UCR); Francisco Vargas Bonilla (UDEA); Gema A. Castillo Sánchez (UTP); Gema María Lobillo Mora (UMA); Humberto Álvarez Alvarado (UTP); Ignacio Marín-García (ESPOL); Isabel De La Torre Diez (UVa); Javier Dóniz-Páez (ULL); Jesús Balado Frías (UVigo); Jordi Solé-Casals (UVic); Jorge Arroyo Hernández (UNA); José Luis Vázquez Núñez (UCR); José María Santos Rovira (ULisboa), Portugal; José Muñoz Jiménez (UMA); Leonel Ruiz Miyares (CLA); Lucía Díaz Vilariño (UVigo); Marcos Faundez Zanuy (UPC); María del Carmen Blanco Arana (UMA); María Del Cristo Adrián De Ganzo (ULL); Miguel Vizcard (UNSA); Miren Karmele López de Ipiña Peña (UPV/EHU); Neus Lagunas Vila (UNL); Nora Barroso Moreno (UPV/EHU); Patricia Chavez-Burbano (ESPOL); Pedro Gómez Vilda (UPM); Pilar María Calvo (UPV/EHU); Rodrigo do Espírito Santo da Cunha (UMA); Ruth Martínón Quintero (ULL); Stéphanie García-Senín (UOC); Xana Álvarez Bermúdez (UVigo); Xavier Cufi (UdG).

Contacto:

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Edificio de Electrónica y Comunicación. Ingeniería Telemática.

35017 Las Palmas de Gran Canaria

viadocendi@ulpgc.es



VIA DOCENDI
Colección de Innovación Educativa **•5**

Realidad extendida: Nuevas tecnologías en la mejora de la docencia

Pedro Luis Castro Alonso
(Coord.)



ULPGC
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria | Servicio de
Publicaciones y
Difusión Científica

2024

REALIDAD extendida [Recurso electrónico] : nuevas tecnologías en la mejora de la docencia / Pedro Luis Castro Alonso (Coord.) ; [Alicia Martínez-González ... et al.]. -- Las Palmas de Gran Canaria : Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Servicio de Publicaciones y Difusión Científica, 2024

1 archivo PDF (164 p.). -- (Via Docendi ; 5)

ISBN 978-84-9042-546-6

1. Enseñanza – Innovaciones 2. Tecnología educativa 3. Educación – Informática
I. Castro Alonso, Pedro Luis, coord. II. Martínez-González, Alicia, coaut. III. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ed. IV. Serie

371.3:004

Thema: JNF, JNV

Colección *Via Docendi*

Director: David de la Cruz Sánchez Rodríguez

Grupo de Innovación Educativa en Aplicaciones Tecnológicas para la enseñanza de las TIC (ATETIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

© de los textos: los autores

© de la ilustración de la portada y logotipos de la colección: Smara Alonso Martín

© de la edición: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Servicio de Publicaciones y Difusión Científica
<https://spdc.ulpgc.es/> • serpubli@ulpgc.es

Primera edición electrónica [archivo PDF]:
Las Palmas de Gran Canaria, 2024

ISBN: 978-84-9042-546-6

DOI: <https://doi.org/10.20420/1786.2024.745>

Producción:

Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria



Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional



Producido en España. *Produced in Spain*

Cualquier forma de explotación de esta obra, en especial su reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar, escanear, distribuir o poner a disposición algún fragmento de esta obra (www.cedro.org; 91 702 19 70 / 93 272 04 45).

Índice

Presentación	7
1. Matemáticas en 3 años: efecto de fichas versus respuestas inalámbricas	9
Alicia Martínez-González, Verónica Vitores Morquillas	
2. La Realidad Aumentada como herramienta para el aprendizaje de la geometría 3D en el tercer ciclo de Primaria	44
Alejandro Santana Sánchez, Eduardo Gregorio Quevedo Gutiérrez	
3. Enfermos Virtuales para las Prácticas Clínicas de Estudiantes del Grado de Medicina en Procedimientos Mínimamente Invasivos	69
Y. Cabrera, M. Maynar, D. Melián, M.A. Rodríguez-Florido.	
4. Itinerarios urbanos con smartphones: alumnado de secundaria aprendiendo por mediación de la realidad aumentada	93
Juan-Francisco Álvarez-Herrero, José Hernández-Ortega	
5. Propuesta de implementación de Laboratorios Docentes Remotos Virtuales para la mejora de la Educación en Ingeniería de los Procesos de Fabricación.....	112
Paula González-Suárez, José Alejandro González-Medina, Pedro Manuel Hernández-Castellano, Roberto Elías Araña Suárez	
6. Aula Inmersiva De Aprendizaje (AIDA): Experiencia Práctica de Uso del Metaverso en Ciencias de la Salud	143
M.A. Rodríguez-Florido, M. Maynar, B. Mompeó, C. Sosa, S. Sacchini, C.N. Hernández-Flores, J.A. Ramírez, P. L. Castro	

Presentación

La tarea de educar es un desafío constante. Actualmente, estamos viviendo transformaciones educativas sin precedentes, evidenciadas por la incorporación de entornos de educación virtual. Esta modalidad se caracteriza por ser una estrategia pedagógica centrada en la administración de recursos, contenidos y dinámicas de aprendizaje significativo, orientada hacia el estudiante y su participación interactiva en un entorno no presencial. Las tecnologías educativas emergentes se presentan como herramientas fundamentales para potenciar, mejorar y facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

La realidad extendida (XR) abarca la combinación de elementos virtuales y reales, cubriendo el espectro de tecnologías inmersivas recientes, como la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta. La Realidad Virtual (RV) crea entornos con escenas y objetos de apariencia real, generados mediante tecnología informática, que sumergen al usuario y le hacen sentir completamente inmerso. Este efecto se logra a través de dispositivos como gafas o cascos de Realidad Virtual. La RV permite experimentar videojuegos como si fuéramos los protagonistas, aprender procedimientos médicos, como intervenciones quirúrgicas, o mejorar la calidad de los entrenamientos deportivos. Además, estas experiencias pueden ofrecerse y utilizarse a distancia.

La realidad aumentada (RA) superpone imágenes al entorno real, mezclando elementos reales y virtuales. Los estímulos generados digitalmente reproducen la realidad de manera directa, eliminando la necesidad de imaginar después de leer una lección o visualizar gráficamente una situación de aprendizaje. Toda la carga cognitiva se enfoca en el aprendizaje específico de la información. Las lecciones impartidas mediante un entorno de realidad virtual pueden retenerse varias veces mejor que con métodos tradicionales de enseñanza. Este aumento se basa en la participación activa y la estimulación combinada de circuitos cognitivos, sensoriales e incluso emocionales simultáneamente, consolidando rápidamente los circuitos neuronales implicados

en la configuración del conocimiento y la formación de memorias. La investigación y la docencia universitaria están cada vez más vinculadas a herramientas visuales o audiovisuales para usar, transmitir o intercambiar información eficientemente. Las generaciones más recientes tienden a interactuar visual y audiovisualmente.

Pedro Luis Castro Alonso

Matemáticas en 3 años: efecto de fichas versus respuestas inalámbricas

1

Alicia Martínez-González^a
Verónica Vitores Morquillas^b

Departamento Didácticas Específicas, Facultad de Educación, Universidad de Burgos^a
Facultad de Educación, Universidad de Burgos^b
aliciamg@ubu.es; veronicavitores@gmail.com

Resumen:

Diferentes estudios han valorado ventajas y desventajas de las nuevas tecnologías en educación incluyendo realidad aumentada, realidad virtual y otras herramientas interactivas. Sigue existiendo controversia respecto a su uso a edades tempranas, en particular, faltan estudios que cuantifiquen su funcionalidad en el desarrollo de la competencia matemática en 3 años. El objetivo de esta investigación es comparar el uso de mandos de respuesta inalámbrica frente al desarrollo de fichas matemáticas en un aula de 22 estudiantes de 3 años. La pionera intervención se desarrolla en 8 sesiones de matemáticas de la metodología “EMAT” utilizando mandos a distancia tipo clickers después de completar cada hoja de ejercicios para consolidar los conceptos abordados. La efectividad de esta herramienta fue evaluada mediante el análisis del cumplimiento de cinco criterios. Los clickers demostraron ser eficaces para reforzar los contenidos, con un nivel de precisión comparable al de las hojas de ejercicios. Tanto estudiantes como profesorado experimentaron un aumento en la motivación y mostraron un alto grado de satisfacción. En particular, algunos alumnos con dificultades encontraron la experiencia con clickers especialmente beneficiosa.

Palabras clave:

TIC; Clickers; Turning Point; Educación Infantil; educación matemática; fichas.

1. Introducción

Las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han logrado conquistar todos los ámbitos de nuestra vida incluido el de la educación. Según Journal y Issn (2019), hemos alcanzado un nuevo paradigma educativo donde los maestros deben atender las demandas sociales de un mundo globalizado, multicultural e interconectado. Las tecnologías digitales pretenden establecer nuevas vías de comunicación en el sector educativo, optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje (E-A) y administrar eficientemente los centros educativos. Los clickers se emplean como herramientas de apoyo en las asignaturas.

En la actualidad existe una gran cantidad y variedad de herramientas TIC en educación y muchas de ellas tienen una potente relación con las matemáticas. Aulaplaneta publicó ya en su web en 2015 “25 herramientas para enseñar matemáticas con las TIC”. En general, la comunidad educativa está asimilando las TIC como un aliado dentro del aula de matemáticas con herramientas como: Jump Math, ábacos on-line, GeoGebra, Diedrom, Wiris, Buzzmath... Otros recursos no son específicos de matemáticas, pero también muestran diferentes ventajas, es el caso de kahoot, socrative, scape rooms o sistemas de respuesta personalizada.

La “Realidad Extendida” engloba tecnologías como la realidad aumentada, la realidad virtual, realidad mixta y otras herramientas interactivas. Estas realidades se están usando exponencialmente debido al continuo desarrollo de las interacciones humano-máquina, cuya connotación está en continua evolución. La Realidad Extendida busca fomentar la interactividad y el compromiso del estudiante, lo que puede traducirse en una mayor retención de conocimientos y una mejor comprensión de los conceptos. En este contexto, la “Realidad Extendida” transforma el proceso de enseñanza tradicional al permitir una retroalimentación inmediata y un aprendizaje más personalizado y atractivo.

Los clickers son dispositivos electrónicos de respuesta personalizada parecidos a mandos de televisión. Transmiten al ordenador las respuestas a las cuestiones realizadas de modo instantáneo (Marrero, 2011). Cuentan con un receptor USB y el software Turning Point recoge las respuestas por radiofrecuencia del alumnado. En este sentido, podemos incluir a los clickers como herramientas de realidad mixta (y por tanto de Realidad Extendida) pues complementan la información de manera virtual con el control y conocimiento de un entorno real.

Alsina (2006) señala que uno de los requisitos esenciales para la infancia es usar herramientas técnicas que permitan simular situaciones, que deben abordarse mediante el diseño de actividades. Después de asegurar la experimentación y manipulación, Alsina sugiere reconocer la importancia del uso social de las TIC.

Debemos prestar especial atención al juego que es una de las actividades más necesarias en educación infantil: con él se desarrollan, aprenden e interactúan. Es esencial diseñar un enfoque educativo que sea activo, dinámico y cooperativo, integrando el juego y el autoaprendizaje. Labrador y Andreu (2008) afirman que las metodologías activas permiten a los alumnos generar conocimientos y aplicarlos de manera integral en diversos aspectos de la vida. Woolfolk (2010) complementa esto señalando que tales metodologías ayudan a los estudiantes a desarrollar conocimientos versátiles que pueden utilizar en diferentes situaciones. Esta investigación propone el uso de las TIC como herramientas para alcanzar estos objetivos.

Todo ello implica mejorar de manera progresiva la calidad de la educación, también la educación infantil. A pesar de haberse realizado menos investigación en esta etapa, existen ejemplos de estudios que promueven la evaluación de la capacidad de enseñanza de la matemática en maestras de infantil en formación o que proponen medidas para cuantificar la calidad de la instrucción de matemáticas en edades tempranas (Ayarza et al., 2022; Cerezci, 2020). En cualquier caso, el estudio de (Martínez-González, 2023a) pone de manifiesto la heterogeneidad en la formación permanente ofrecida por las CCAA al profesorado de matemáticas.

Existe cierto consenso en que resulta beneficioso el uso responsable de las TICS en los niveles altos de educación (secundaria y universidad) pero se mantiene una incertidumbre sobre los posibles efectos positivos en primaria y, especialmente en infantil. Los clickers, y otros recursos parecidos, han sido utilizados frecuentemente en diversas etapas de la educación superior, especialmente en universidades a nivel mundial. No obstante, hay pocos estudios que documenten el uso de clickers en la educación primaria, y prácticamente no existen investigaciones sobre su aplicación en la educación infantil.

Se desconoce si el alumnado de 3 años es capaz de entender el manejo de estos mandos en un contexto de un problema matemático y si su uso puede fomentar el aprendizaje. No se sabe si realizan más fácilmente las tareas matemáticas a través de clickers o a través de fichas de trabajo o si los clickers pueden ayudar a captar su atención y su participación. De ahí la importancia

de innovar e investigar sobre la incorporación de las TIC, en este caso, clickers en aulas de educación infantil.

Este estudio busca evaluar la efectividad de los clickers como una herramienta de realidad mixta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de matemáticas para niños de 3 años en el primer curso del segundo ciclo de Educación Infantil y plantea los siguientes objetivos:

- Validar el uso de dispositivos de respuesta remota (tipo clickers) en 3 años.
- Reforzar contenidos matemáticos a través de clickers.
- Comparar el acierto en matemáticas del alumnado usando clickers y fichas.
- Analizar el grado de satisfacción del alumnado al usar clickers.
- Atender las necesidades de los docentes y estudiantes, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A), por ejemplo, fomentando la participación.

2. Marco teórico

La Realidad Extendida abarca tecnologías como la realidad aumentada y la realidad virtual, las cuales han demostrado potencial en entornos educativos para mejorar la interactividad y el compromiso del alumnado.

Algunas ventajas del uso de la Realidad Extendida son:

1. **Aumento de la Motivación** de los estudiantes, la naturaleza inmersiva y visualmente atractiva de estas tecnologías capta la atención de los niños, haciendo que el aprendizaje sea más entretenido y participativo (Cheng & Tsai, 2013).
2. **Mejora de la Comprensión Espacial y Visual:** ayuda a comprender conceptos abstractos mediante visualizaciones en 3D lo que es especialmente beneficioso en educación infantil, aún están desarrollando habilidades cognitivas básicas (Bacca et al., 2014).
3. **Interactividad y Participación Activa:** fomenta la interacción en el aula. Los estudiantes pueden manipular objetos virtuales, explorar entornos simulados y recibir retroalimentación inmediata, similar a la dinámica que ofrecen los **Clickers** (Dünser et al., 2012).

Algunos inconvenientes del Uso de Realidad Extendida:

1. **Costo y Accesibilidad:** Al igual que los Clickers, pueden ser costosas y requieren una inversión significativa en hardware y software. Esto puede limitar su implementación en aulas con recursos limitados (Wu et al., 2013).
2. **Preparación y Formación del Docente:** La efectividad de estas tecnologías depende en gran medida de la competencia del docente en su uso. La falta de formación específica puede resultar en una implementación ineficaz, un problema compartido con el uso de Clickers (Huang et al., 2019).
3. **Distracción Potencial:** Si no se utiliza adecuadamente, la Realidad Extendida puede distraer a los estudiantes de los objetivos educativos, centrándose más en el aspecto lúdico que en el contenido de aprendizaje (Radu, 2014).

De modo similar, proponemos una recopilación de aquellos aspectos positivos y negativos del uso de dispositivos de Clickers en educación. Se identifican 20 experiencias cuyos criterios de selección quedan detallados en (Martínez-González, 2023b). La mayoría se llevaron a cabo en aulas universitarias o en cursos de nivel superior, siendo escasas las realizadas en aulas de educación primaria y nulas en educación infantil. La Figura 1 resume la información a través de un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

	ASPECTOS NEGATIVOS	ASPECTOS POSITIVOS
ANÁLISIS INTERNO	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -Inexperiencia del instructor o alumnado. Más tiempo de preparación de clases -Dificultades técnicas con los mandos o software causan retrasos en clase. -El anonimato no permite evaluar. -Las respuestas cerradas no profundizan en el razonamiento. 	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -El anonimato permite contestar sin miedo al juicio -Feedback instantáneo para autocorregirse, aporta autonomía y responsabilidad motivando su estudio. -Clases más dinámicas = participación activa. -Útil, innovadora, gratificante, estimuladora y divertida. -Aprendizaje nuevo activo y colaborativo. -Herramienta flexible empleable en diferentes asignaturas y cursos. -Más aprobados, mejores notas y más atención del alumnado. -Fomentan la asistencia y prepara para el examen.
ANÁLISIS EXTERNO	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coste (gasto puntual sin mantenimiento específico). -Alumnado no implicado o motivado -Si se convierten en recurso habitual, podría causar aburrimiento, desinterés o falta de motivación. 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fomenta razonamiento y autoevaluación sin influencias. -Reduce el riesgo de abandono, mejora la comunicación. -Oportunidad para el profesorado para formarse en TIC. -Posibilidad de investigaciones longitudinales para monitorear el proceso de E-A (almacena y analiza datos). -Promueve la ruptura con la enseñanza tradicional para adaptarse más a la que entendemos en el siglo actual. -La integración adecuada de las TIC ayuda a adquirir habilidades para triunfar en el contexto de aprendizaje. Las TICs hacen más significativa y divertida la E-A.

Figura 1. Análisis DAFO del uso de clickers de los 20 artículos seleccionados (Alvarez, et al., 2013; Blasco-Arcas, et al., 2013; Bunce, et al., 2010; Caldwell, 2007; DeSorbo, et al., 2013; Escudero, 2014; Fernández, 2016; López Solera, et al., 2019; Manzano, et al., 2016; Marrero, 2011; Martyn, 2007; Mayer, et al., 2009; Perea-Moreno, et al., 2017; Rey, 2016; Ribbens, 2007; Rodríguez Martínez, et al., 2018; Terán, et al., 2011; Vázquez Abá-solo, 2013; Vital, 2012; Wang, et al., 2014).

El análisis DAFO presenta debilidades como la falta de experiencia del docente; amenazas recurrentes en distintos artículos, como el costo de los dispositivos; fortalezas comunes como la participación anónima, la retroalimentación instantánea, la dinámica y motivación que aporta, y oportunidades como mejorar la comunicación entre profesorado y alumnado, o extender la metodología a otras áreas y cursos.

3. Metodología

3.1. Tamaño de la muestra

El grupo lo formó 22 estudiantes, 13 niñas y 9 niños del primer curso de Educación Infantil y la mayoría tiene 3 años. Ninguno presenta necesidades educativas especiales.

3.2. Programa didáctico-pedagógico de matemáticas del centro

El colegio utiliza el programa educativo desarrollado por TEKMAN EDUCATION conocido como EMAT. Esta metodología se fundamenta en la Teoría de las Inteligencias Múltiples y emplea el juego como principal estrategia de enseñanza de las matemáticas. Una de las ventajas destacadas del método es su enfoque en espiral, que se adapta al desarrollo cognitivo de los estudiantes y permite consolidar los conceptos matemáticos de manera progresiva cada año. Típicamente, cada sesión acaba con una ficha de trabajo para repasar lo aprendido.

3.3. Objetivos didácticos relacionados con matemáticas

Se pretende que alcancen los objetivos didácticos relacionados con matemáticas:

- Reconocer figuras geométricas (círculo, cuadrado y triángulo)
- Continuar una serie lógica.
- Decidir si un elemento pertenece a una colección.
- Reconocer los trazos y su direccionalidad para escribir el número cuatro.
- Desarrollar la orientación espacial.
- Diferenciar conceptos relativos a la longitud como “largo”, “corto”, “alto” y “bajo”, y a la posición como “cerca” y “lejos”.
- Mejorar la habilidad visual y la capacidad de concentración.
- Incentivar la destreza mental en el conteo.
- Establecer la conexión entre la representación gráfica de los números y su correspondiente cantidad.
- Emplear los números del uno al diez para realizar conteos.

3.4. Temporalización

La propuesta de intervención queda dividida en tres fases: pre-intervención (antes de la sesión 1), intervención (sesión 1 a sesión 8) y post-intervención (al finalizar la sesión 8).

Realizamos la pre-intervención el primer día, antes de utilizar Turning Point. Se realiza una entrevista a la maestra del aula y la maestra explica al alumnado las 5 normas de funcionamiento del mando.

La intervención es la fase principal y tiene lugar en el aula con el alumnado trabajando contenidos matemáticos con Clickers o con fichas. Consistirá en 8 sesiones a lo largo de dos semanas, 4 sesiones por semana de lunes a jueves con una duración de 15-20 minutos cada una. La intervención comienza el lunes de la semana 1 y termina el jueves de la semana 2. Los días 8, 9, 10 y 11 corresponden a las sesiones 5, 6, 7 y 8 de la intervención. La figura 2 refleja la temporalización del proyecto.

La post-intervención se lleva a cabo el último día (día 11), tras haber terminado las 8 sesiones de uso de Clickers y sus fichas asociadas. Se realiza una encuesta de satisfacción del alumnado y una entrevista post-intervención a la maestra.

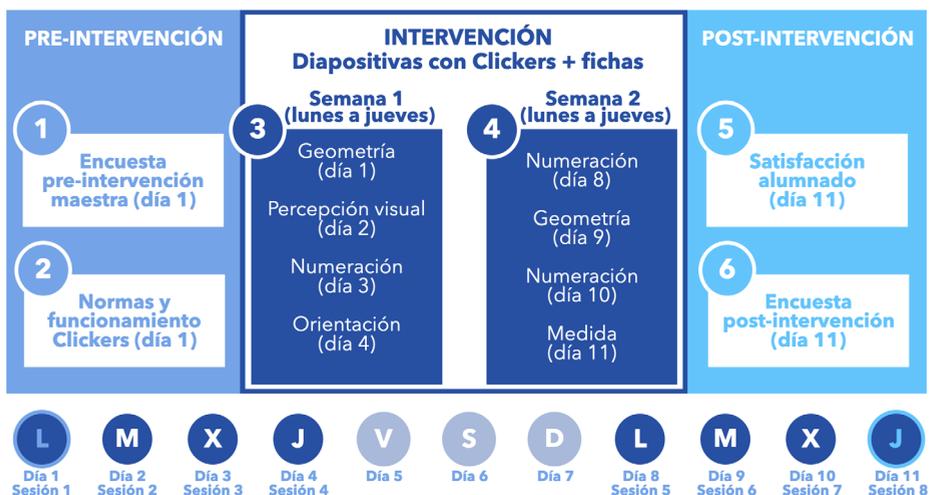


Figura 2. Esquema de la propuesta llevada a cabo en 1º de educación infantil.

3.5. Contenidos didácticos relacionados con matemáticas

Para los días de intervención se toman los contenidos del currículum relacionados con matemáticas acordes con la programación del aula designada por la maestra. La sesión 1 se dedica a geometría; la sesión 2 a percepción visual, las sesiones 3, 5 y 7 a numeración; las sesiones 4 y 6 a orientación espacial; y la sesión 8 a medida.

3.6. Diseño de la intervención

Para diseñar la propuesta con clickers, se han considerado los artículos analizados en el metaanálisis desarrollado en (Martínez-González, 2023b). Por ejemplo, Caldwell, J. E. (2007) aconseja planificar un tiempo de discusión para responder dejando que el alumnado aprenda de sus iguales y tenga momentos de reflexión.

La maestra comienza las sesiones de matemáticas con una introducción en asamblea. Posteriormente realiza juegos relacionados con contenidos matemáticos a trabajar ese día. Tras la manipulación, comunicación y experimentación realizan las fichas del programa Entusiasmat (EMAT) para fijar y reforzar lo aprendido. Después de completar la sesión de EMAT, realizamos la intervención con una presentación tipo Power Point. Point que muestra diferentes preguntas a responder individualmente usando clickers. Al comienzo de cada intervención se recuerda al alumnado: (i) el mando se coge con una mano y se prepara el dedo índice de la otra, (ii) sentarse bien, no molestar al compañero, evitar que el mando se caiga, (iii) utilizar sólo los botones de la primera fila y (iv) los botones de las posibles respuestas, escribiendo las A, B y C en la pizarra e identificándolas en cada mando.

Se responde a preguntas relacionadas con contenidos matemáticos abordados ese día. Por tanto, se emplean las TIC en las 8 sesiones de intervención a través de Clickers para fomentar la participación activa, ofrecer feedback inmediato, integrar TIC en el aula y realizar evaluaciones continuas. Al emplear esta metodología, creamos un entorno de aprendizaje interactivo y dinámico que promueve un mayor compromiso y comprensión por parte de los estudiantes en el área de matemáticas siguiendo la metodología propuesta en Alsina (2006).

Turning Point es la aplicación usada para incluir preguntas y respuestas interactivas en la presentación de Power Point. Tras la votación, se muestran los gráficos de barras con los porcentajes del alumnado que pulsó cada botón y

se da a conocer la respuesta correcta. Se genera un diálogo entre maestra y alumnado para fomentar el razonamiento y la autocorrección tan duradero como se necesite. Clickers y Turning Point siguen una metodología activa, en la que todo el alumnado participa en su proceso de E-A, y donde recibe un feedback instantáneo que permite autocorregirse.

Las preguntas de las presentaciones tienen dos objetivos:

- Evaluar la competencia matemática (para contestar con clickers deben reflexionar sobre los contenidos matemáticos trabajados en el aula).
- Recopilar y analizar el uso de clickers en 3 años (estudiar la adaptación a la herramienta, motivación, dificultad, necesidad de adaptación de los mandos, satisfacción y comprensión de gráficos mostrados tras la votación).

3.7. Diseño de diapositivas

Según Alsina (2012), utilizar situaciones de la vida diaria para enseñar matemáticas puede no solo facilitar su aprendizaje, sino también promover la comprensión de su aplicación práctica (p. 99). Mateos, Macias y Arteaga (2016) señalan que las matemáticas tienen como objetivo ayudar a los niños y niñas a comprender su entorno cercano, su posición en él y cómo se puede aplicar la matemática en este contexto (p. 70). Por eso, las diapositivas propuestas en el estudio incluyen imágenes de objetos, situaciones o experiencias que son familiares para los estudiantes en su vida cotidiana. Al comenzar con un contexto familiar, se puede aumentar la motivación y facilitar un aprendizaje más significativo y duradero.

Las diapositivas concuerdan con los contenidos de la sesión de EMAT para trabajar a través de clickers. La presentación mostrada está adaptada a sus conocimientos y a su nivel madurativo. A la presentación de Power Point se le añade una extensión descargando el programa Turning Point. Turning Point permite asociar a cada pregunta, posibles respuestas, recoger las respuestas de los estudiantes y calcular automáticamente los aciertos y errores. Turning Point ofrece variedad de opciones de respuestas, abiertas, múltiple, numérica, cualitativa, en intervalos, con varias respuestas verdaderas...En este contexto se emplean preguntas de opción única y de verdadero o falso. El alumnado vota con sus clickers y la señal llega por radiofrecuencia a USB que hace de receptor. Turning Point elabora un gráfico de barras que representa el porcentaje de estudiantes que selecciona cada opción proporcionando un feedback inmediato en la pantalla.

Turning Point permite anonimizar las respuestas o hacer un seguimiento de cada estudiante. En este estudio, hemos optado por tener un registro de las respuestas de cada estudiante a lo largo de toda la intervención asignando siempre el mismo clicker a cada estudiante. En la parte trasera de cada mando encontramos su identificación única. De esta forma, con la versión gratuita de Turning Point podemos visualizarlas tras realizar la intervención en el apartado “Monitor de participantes”.

Para utilizar los clickers por primera vez, es necesario activar el mando del profesor en las preferencias de la extensión Turning Point: accediendo a ‘Preferencias’/‘Conexiones’/‘Presenter Card’/‘ID de dispositivo de Presenter Card’, donde se encuentra el número asignado a este mando. El clicker del presentador es distinto y permite controlar la proyección de diapositivas y gestionar la apertura y cierre de encuestas. Después de explicar la diapositiva y darles tiempo para pensar, comienza la encuesta, indicado por un triángulo verde, y al presionar el clicker las respuestas quedan registradas.

3.8. Instrumentos de evaluación

3.8.1. Entrevista a la maestra

Las opiniones iniciales y finales de la maestra quedan recogidas en dos entrevistas en las que las respuestas son abiertas y libres. Ambas sesiones constan de 6 preguntas abiertas.

3.8.2. Rúbrica para evaluar el comportamiento del alumnado manejando clickers

En una escala likert del 1 al 5 (1 indica que la norma no se cumple nunca, 2 muy pocas veces, 3 a veces, 4 casi siempre y el 5 siempre) la maestra valora las siguientes normas de cada estudiante:

- U1. Cumple con las normas de usabilidad de los clickers (usabilidad).
- U2. No molesta, juega con el compañero o habla con él (atención).
- U3. Respeta los turnos de veo, pienso y pulso (respeto los turnos).
- U.4 Pulsa solo los botones A, B o C.
- U.5 Comprende el uso de los clickers y los trata con cuidado (cuida).

La profesora utilizó la rúbrica al concluir tanto el primer día de intervención como el último, para evaluar el comportamiento y su progreso con los clickers.

3.8.3. Encuesta de satisfacción del alumnado

La encuesta de satisfacción del alumnado del uso de Clickers tiene lugar el último día y comprende las preguntas:

- ¿Te ha gustado usar los clickers? A contento (le ha gustado), B serio (no le ha gustado mucho) o C triste (no le ha gustado).
- ¿Te ha parecido fácil y divertido? A contento (fácil y divertido), B serio (no le ha parecido muy fácil ni muy divertido) o C triste (difícil y aburrido).

3.8.4. Registro del grado de corrección en la realización de las fichas EMAT

Siguiendo con la programación del aula, los niños realizan las fichas antes del sondeo con Clickers. Una tabla Excel almacena el grado de cumplimiento de cada ficha y cada alumno junto con observaciones. La realización de las fichas se puntúa como: 1 bien realizada; 0,5 si muestra algún error y 0 si la ficha es incorrecta. La base de datos marca con un guion las fichas no realizadas por decisión de la maestra (como la ficha del día 5) o por la ausencia del alumno.

La Figura 3 muestra las fichas propuestas para cada sesión:

- a) Ficha Geometría (Sesión 1). Su objetivo es identificar las figuras trabajadas (círculo, triángulo y cuadrado), realizar su trazo y desarrollar habilidades de trabajo en equipo. Aunque el enunciado principal es “Colorear de amarillo los triángulos, de azul los cuadrados y de verde los círculos” se optó por poner pegatinas de diferentes colores en cada una de las figuras trabajadas.
- b) Ficha Percepción Visual (Sesión 2). Su objetivo es describir bloques lógicos en función de sus características; y desarrollar la percepción visual y la capacidad de atención. Para ello deben colorear los elementos que no forman parte de las colecciones.
- c) Ficha Numeración (Sesión 3). Su objetivo es desarrollar la habilidad mental para el conteo numérico, y relacionar la grafía del cuatro con su cantidad. Deben repasar el número 4 siguiendo la direccionalidad.
- d) Ficha Orientación espacial (Sesión 4). Su objetivo es repasar los conceptos de posición espaciales “cerca” y “lejos”. Deben colorear de rojo los cangrejos que estén cerca de la sombrilla y de amarillo los que estén lejos.

- e) Ficha Numeración (Sesión 5). El objetivo es utilizar los números cardinales para contar y relacionar los números con la cantidad que corresponde. Por ello tienen que pegar adhesivos de tantos objetos como la etiqueta marca.
- f) Ficha Geometría (Sesión 6). Su propósito es identificar las figuras trabajadas. En la ficha deben repasar con diferentes colores los contornos de las figuras.
- g) Ficha Numeración (Sesión 7). Su objetivo es utilizar los números del 1 al 10 para contar y relacionar los números con la cantidad correspondiente. Deben dibujar los objetos que se les indica en la etiqueta.
- h) Ficha Medida (Sesión 8). Su objetivo es utilizar los conceptos de medida “más corto” y “el más corto”, y captar la idea de medida por comparación. En la ficha han de rodear el objeto más corto de cada colección.

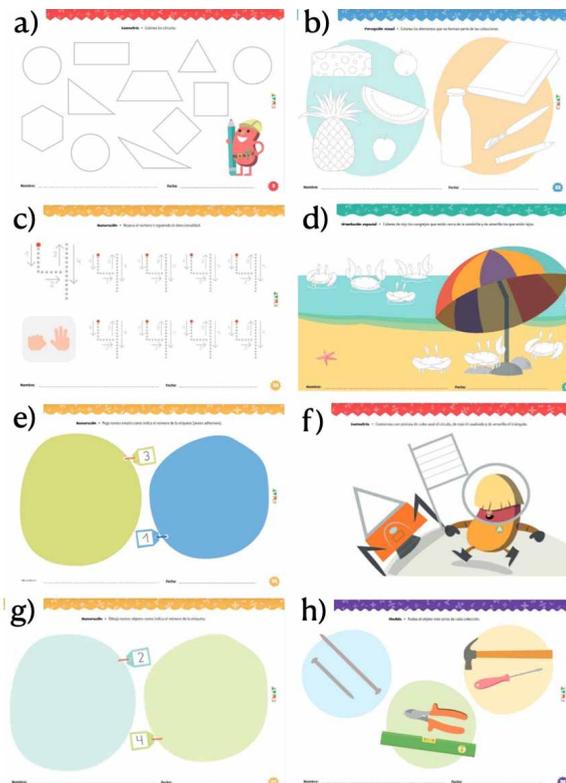


Figura 3. Fichas EMAT a realizar al finalizar la sesión a) día 1, b) día 2, c) día 3, d) día 4, e) día 8, f) día 9, g) día 10 y h) día 11. (Permiso de TEKMAN).

3.8.5. Respuesta a diapositivas

Elaboramos todas las diapositivas siguiendo un mismo patrón. En la parte de arriba se encuentra el enunciado que es explicado por la maestra, a la izquierda de cada diapositiva se muestra un recuadro azul que engloba las posibles respuestas (A, B o C). El resto de la diapositiva visualiza imágenes que ayudan a comprender la pregunta realizada. Para hacer las diapositivas más atractivas visualmente y adecuadas a las características de los niños de 3 años, solamente incluimos texto en el enunciado que la maestra lee en voz alta.

La sesión de Clickers de cada día está íntimamente relacionada con la ficha realizada ese día. La figura 4 visualiza las tres preguntas realizadas cada día durante los días 1, 2, 3 y 4. La figura 5 muestra las tres preguntas realizadas con Clickers los días 8, 9 y 11 y las dos preguntas del día 10. Se realizan un total de 23 preguntas a lo largo de las 8 sesiones. De ellas, 10 son de tipo verdadero/falso o de diferenciar entre dos opciones mientras que las otras 13 contienen 3 posibles opciones de respuesta con una sola verdadera.

Para cada estudiante se puede obtener su porcentaje de acierto por sesión y su porcentaje de acierto medio al final de la intervención. Para comparar los resultados con las fichas usaremos la tasa de acierto (entre 0 y 1).

3.9. Análisis estadístico

Con el objetivo de analizar los datos cuantitativos de la intervención calculamos la media (\bar{X}), la desviación típica (σ), mediana, coeficiente de variación y moda de los resultados obtenidos mediante el programa Excel.

Estudiamos la posible correlación entre las calificaciones con clickers y con fichas mediante una nube de puntos y rectas de regresión, así como el coeficiente de determinación R^2 . Para elegir la curva de regresión, damos preferencia a las más sencillas que tengan altos coeficientes de determinación.

Para comprobar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos en el día 1 y en el día 11, llevamos a cabo test de normalidad de Shapiro-Wilk para muestras pequeñas. Como no se cumplen las condiciones para aplicar T de Student en ninguno de los casos, usamos la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon.

Día 1

LAS FIGURAS COLOREADAS SON

A.

B.

C.

¿CUÁL NO FORMA PARTE DE LA COLECCIÓN?

A.

B.

C.

Día 2

LAS FIGURAS COLOREADAS SON TRIÁNGULOS.

A.

B.

¿CUÁL SI FORMA PARTE DE LA COLECCIÓN?

A.

B.

C.

Día 3

MARCA LA FIGURA QUE PUEDES VER

A.

B.

C.

COMPLETA LA SERIE

A.

B.

C.

Día 4

EL NÚMERO CUATRO SE ESCRIBE ASÍ:

A.

B.

¿QUÉ OBJETOS ESTÁN MÁS CERCA DEL HINCHABLE?

A.

B.

Día 4

SIGUE EL CAMINO PARA VER QUÉ VA A COMER.

A.

B.

C.

¿QUÉ TIENE MARCOS MÁS CERCA DE LA NARIZ?

A.

B.

C.

Día 4

¿CÓMO SE ESCRIBE EL NÚMERO 4?

A.

B.

C.

¿QUÉ OBJETOS ESTÁN MÁS CERCA DEL HINCHABLE?

A.

B.

Día 4

EL ESTÁ LEJOS DE LA Y EL CERCA DE LA .

A.

B.

Figura 4. Diapositivas realizadas con Turning Point en la semana 1.

Día 8

¿TIENE EL SACO TANTAS MONEDAS COMO INDICA?

A.

B.



¿CUÁNTOS CARAMELOS DEBEMOS METER EN ESTE SACO?

A. 

B. 

C. 



EL  TIENE 3 CARAMELOS Y EL  TIENE 4 CARAMELOS.

A.

B.

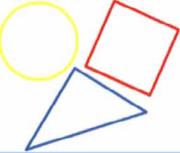


Día 9

EL TRIÁNGULO ESTÁ CONTORNEADO EN AZÚL.

A.

B.



LOS ANIMALES ESTÁN FORMADOS POR...

A. 

B. 

C. 



EN EL DIBUJO VEMOS TRIÁNGULO, CUADRADO Y CÍRCULO.

A.

B.



Día 10

¿CUÁNTOS SUPER THINGS TENEMOS?

A. 2

B. 1

C. 3



¿CUÁNTAS PERSONAS HAY DENTRO DE LA CASA?

A. 2

B. 4

C. 3



Día 11

EL LÁPIZ ES MÁS LARGO QUE EL CUADERNO.

A.

B.



¿CUÁL ES LA SERPIENTE MÁS LARGA?

A. 

B. 

¿QUIÉN ES MÁS ALTO: LUCÍA, JUAN O EVA?

A. 

B. 

C. 



Figura 5. Diapositivas realizadas con Turning Point en la semana 2.

4. Resultados

4.1. Análisis del comportamiento del alumnado de 3 años usando dispositivos de respuesta remota en matemáticas

El primer día de uso, los estudiantes manejan el dispositivo con precaución y notable interés, respetando las pautas establecidas. A medida que transcurre la experiencia, adquieren más confianza y comodidad con el clicker, lo que provoca ciertas distracciones, como el descuido del dispositivo o su uso para otros fines. No obstante, durante los días en que se llevó a cabo la intervención, en general, cumplieron las normas adecuadamente.

La asimilación media del alumnado el primer día se sitúa en 4,8 y en 4,9 el último. Los resultados no arrojan diferencias significativas en las medias. Las desviaciones típicas pasan de 0,105 el primer día a 0,067 el último. En términos generales, la asimilación de la normativa es muy buena desde el principio con un comportamiento grupal bastante homogéneo. La figura 6 a) exhibe la valoración general de cada estudiante el primer (azul moteado) y el último día (relleno en naranja). Las dos últimas columnas indican la valoración media del alumnado al inicio y al final.

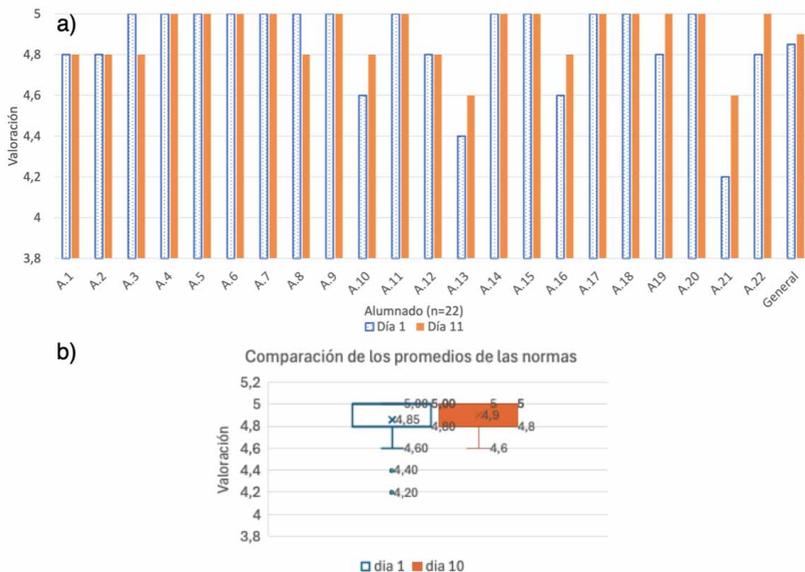


Figura 6. Valoración general de la asimilación del uso de clickers el primer y el último día. a) Valoraciones para cada estudiante, b) Gráfico bigotes con las valoraciones generales.

Estos resultados, cuyo valor máximo es de 5, reflejan de forma generalizada cómo todo el grupo de estudiantes comprendió y respetó satisfactoriamente las normas desde el primer día, obteniendo una alta media. A medida que transcurrió la intervención, el uso de los clickers mejoró una décima, ya que los estudiantes se familiarizaron con la herramienta y sus normas. Solamente 7 estudiantes no consiguieron la nota máxima en alguno de los días y todos tuvieron siempre una nota igual o superior a 4,2. Estos hallazgos demuestran que el grupo de estudiantes es bastante homogéneo, con todos ellos obteniendo medias altas y muy similares.

La Figura 6 b) deja ver los valores concretos relativos a la mediana y los cuartiles. La diferencia en las valoraciones de día 1 y día 11 no es significativa por mostrar un p-valor de 0,119. En general, el alumnado se mostró motivado y deseoso de participar con los clickers. Expresan su curiosidad y entusiasmo por trabajar con clickers en otras sesiones más allá de matemáticas. Asimismo, en las sesiones de matemáticas se muestran contentos y, en particular, los primeros días algunos lloraban en los tiempos de espera entre respuestas porque pensaban que el mando se había quedado sin batería, lo que demuestra una gran implicación por su parte. Esta situación era normal ya que la pantalla del mando solo se enciende cuando se pulsa el botón. En conclusión, el alumnado mostró una actitud motivada y comprometida al utilizar los clickers en el aula.

4.2. Análisis de comportamiento del alumnado en cada norma

Para analizar cómo cada estudiante ha mejorado en el uso de clickers se estudian los diferentes patrones de comportamiento. Aparecieron 10 patrones diferentes, el patrón más repetido es el de 11 de los 22 estudiantes que obtuvieron la máxima puntuación en todas las normas al inicio y al final del estudio. Esto significa que la moda fue seguir las cinco normas bien siempre. Ningún estudiante tuvo ninguna calificación menor de 4 a excepción del alumno 21 (A21) que tuvo un 3 en atención. Es destacable que todos tuvieron siempre un 5 cuando se revisó si cuidaban del mando, lo que corrobora que lo consideraban valioso. Este fue el único aspecto que hicieron todos bien tanto al inicio como al final. La figura 7 detalla las calificaciones de los 22 estudiantes agrupadas en los 10 patrones diferentes. Por ejemplo, el patrón Figura 7 a) corresponde al alumnado que obtuvo un 5 en todas las normas al inicio y al final de la intervención, excepto en la de pulsar solo un botón, que tiene un 4 en ambos casos.

El patrón modal corresponde a la Figura 7 c) mientras que la Figura 7 k) muestra el comportamiento medio en cada norma el primer y el último día.

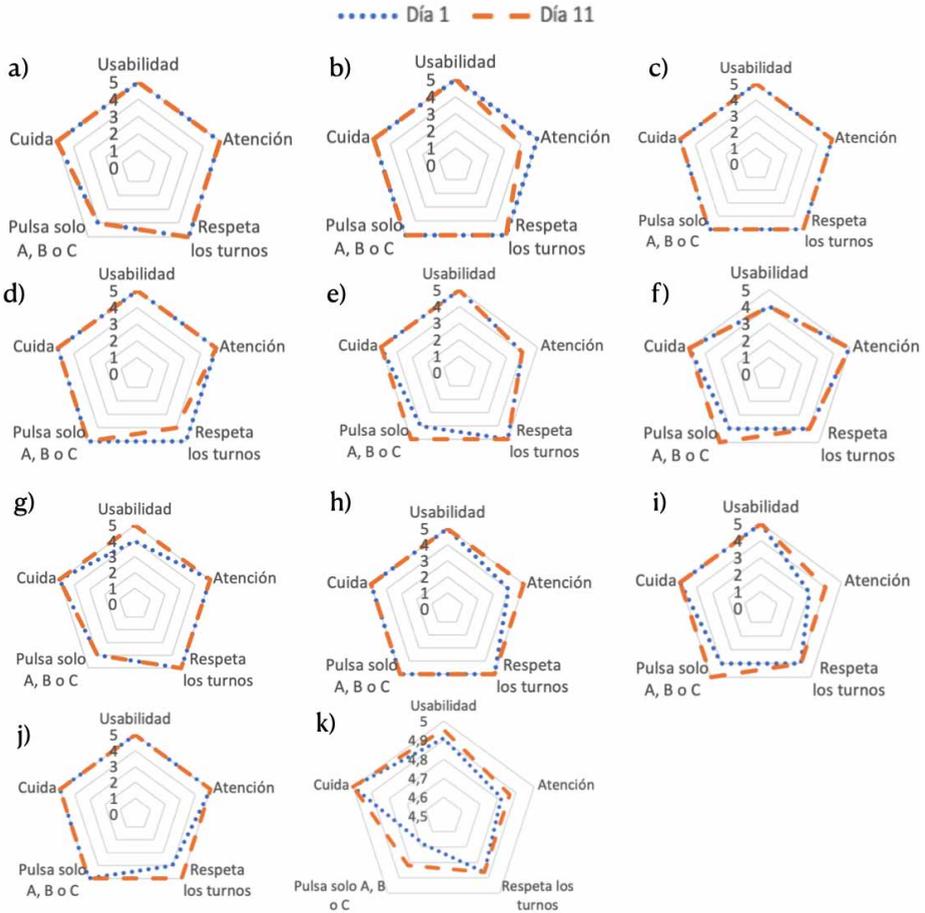


Figura 7. Gráfico radial del comportamiento del alumnado los días 1 (azul) y 11 (naranja) con respecto a las 5 normas de usabilidad. Se encuentran 10 tipos de comportamientos diferentes: a) Comportamiento de A1, A2 y A12, b) A3, c) A4, A5, A6, A7, A9, A11, A14, A15, A17, A18 y A20, d) A8, e) A10, f) A13, g) A16, h) A19, i) A21, j) de A22 y k) alumnado medio con escala de 4,5 a 5.

La mayoría ha mejorado o mantenido sus valores, lo cual indica que han comprendido y respetado adecuadamente las normas. Sin embargo, dos alumnos (A.3 y A.8) presentan un ligero empeoramiento en su desempeño respecto al cumplimiento de las normas establecidas.

4.3. Análisis de la valoración de cada norma al inicio y al final

La Figura 8 expresa que todas las normas del uso de los clickers fueron cumplidas de manera más notoria y satisfactoria en el último día de la intervención. Es de destacar que la norma número cuatro (pulsar sólo los botones A, B o C), que el primer día fue la peor asimilada, evolucionó y mejoró a lo largo de la intervención. La baja desviación típica implica un coeficiente de variación bajo también que siempre se situó por debajo del 10% (6%, 10%, 7%, 9% y 0% el día 1 y 4%, 7%, 7%, 8% y 0% el día 11 en cada norma respectivamente). Existe cierto consenso en valorar como datos homogéneos aquellos con coeficiente de variación está inferior al 25-30%. En cada norma, el coeficiente de variación bajó el último día a la vez que subió la media lo que indica que el grupo completo tiende a mejorar en cada norma.

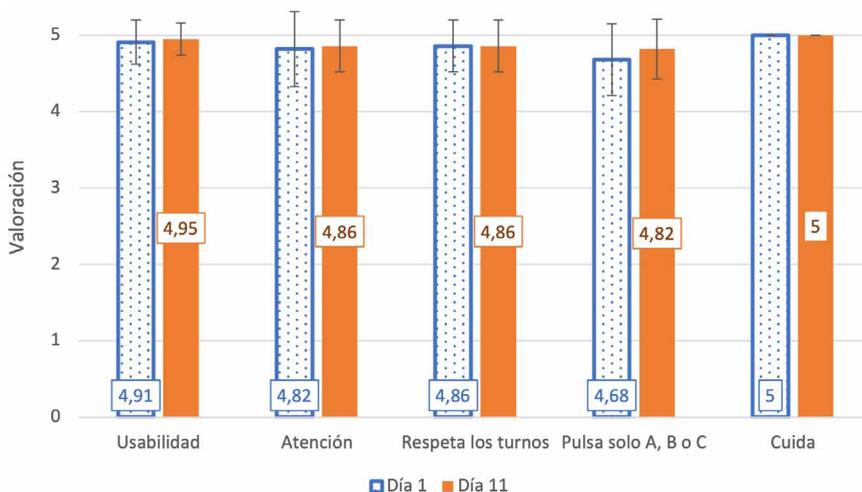


Figura 8. Comparación de los promedios de cada norma entre el inicio y el final del periodo con su desviación estándar como barras de error.

4.4. Refuerzo y evaluación a través de clickers

La Figura 9 presenta el porcentaje de acierto de cada pregunta, las respuestas correctas aparecen en verde con una línea diagonal blanca y las incorrectas en rojo. La mayoría de las diapositivas reflejaron resultados satisfactorios en términos de competencia matemática. Sin embargo, cabe destacar la baja tasa de acierto en: (i) la tercera diapositiva del día 3 (23% de aciertos), referida

al reconocimiento de los trazos para realizar la grafía del número 4 y (ii) la segunda diapositiva del día 11 (47%), referida a la comparación entre la longitud de las serpientes.

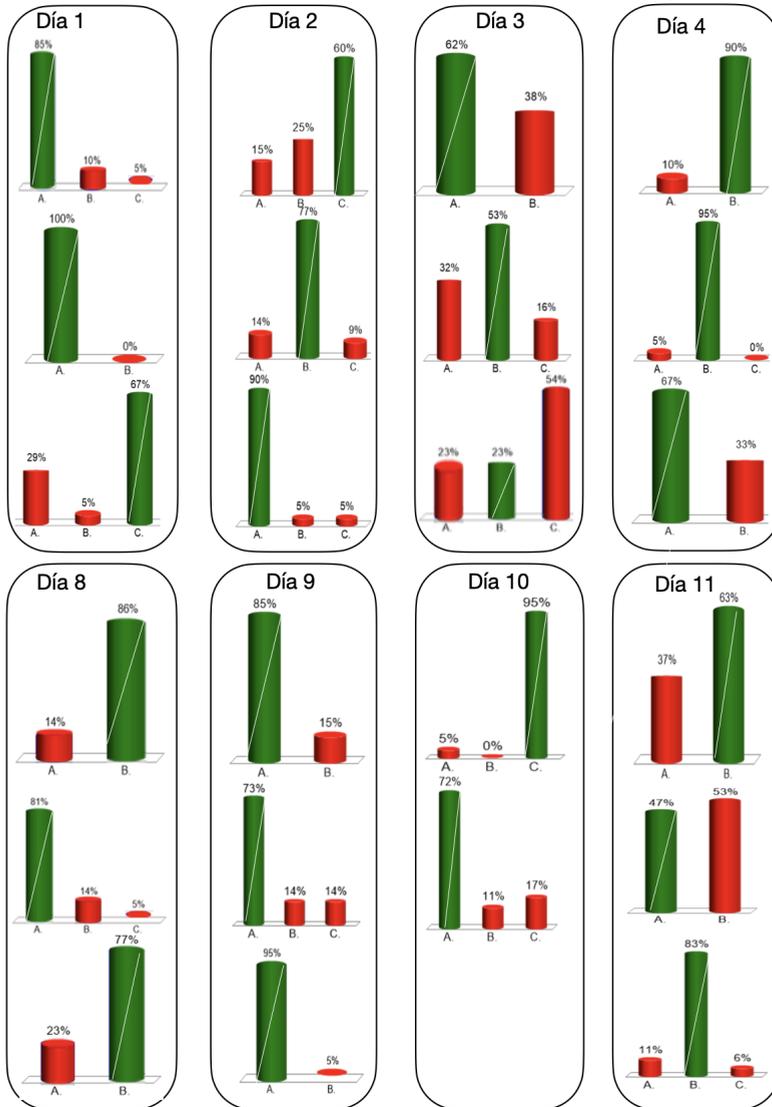


Figura 9. Respuestas a las diapositivas a través de clickers. En verde con diagonal blanca se ofrece la respuesta correcta.

El resto de las preguntas tuvieron valores muy altos de respuestas correctas, con un valor de acierto medio del 75%, una mediana del 77% y una moda del 95%. Las diapositivas con resultados más destacables fueron la segunda del día 1 (100% de aciertos), la segunda del día 4 (95%), la tercera del día 9 (95%) y la primera del día 10 (95%).

La Figura 10 clasifica las preguntas según el porcentaje de aciertos del grupo. De las 23 preguntas, ninguna tuvo una tasa de acierto menor al 20%. Hubo una pregunta entre 20 y 30% de acierto, una entre 40 y 50% y otra entre 50 y 60%. Las otras 20 preguntas fueron respondidas adecuadamente por más del 60% de la clase. Casi la mitad de las preguntas (10) fue acertada por entre el 80 y el 90% del grupo.

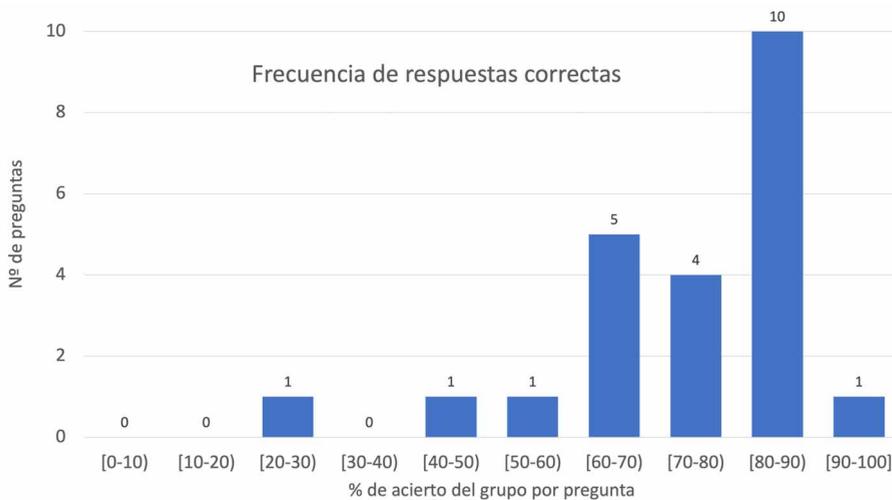


Figura 10. Número de preguntas respondidas con clickers cuyo porcentaje medio de acierto cae dentro de cada intervalo.

Muchos estudiantes lograron una adaptación óptima a la herramienta, demostrando un conocimiento profundo de su funcionamiento y un respeto adecuado por los turnos de veo, pienso y pulso, así como una habilidad destacada para asociar correctamente las respuestas con los posibles botones. Sin embargo, otros estudiantes mostraron una actitud más dubitativa al pulsar los botones, ya que no siempre lograron asociar las respuestas con los botones disponibles, y en ocasiones se distrajeran pulsando opciones que no estaban disponibles.

4.5. Comparación del acierto usando clickers y fichas

4.5.1. Revisión de fichas

La mayoría de los errores se observan los días 2, 4 y 7: los estudiantes tienen dificultad con el trazo del número cuatro, omiten dibujar los objetos indicados por la etiqueta y tienden a prolongar el contorno del cuadrado, generando una especie de bandera. Muchas de estas dificultades coinciden con las encontradas esos mismos días utilizando clickers. Algunos estudiantes realizan las fichas correctamente y sin dificultades.

4.5.2. Comparación entre la realización de fichas y diapositivas

La Figura 11 a) presenta la tasa de acierto media por estudiante del uso de clickers (curva con puntos rellenos) y de la realización de fichas (curva con puntos vacíos). El alumno 23 hace referencia a un alumno o alumna con notas medias en ambas cuestiones. Las barras de error incluyen la desviación típica. El valor medio de la desviación típica en fichas es 0,11 y en clickers 0,14 (con mínimo 0 y máximo 1 en ambos casos).

La tasa de acierto media usando fichas es de 0,85 y de 0,76 con clickers, pero sus desviaciones típicas respectivas, aun siendo muy pequeñas, establecen dos intervalos que se solapan. Por tanto, no encontramos diferencias significativas entre las calificaciones medias usando fichas o clickers.

De los 22 alumnos, 14 alcanzaron una nota media mejor con fichas, (aunque 10 de ellos solapan sus intervalos con las notas de clickers) y 8 mejoraron sus calificaciones con clickers (aunque 7 solapan sus intervalos con la nota en fichas). Resulta llamativo el hecho de que solo 4 estudiantes muestran calificaciones claramente mejores con las fichas (estudiantes 4,13,15 y 22) mientras que solo el estudiante 19 obtuvo claramente mejores resultados con clickers que con fichas. No todos se benefician de la misma manera de las fichas ni de los clickers y solo el estudiante 13 parece haberse visto perjudicado del uso de clickers. Algunos alumnos con calificaciones en fichas muy por debajo de la media mostraron notas muy superiores usando clickers (estudiantes 2 y 21).

La Figura 11 b) muestra un diagrama de dispersión de las calificaciones medias de cada estudiante en diapositivas (eje X) y en clickers (eje Y). Excluyendo al alumno 13 que tiene una nota especialmente baja en clickers (0,18), el resto obtuvo calificaciones entre 0,55 y 1 con moda 0,73 en clickers. Las calificaciones de fichas oscilan entre 0,5 y 1 con moda 1.

La Figura 11 b) presenta la ecuación de la recta de regresión lineal, así como su coeficiente de determinación R^2 . El coeficiente de determinación tiene un valor de 0,0419 por lo que queda clara la falta de correlación entre los dos tipos de notas. Nada asegura que si un estudiante obtiene una calificación buena (mala) en fichas, vaya a conseguir una nota alta (baja) en clickers, ni viceversa.

Otros ajustes más sofisticados tipo exponencial, polinómico, logarítmico etc. solo llegan a alcanzar un $R^2= 0,0667$.

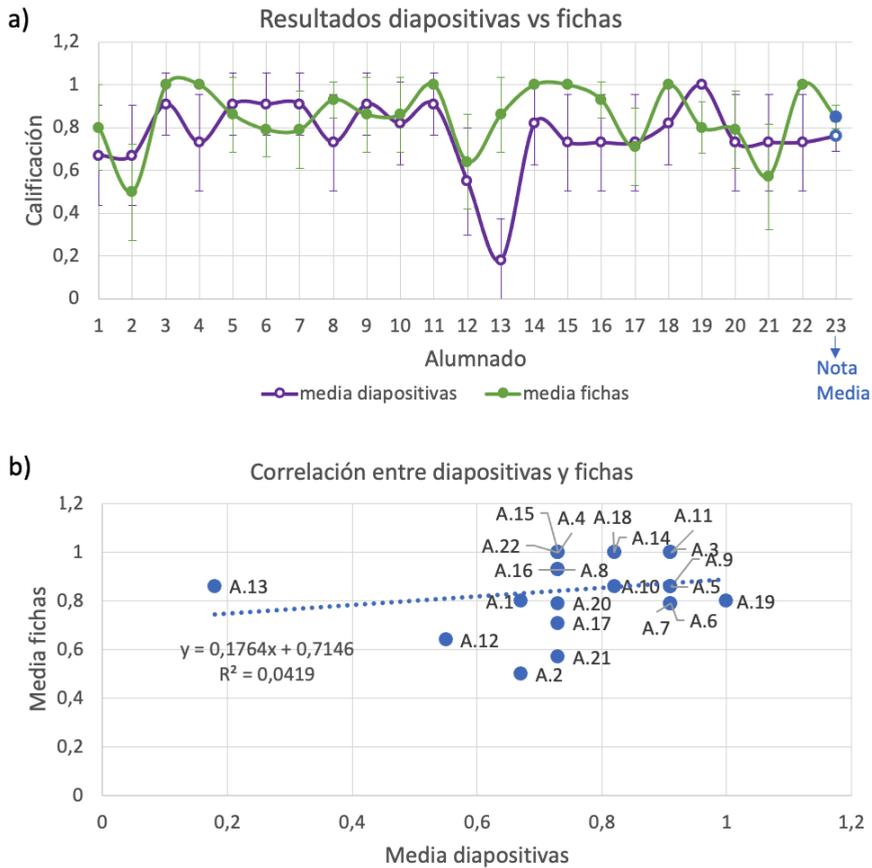


Figura 11. Comparación de resultados entre fichas y diapositivas. a) calificación de 0 a 1 de cada estudiante de la competencia matemática evaluada con diapositivas (curva con puntos vacíos) y con fichas (curva con puntos rellenos) y b) nube de puntos de las ambas calificaciones junto con su recta de regresión lineal.

4.6. Satisfacción del alumnado

Con el objetivo de analizar el grado de satisfacción del alumnado con clickers, se realizó el día 10 de la intervención una encuesta cuyas respuestas resume la Figura 12.



Figura 12. Encuesta de satisfacción del alumnado.

La mayoría del alumnado ha encontrado la experiencia muy satisfactoria, manifestando haberla disfrutado y considerándola fácil y divertida. Solo un reducido porcentaje de estudiantes expresó que no les gustó o que les resultó difícil y poco entretenida (aproximadamente un 11%).

4.7. Satisfacción de las necesidades docentes de la maestra

La Figura 13 muestra la entrevista previa a la intervención: la maestra tenía expectativas positivas. Esperaba fomentar la atención, la participación y la motivación del alumnado. No obstante, también tenía ciertas preocupaciones acerca de la capacidad del alumnado de 3 años para manejar los mandos. En una escala de 0 a 5 cree que el alumnado tendrá dificultades tipo 3 para adaptarse al uso de clickers.

La Figura 14 resume la entrevista posterior a la intervención. En términos generales, la profesora encontró la experiencia motivadora y satisfactoria, y expresó su intención de aplicarla en cualquier asignatura y nivel debido a su versatilidad y capacidad de adaptación. La valoración del cumplimiento de las expectativas la situó en 3 en escala de 0 a 5 pues encontró resultados tanto

positivos como negativos en relación con sus expectativas iniciales. Por un lado, pudo comprobar que el alumnado se adaptó muy bien al uso de los mandos (resultado particularmente satisfactorio ya que había sido una preocupación inicial). Además, percibió que algunos porcentajes de respuestas correctas fueron menores de lo esperado. Señaló que los clickers son una herramienta especialmente valiosa para alumnado con un uso limitado del lenguaje, ya que les permite expresarse en las sesiones de forma más sencilla.

Es relevante señalar que la maestra percibe el uso de los clickers como una adición a las actividades en el aula, no como un reemplazo de todas las fichas.

¿Qué beneficios crees que puede tener emplear los clickers en el aula? Valora en una escala del 0 al 5 el grado de beneficio que puede tener esta herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje (0 nada beneficioso, 1 muy poco beneficioso, 2 poco beneficioso, 3 beneficioso, 4 muy beneficioso y 5 bastante beneficioso).

Aumento de la atención y mayor motivación para los alumnos. Un 5.

¿Cuáles son tus expectativas al usar los clickers en la competencia matemática? ¿Puedes valorar en una escala de 0 a 5 tus expectativas?

Que aumente la atención y especialmente la participación de algunos alumnos que en las clases normales no suelen hacerlo por iniciativa propia, salvo que yo les pregunte directamente.

¿Qué dificultades crees que puedes encontrar al emplear esta herramienta?

El manejo de los botones. Que dentro de las opciones que les ofrece el mando no sepan encontrar la respuesta que quieren elegir, por lo tanto, que, aunque hayan entendido el concepto y la orden, no sepan ejecutar bien (aunque esto les pasa a algunos alumnos también en las clases normales).

¿Consideras que emplear los clickers en el aula puede ayudar a reforzar contenidos o mejorar en la competencia matemática?

Sí, ya que siempre que mostramos un concepto de diferentes maneras estamos ofreciendo más oportunidades de aprendizaje. No importa las veces que les mostremos las cosas y más si lo hacemos de manera diferente, con distintas herramientas. El objetivo es que el alumno pueda alcanzar el concepto y para ello hay que dar alternativas y, del mismo modo, el que lo ha entendido le servirá para interiorizarlo mejor.

¿Has usado antes las TIC en esta aula? ¿Cuáles? ¿El alumnado se adaptó adecuadamente? ¿tuvieron dificultad en utilizar esas herramientas TIC?

Sí, pero no con este grupo. Beebot, pizarra digital, teclado adaptado. No han tenido dificultades particularmente ya que comenzamos con instrucciones muy básicas y poco a poco vamos aumentando el nivel de dificultad.

En una escala del 0 al 5, valora la dificultad o facilidad que piensas que tendrán los alumnos a la hora de adaptarse al uso de los clickers, siendo 0 la gran dificultad para adaptarse y 5 si piensas que les va a resultar sencillo usar la herramienta.

Un 3.

Figura 13. Preguntas (fondo oscuro y letras blancas) y sus correspondientes respuestas (fondo blanco y letras oscuras) de la maestra antes de la intervención.

Valora en escala del 0 al 5, ¿Te ha resultado gratificante y satisfactoria la intervención?

5. Muy gratificante. Me ha parecido una experiencia muy motivadora como docente tanto para plantear las actividades de otra manera, como para ver cómo se han desenvuelto mis alumnos con una herramienta diferente y totalmente nueva.

¿Se ha ajustado a tu expectativa? De 0 al 5 ¿puedes valorar la expectativa?

Por un lado, ha superado mis expectativas y por otro no, le doy un 3. Las ha superado en cuanto al uso y manejo del aparato, yo pensaba que les costaría mucho más entender cómo funciona y que se iban a perder con los botones, que lo tendríamos que adaptar con colores o con algo más sencillo. Pero no ha sido el caso, a pesar de tener 3 años lo han entendido muy bien. Sin embargo, pensaba que los resultados de las encuestas iban a ser más positivos, que iban a acertar más y a equivocarse menos. Las actividades estaban muy bien planteadas y supondrían un refuerzo a lo que hacemos en clase, pero sin embargo en ninguna de ellas hemos conseguido un 100% de aciertos y eso me ha sorprendido.

¿Las posibles inseguridades que tenías al comienzo han resultado solventadas?

Sí, las inseguridades que tenía eran en relación con el uso del dispositivo y he visto que no les supone ninguna dificultad, bien explicado es perfectamente entendible.

En función de los resultados, ¿emplearías esta herramienta TIC en otras sesiones de matemáticas? ¿Y para el desarrollo de otras competencias: lingüística, inglés...? ¿Y en otros cursos?

Sí la usaría, creo que se adapta perfectamente a cualquier área. De hecho, me gustaría trasladar la experiencia a mis compañeros de infantil porque les gustará.

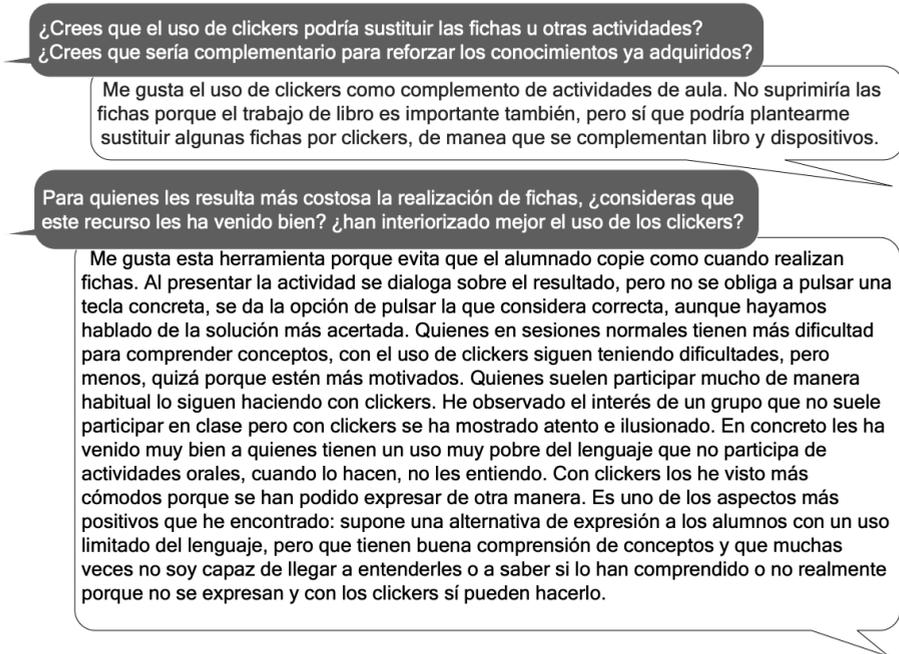


Figura 14. Preguntas (fondo oscuro y letras blancas) y sus correspondientes respuestas (fondo blanco y letras oscuras) de la maestra después de la intervención.

5. Discusión

Las nuevas tecnologías se están integrando en el ámbito educativo con mayor o menor intensidad dependiendo, además de otros factores, de la etapa educativa.

Entre las tecnologías emergentes, los dispositivos de respuesta inalámbrica tipo clickers han destacado recientemente. Estos dispositivos ofrecen múltiples ventajas que han sido cuidadosamente analizadas por Martínez-González (2023b) y resumidas de manera visual en la Figura 1. Sin embargo, han resultado poco/nada estudiados los efectos en el proceso de E-A del uso de estos dispositivos en educación primaria/educación infantil.

El análisis de ventajas y desventajas de la realidad extendida refuerza la justificación del uso de Clickers en la intervención propuesta, subrayando que, aunque son tecnologías distintas, comparten objetivos y beneficios similares que pueden ser extrapolados para mejorar la experiencia de aprendizaje en educación infantil.

Este trabajo incluye un análisis DAFO del uso de dispositivos de respuesta inalámbrica (clickers) en educación de los 20 artículos seleccionados en (Martínez-González, 2023b). El alumnado participó activamente y los clickers aumentaron su motivación. Tanto alumnado como profesorado están satisfechos con esta herramienta, que también destacó por su capacidad para fomentar la interacción y el aprendizaje colaborativo en el aula, tal como concluye Dünser et al., 2012. Sin embargo, se identificaron aspectos negativos como el costo del dispositivo (ya lo anticipaban Wu et al., 2013), la posible generación de tiempos muertos y las dificultades que podrían surgir si el maestro no está completamente familiarizado con su funcionamiento (recogido ya en Huang et al., 2019). Por lo que sabemos, es la primera vez que un proyecto relaciona el uso de clickers en matemáticas educación infantil.

En este estudio se intervino en un aula de niños de 3 años, con 22 estudiantes. La duración del estudio fue de 11 días, durante los cuales se realizaron 8 sesiones de matemáticas (ver Figura 2). Los temas abordados en estas sesiones incluyeron geometría, percepción visual, numeración, orientación espacial y medida. La metodología utilizada en el aula siguió el enfoque EMAT, comenzando con una introducción en asamblea, seguida de actividades manipulativas y concluyendo con la realización de fichas de refuerzo. La intervención incluyó el uso de mandos a distancia (clickers) después de completar cada ficha. Estos clickers sirvieron para responder preguntas matemáticas presentadas en un PowerPoint personalizado utilizando la aplicación Turning Point. La aplicación registró las respuestas individuales de los estudiantes y mostró gráficos de barras con los resultados de las respuestas. Las preguntas de cada sesión estaban relacionadas con el contenido de las fichas abordadas previamente.

Para validar el uso de clickers en 3 años analizamos el grado de aceptación de 5 normas de uso (1 indica que no se cumple nunca, 2 muy pocas veces, 3 a veces, 4 casi siempre y el 5 siempre). Las normas son “usabilidad”, “atención”, “respeto los turnos”, “pulsar sólo A, B o C” y “comprende y cuida los clickers”. La asimilación media del alumnado el primer día es de 4,8 y de 4,9 el último. Por lo que, de forma generalizada, el alumnado cumplió las cinco normas desde el primer día y continuó haciéndolo después. El grado de cumplimiento es tan alto desde el primer día que, aun siendo más alto en el día 11, las valoraciones medias no resultaron significativamente diferentes.

La gran mayoría se adaptó a la herramienta siguiendo las 5 normas analizadas y respetando los turnos de “veo, pienso y pulso”, así como una habilidad para asociar las respuestas con los posibles botones. Es cierto también que,

en algunas ocasiones, algunos estudiantes se distrajeron pulsando opciones que no se ofertaban (predicho en Radu 2014). Concluimos que la herramienta resulta válida en 3 años adaptando las preguntas.

El uso de los clickers está diseñado en la intervención para reforzar el contenido matemático tratado en la sesión correspondiente. Hemos analizado los diagramas de barras y los porcentajes de cada respuesta para cuantificar el grado de acierto del alumnado a 22 preguntas que deberían servir de repaso de lo aprendido ese día. Resulta llamativo que sólo una pregunta mostró un acierto del 100%. El valor de acierto medio fue del 75%, con una mediana de 77% y una moda del 95%. De las 22 preguntas, 10 fueron acertadas por entre el 80 y el 90% del grupo. Solo 2 de las 22 preguntas mostraron alguna respuesta incorrecta con mayor porcentaje que su respectiva respuesta correcta (día 3, pregunta 3 y día 11, pregunta 2).

Entre las limitaciones del software Turning Point (en su versión gratuita), destaca la incapacidad de presentar las respuestas de las diapositivas en formato horizontal, con la primera opción a la izquierda, la segunda en el centro y la tercera a la derecha; únicamente se permite representarlas verticalmente. En el contexto de la educación infantil, donde la orientación en el plano aún no está completamente desarrollada, esto representa un desafío mayor para los niños, ya que prefieren ver las opciones alineadas horizontalmente, de manera que coincidan con la disposición de los botones en el mando. Además, cuando las respuestas están dispuestas verticalmente, no es posible separarlas pulsando la tecla 'Enter', lo que resulta en opciones demasiado cercanas entre sí.

Para comparar la tasa de acierto en matemáticas del alumnado usando clickers y fichas, hemos calificado todas las fichas como cero puntos, medio punto y un punto dependiendo del grado de cumplimiento o acierto de éstas. La nota media de las fichas es ligeramente superior a la de los clickers (0,85 frente a 0,76), pero la diferencia no resulta significativa (p -valor=0,062). Las notas de las fichas no parecen tener relación con las notas de los clickers pues los posibles coeficientes de determinación de las diferentes curvas de regresión lineal tienen valores por debajo de 0,01. Conviene remarcar que los clickers son herramientas nuevas y sin embargo el alumnado se ha adaptado a ellas satisfactoriamente en solo unos días. El alumnado debe demostrar capacidades ligeramente realizando fichas y respondiendo con clickers lo que hace a ambas actividades complementarias, la una no puede sustituir a la otra, pero sí pueden reforzarse.

Al realizar una comparación cualitativa, se observa que los estudiantes muestran motivación tanto para completar las fichas como para participar

con los mandos. Sin embargo, los clickers despiertan más curiosidad entre ellos, lo que los lleva a completar las fichas rápidamente para poder usar los mandos. Algunos estudiantes muestran un mayor desarrollo al usar mandos en comparación con las fichas, quizá porque estas últimas son más difíciles, ya sea por la motricidad fina requerida, la falta de interés o la preferencia por actividades grupales donde interactúan verbalmente con la maestra. Estos alumnos han demostrado una motivación adicional con los mandos y han logrado asociar las respuestas con los botones y comprender su funcionamiento. Además, los estudiantes con un vocabulario limitado y habilidades lingüísticas menos desarrolladas también se han beneficiado, ya que esta actividad no requiere tanto el uso del lenguaje: solo necesitan comprender las preguntas y respuestas, y asociar correctamente las opciones.

El 67% del alumnado declaró que los clickers le gustaban mucho y el 77% aseguró haber percibido las actividades con clickers como fáciles y divertidas. Por tanto, el grado de satisfacción del alumnado es muy alto.

La maestra valora la experiencia como motivante y enriquecedora, y además añade nuevos usos de la herramienta enfocados al alumnado con poco desarrollo del lenguaje ya que encuentran un canal diferente con el que expresarse. Esta herramienta no pretende reemplazar las actividades tradicionales con fichas, ya que hay habilidades específicas (como la motricidad fina para manejar pinturas, trazar, colorear, y quitar pegatinas) que no pueden desarrollarse usando mandos a distancia. Los clickers deben emplearse como complemento a otras actividades.

En conclusión, los mandos de respuesta inalámbrica tipo clickers se han incorporado por primera vez en 3 años de forma satisfactoria. El alumnado se ha familiarizado con él, todos han participado y les ha ayudado a desarrollar más la motivación y la curiosidad reforzando contenidos matemáticos. El porcentaje de aciertos/corrección usando clickers y usando fichas matemáticas resulta muy similar, aunque la media es ligeramente superior con las fichas. Los clickers pueden usarse como herramienta validada en 3 años mientras sea vista como complementaria y no sustituya al resto de actividades. El grado de satisfacción de alumnado y profesorado es muy elevado dando pie a que esta herramienta pueda usarse en otras clases de matemáticas o de otras áreas y cursos.

6. Conclusión y líneas futuras

La experiencia global de la utilización de las diapositivas, los clickers y el software Turning Point ha resultado satisfactoria en las sesiones de matemá-

ticas del aula de 3 años. Este estudio pretende fomentar futuras líneas de investigación e innovación en el uso de TICs, en especial en educación infantil. Estas líneas podrían aplicarse en distintos niveles de la educación infantil o en diversas áreas de competencia como el desarrollo lingüístico o el aprendizaje del inglés, entre otras.

7. Agradecimientos

Esta investigación e intervención se realizó gracias a la colaboración del Colegio Jesús María de Burgos, el cual nos acogió y nos brindó la oportunidad de llevar este estudio a un aula de Educación Infantil. Agradecemos al programa Tekman Education por brindar su consentimiento para exponer algunas de sus fichas en el presente trabajo.

8. Referencias

- Alsina, À. (2006). *Cómo desarrollar el pensamiento matemático de 0 a 6 años*. Octaedro/Eumo
- Alsina, A. (2012). Cómo enseñar matemáticas en las primeras edades a partir de contextos de vida cotidiana. *Uno: Revista de Didáctica de las matemáticas*, 61, 97-106.
- Álvarez, C. R., Trujillo, R. E., y Campo, G. C. (2013). *Innovación en las clases de matemáticas: Experiencias Metodológicas*. Universidad del Norte.
- Ayarza, R. O., Godoy, T. G., Candia, S. M., Estrella, S., Ibarra, G. M., Wong, A. P., & Santander, P. R. (2022). Pauta para evaluar la dimensión práctica de la capacidad de enseñanza de la matemática en maestras de infantil en formación. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 16(4), 343-364.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B., y Sese, F. J. (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers y Education*, 62, 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.019>
- Bunce, D. M., Flens, E. A., y Neiles, K. Y. (2010). How long can students pay attention in class? A study of student attention decline using clickers. *Journal of Chemical Education*, 87(12), 1438-1443. <https://doi.org/10.1021/ed100409p>

- Calero Sánchez, C. (2019). La llegada de las nuevas tecnologías a la educación y sus implicaciones. *International Journal of New Education*, 2(2). <https://doi.org/10.24310/ijne2.2.2019.7449>
- Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *CBE—Life Sciences Education*, 6 (1), 9-20. <https://doi.org/10.1187/cbe.06-12-0205>
- Cerezci, B. (2020). Measuring the quality of early Mathematics instruction: a review of six measures. *Early Childhood Education Journal*. 48, 507-520. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-01013-8>
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012). Creating interactive physics education books with augmented reality. *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, 107-114.
- Huang, Y. M., Liaw, S. S., & Lai, C. H. (2019). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: A case study of desktop and projection-based display systems. *Interactive Learning Environments*, 27(4), 1-19.
- Manzano, J. I. C., Nuño, M. C., Valpuesta, L. L., Díaz, M. T. S., & Ovando, R. Y. (2016). Evidencias sobre el Impacto en el Rendimiento Académico de los Mandos de Respuesta Interactiva. *VII Jornada de Innovación e Investigación Docente*, 77.
- Martínez-González, A y Santamaría-Herrera, A. (2023). Formación permanente nacional y autonómica del profesorado de matemáticas de educación primaria en España. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*. 98(37.2). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i37.2.99227>
- Martínez González, A., Vitores Morquillas, V., & Martínez González, L. (2023). Multianálisis DAFO de experiencias en el aula usando dispositivos de respuesta remota (clickers): foco en matemáticas. En *Competencias digitales en la sociedad de la información: adaptaciones, innovaciones y experiencias* (pp. 83-111). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- DeSorbo, A. L., Noble, J. M., Shaffer, M., Gerin, W., y Williams, O. A. (2013). The use of an audience response system in an elementary school-based health education program. *Health education & behavior*, 40(5), 531-535. <https://doi.org/10.1177/1090198112460052>
- Escudero, R. (2014). Impacto del método “Instrucción por pares” con el apoyo de “clickers” en el aprendizaje de Matemáticas Básicas. *Revista Internacio-*

- nal de Tecnología, Conocimiento y Sociedad*, 3(1), 63-81.
<https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v3.1180>
- Fernández, E., Cerezo, R., Méndez, M., Suárez, N., y Dobarro, A. (2016). Diferentes métodos de evaluación a través del uso de los clickers. Comparación de la utilidad percibida por los estudiantes. *Revista de Psicología y Educación*, 71(1), 25-44.
- Labrador Piquer, M. J., Andreu Andrés, M. Á., y de Vera, C. (2008). Metodologías activas.
- López Solera, M., Sanz Redondo, A. M., y Pérez de los Reyes, C. (2019). Experiencias de innovación docente en Enseñanza Superior de Castilla-La Mancha 2019:(libro de comunicaciones)
- Marrero, M. I. (2011). Los clickers en el aula de matemáticas. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 76, 157-166.
- Martyn, M. (2007). Clickers in the Classroom: An active learning approach. *Educate quarterly*, 30(2), 71.
- Mateos, S., Macías, J. y Arteaga, B. (2016). Una experiencia dentro de conceptualización personalizada en el aula: las matemáticas y el cuerpo humano. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 5 (2), 65-79.
- Mayer, R. E., Stull, A., DeLeeuw, K., Almeroth, K., Bimber, B., Chun, D., ... y Zhang, H. (2009). Clickers in college classrooms: Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. *Contemporary educational psychology*, 34(1), 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.04.002>
- Perea Moreno, A. J., Salmerón Manzano, E. M., Laguna Luna, A. M., Aguilera Ureña, M. J., & Manzano Agugliaro, F. R. (2017). Experiencias de aprendizaje activo mediante Clickers en prácticas universitarias. *Espiral. Cuadernos del profesorado*.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Rey, F. J. R. (2016). TIC en educación infantil: una propuesta formativa en la asignatura didáctica de las matemáticas basada en el uso de la tecnología. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (33), 1-18.
- Ribbens, E. (2007). Why I like clicker personal response systems. *Journal of College Science Teaching*, 37(2), 60-62.
- Rodríguez Martínez, J. A., González-Calero Somoza, J. A., y Cózar Gutiérrez, R. (2018). Diseño de un estudio exploratorio para la aplicación de técnicas analíticas de aprendizaje en la enseñanza de las fracciones en 5º curso de Edu-

- cación Primaria. *Magister: revista de formación del profesorado e investigación educativa*.
- Terán, M. C. D., Díaz, M. E. L. J., y Pos, M. V. S. (2011). Uso de los “clickers” en el aula para fomentar la participación del alumno y realizar un seguimiento eficaz en el estudio del Derecho. In *VIII Foro sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior: libro de capítulos* (pp. 981-985). Asociación Española de Psicología Conductual.
- Vásquez Abásolo, A. (2013). Uso de Clickers en el aula: aplicación 2012. Pontificia Universidad Católica de Perú. Recuperado de:
<http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3011.pdf>
- Vital, F. (2012). Creating a positive learning environment with the use of clickers in a high school chemistry classroom. *Journal of chemical education*, 89(4), 470-473. <https://doi.org/10.1021/ed101160x>
- Wang, Y., Chung, C.-J., y Yang, L. (2014). Using Clickers to Enhance Student Learning in Mathematics. *International Education Studies*, 7(10), 1-13. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n10p1>
- Woolfolk, A. (2010). *Psicología Educativa*. España: Pearson, Décimo Primera Edición.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.

La Realidad Aumentada como herramienta para el aprendizaje de la geometría 3D en el tercer ciclo de Primaria **2**

Alejandro Santana Sánchez^a
Eduardo Gregorio Quevedo Gutiérrez^b

Colegio Claret Las Palmas^a
Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria^b
alesantana@claretlaspalmas.digital; eduardo.quevedo@ulpgc.es

Resumen:

La Realidad Aumentada es una herramienta potente y beneficiosa para el aprendizaje que consigue captar la atención del alumnado, eliminando barreras existentes. Su interactividad y su uso intuitivo permite mejorar los resultados en el aprendizaje de contenidos complejos o que requieran habilidades visoespaciales como puede ser el aprendizaje de los cuerpos geométricos 3D en el área de matemáticas. En este capítulo se presenta una propuesta didáctica de uso de la Realidad Aumentada en el tercer ciclo de Educación Primaria para el aprendizaje de los sólidos geométricos 3D, así como su correspondiente análisis de resultados. En rasgos generales, se ha concluido tras el análisis que el uso de la Realidad Aumentada afecta de manera directa en la motivación del alumnado y acerca los contenidos a su entorno próximo de manera vivencial.

Palabras clave:

STEAM; Realidad Aumentada; matemáticas; tecnologías inmersivas.

1. Introducción

En los últimos años, se han ido introduciendo gradualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) convirtiéndose en una herramienta indispensable en la práctica de la mayoría del profesorado. Son muchos los centros educativos que han ido adquiriendo diferentes dispositivos

como *tablets* o *chromebooks* para mejorar la calidad educativa tanto para el alumnado como el equipo docente. Consecuentemente en la Comunidad Autónoma de Canarias la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias está desarrollando un programa formativo para mejorar y certificar al profesorado en activo la Competencia Digital Docente fundamentándose en el Marco Común de Competencia Digital Docente (2022) adaptado del marco europeo.

Por otra parte, en la mayoría de los centros escolares, se desarrolla un itinerario formativo propio con el objetivo de que el equipo educativo esté al corriente de los avances que van surgiendo, así como desarrollar sus propios proyectos de innovación educativa en este campo. La entrada en vigor de la LOMLOE en el sistema educativo ha traído ciertas novedades en el currículo educativo de las diversas áreas del conocimiento en la Comunidad Autónoma de Canarias. Entre ellas, destaca la introducción de la Realidad Aumentada (RA) en el Currículum de Matemáticas (Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, 2023) a finales de la etapa de Educación Primaria, en Educación Secundaria y Bachillerato; lo que ha abierto un nuevo campo de investigación en tecnologías inmersivas, metodologías activas y el desarrollo de propuestas didácticas para atender a la diversidad del aula.

En base a esto, el CEIPS San Antonio María Claret lleva varios años investigando en este campo. Concretamente, desde el curso 2018-2019 se desarrolla un Proyecto de Innovación Educativa para el Desarrollo del Pensamiento Computacional y el fomento de las competencias STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), colaborando con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), con el que se han ido incorporando elementos como la robótica educativa o la programación en la didáctica de las matemáticas abarcando todas las etapas educativas del centro: Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria y Bachillerato (Álamo et al., 2019). Desde entonces, esto ha generado un gran interés y motivación en el alumnado, y es por ello, por lo que se ha decidido pasar a un siguiente nivel introduciendo una nueva línea de innovación educativa en la temática de la RA, permitiendo así mejorar la práctica docente y seguir motivando al alumnado con las nuevas tecnologías y metodologías que van surgiendo.

La RA aplicada al aula genera múltiples beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. rompiendo las barreras en él y acercando los contenidos de manera significativa. A su vez, la RA resulta especialmente adecuada para el alumnado con necesidades especiales puesto que mejora la atención, concentración y participación de los mismos (Asatryan et al., 2023).

En base a lo expuesto anteriormente, se ha desarrollado un Trabajo Final de Máster (TFM) en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) en el que se pone práctica un proyecto de innovación tecnológico sobre la RA aplicada a la didáctica de las matemáticas en el tercer ciclo de Educación Primaria, concretamente en 6º de Educación Primaria. El objetivo principal consiste en diseñar un proyecto de innovación didáctica a través de la RA para la enseñanza de las matemáticas en 6º de Primaria. Los objetivos específicos del estudio incluyen: examinar los beneficios y desventajas de la RA en la enseñanza de las matemáticas en la Educación Primaria; integrar la RA en la enseñanza del contenido de geometría tridimensional en matemáticas; realizar una revisión de las herramientas de RA disponibles para la Educación Primaria; y fomentar el aprendizaje cooperativo. En este capítulo se presentan los resultados de una propuesta de intervención realizada en el contexto del TFM comentado.

La estructura del capítulo se organiza de la siguiente forma: el apartado 2 aborda el uso de las tecnologías inmersivas, centrándose en los beneficios de la RA en el ámbito de la educación. Seguidamente, en el apartado 3 se presenta la propuesta didáctica llevada a cabo en el aula con alumnado de 6º de Primaria. En el apartado 4 se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la intervención, así como una comparativa entre la evaluación inicial diagnóstica y la evaluación cualitativa del alumnado. Finalmente, en el apartado 5 se sintetizan las conclusiones alcanzadas.

2. Marco teórico

2.1. Tecnologías inmersivas

Las Tecnologías Inmersivas son herramientas y sistemas avanzados diseñados para crear o transformar espacios, combinando contenido multimedia virtual con el mundo físico, proporcionando a los usuarios una experiencia completamente inmersiva. Entre las tecnologías más destacadas se encuentran la RA, la Realidad Virtual (RV) y la Realidad Mixta (RM), las cuales están generando experiencias virtuales significativas para los consumidores. Para comprender cada una de estas tecnologías, es esencial conocer el continuo de virtualidad-realidad (ver Figura 1). Según Milgram et al. (1994), existe una continuidad entre la realidad y la virtualidad, ubicadas en los extremos de un diagrama. A medida que nos alejamos del entorno real, se introducen más elementos virtuales, dando lugar a la RA (AR, Augmented Reality en inglés), mientras que al acercarnos más al mundo virtual, encontramos la RV (VR, Virtual Reality en inglés). La Realidad Mixta (MR, Mixed Reality en inglés) se sitúa en el centro de estos extremos, combinando elementos de ambos extremos.

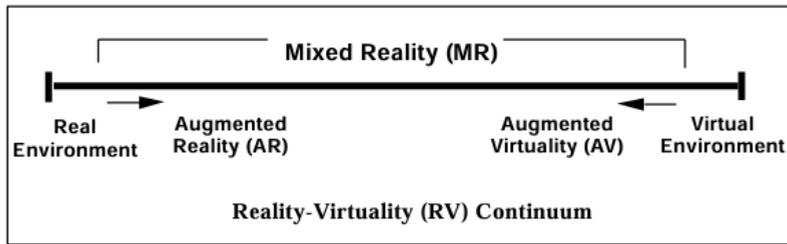


Figura 1: Esquema Continuo virtualidad-realidad de Milgram et al. (1994)

Por tanto, la RA es una tecnología que integra imágenes e información virtual con el entorno del mundo real, creando una experiencia interactiva que fusiona elementos físicos y digitales. (Liu et al., 2023). Por otro lado, la RV permite la creación de entornos simulados que ofrecen a los usuarios experiencias inmersivas, las cuales pueden replicar o diferir notablemente de la realidad. En contraste con los medios convencionales, la RV se distingue por su capacidad para integrar una amplia gama de señales verbales y no verbales, convirtiéndose así en una forma de comunicación única. (Dzardanova et al., 2022). La Realidad Mixta (RM) es la más avanzada de las tres, ya que integra tanto la RA como la RV, creando entornos en los que se fusionan objetos físicos y digitales (Guha et al., 2023).

Las tecnologías inmersivas son unas herramientas que poseen una gran capacidad y pueden ser aplicadas en múltiples campos. Con el progreso en el procesamiento de la información audiovisual y las tecnologías sensoriales, se logran experiencias cada vez más auténticas y envolventes mediante la recopilación de datos como la expresividad facial, los gestos o los sonidos ambientales (Pieri et al., 2022). Esto ha llevado a la creencia de que tales avances están principalmente orientados al entretenimiento, como en los videojuegos a través de las gafas de RV o RM (un ejemplo de esta última se ilustra en la Figura 2). No obstante, con el paso del tiempo, estas tecnologías se han implementado en diversas áreas como la terapia ocupacional, la salud, el turismo, la manufactura, la educación y el sector inmobiliario, desafiando las percepciones comunes y generando aplicaciones innovadoras (Abdallah et al., 2023).



Figura 2: Gafas de Realidad Mixta Meta Quest Pro (<https://www.meta.com/es/quest/>)

En el contexto educativo, las tecnologías inmersivas han ido ganando terreno gradualmente en las aulas debido a su atractivo tanto para estudiantes como para docentes. La incorporación de estas tecnologías busca incrementar la participación, la motivación y los logros académicos de los estudiantes. Al proporcionar experiencias educativas inmersivas e interactivas, los alumnos pueden aprovechar entornos de aprendizaje más personalizados, realistas y contextualizados.

Los estudiantes investigan y se relacionan con el contenido de forma más intuitiva y significativa utilizando estas tecnologías. De esta manera, la realidad virtual se presenta como una de las alternativas más poderosas, permitiendo a los alumnos involucrarse en actividades que imitan situaciones reales o explican conceptos complejos que, de otro modo, serían más difíciles de comprender. Diversas investigaciones indican que la realidad virtual (RV) puede potenciar el aprendizaje, particularmente en disciplinas que requieren una gestión espacial efectiva. Además, es especialmente beneficiosa para estudiantes con dificultades en la percepción espacial, ya que les proporciona herramientas que les ayudan a superar estos obstáculos (Akçayır y Akçayır, 2017; Botev y Rodríguez Lera, 2021).

2.2. La Realidad Aumentada en educación aplicada a las matemáticas

La RA se incorpora en la RV al superponer información digital en el entorno físico, mejorando la percepción de la realidad mediante datos o imágenes adicionales. Su potencial en el ámbito educativo ha sido investigado, y estudios como los de Belter et al., (2023) y Ridloka et al. (2023) indican que las experiencias inmersivas pueden transformar la enseñanza, permitiendo al alumnado interactuar con elementos que usualmente no están presentes en el entorno escolar cotidiano..

En lo que se refiere a la didáctica de las matemáticas en Educación Primaria, se ha visto que tiene un potencial significativo para mejorar su aprendizaje creando experiencias inmersivas e interactivas que conduzcan a una mejor comprensión y retención de los conceptos matemáticos (Setyaningsih et al., 2024). Del mismo modo, la integración de la RA en los centros educativos puede generar un cambio en la metodología de aprendizaje tradicional proporcionando un enfoque más práctico y creativo de las matemáticas y que el alumnado puede plantearse como un desafío (Hanggara et al., 2024; Hascher & Waber, 2021).

La implementación de la RA en dispositivos inteligentes y objetos físicos ha demostrado fomentar el desarrollo cognitivo y social en niños en edad preescolar. Esto se traduce en conductas más estratégicas y una mayor participación e interacción, con una menor necesidad de apoyo adulto (Cameron & Kim, 2016). Esto indica que la RA puede hacer el aprendizaje de matemáticas más agradable para los estudiantes, alentando la exploración y el trabajo colaborativo. Según Hinske et al. (2008), la capacidad de la RA para conectar símbolos matemáticos abstractos con representaciones del mundo real supera la simple memorización tradicional de estos conceptos. Al proporcionar representaciones concretas de problemas y soluciones matemáticas, la RA facilita a los estudiantes la comprensión de las aplicaciones prácticas de las matemáticas, ayudando a reconocer la relevancia del tema y disminuyendo su percepción intimidante. Un análisis exhaustivo de la literatura sobre el uso de la RA en la enseñanza de las matemáticas revela que esta tecnología es adecuada para todos los niveles educativos, especialmente en la educación primaria, y se utiliza principalmente en la enseñanza de la geometría y las funciones (Pahmi et al., 2023).

3. Contextualización y Propuesta Metodológica

En este apartado, se aborda la contextualización del centro y el diseño de la propuesta didáctica con las actividades más relevante que se han llevado a cabo para el TFM usando la aplicación “Calculadora 3D” para generar poliedros en RA. Se ha diseñado una propuesta de actividades que permite al alumnado de 6º de Primaria generar e identificar las características de los sólidos geométricos 3D.

El centro educativo donde se ha realizado la intervención es el CEIPS San Antonio María Claret, un centro concertado-privado de carácter religioso ubicado en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria en la isla de Gran Canaria. Se trata de un centro de línea 5 (5 líneas por curso) que se distribuye en tres secciones:

- Sección de Canalejas: acoge la etapa de Educación Infantil.
- Sección de Rabadán: acoge el tercer y cuarto curso de Educación Secundaria y Bachillerato.
- Sección de Tamaraceite: acoge la etapa de Educación Primaria y el primer y segundo curso de Educación Secundaria.

La intervención se ha llevado a cabo en esta última sección. Se ha tomado como muestra a 50 alumnos de dos de las cinco líneas (6ºB y 6ºE) de 6º de primaria.

En esta propuesta, se ha decidido emplear la RA para trabajar, según el currículo de matemáticas del tercer ciclo de Educación Primaria de Canarias, los siguientes saberes básicos del bloque III (Sentido Espacial):

- *1.1. Identificación y clasificación de figuras geométricas en objetos de la vida cotidiana, atendiendo a sus elementos y a las relaciones entre ellos.*
- *1.3. Adquisición y uso de vocabulario geométrico: propiedades de figuras geométricas (figuras regulares e irregulares, cóncavas y convexas, simetrías, etc.) y descripción verbal de los elementos (vértice, lado, diagonal, arista, cara, base, apotema, radio, diámetro, cuerda, sector circular, arco, etc.).*
- *1.4. Descubrimiento, generalización y uso de propiedades de figuras geométricas: exploración mediante materiales manipulables (cuadrículas, geoplanos, polícubos, etc.) y herramientas digitales (programas de geometría dinámica, realidad aumentada, robótica educativa, etc.).*

Además, se ha relacionado con las siguientes Competencias Específicas:

- 3. *Explorar, formular y comprobar conjeturas sencillas o plantear problemas de tipo matemático en situaciones basadas en la vida cotidiana, de forma guiada, reconociendo el valor del razonamiento y la argumentación, para contrastar su validez, adquirir e integrar nuevo conocimiento.*
- 4. *Utilizar el pensamiento computacional, organizando datos, descomponiendo en partes, reconociendo patrones, generalizando e interpretando, modificando y creando algoritmos de forma guiada, para modelizar y automatizar situaciones de la vida cotidiana.*

Estas Competencias Específicas se han relacionado con los siguientes criterios de evaluación:

- 3.1. *Formular conjeturas matemáticas sencillas, investigando patrones, propiedades y relaciones, utilizando materiales manipulativos, representaciones gráficas o herramientas digitales, para extraer conclusiones, comunicarlas y argumentarlas de forma verbal, manipulativa, gráfica o a través de medios tecnológicos..*
- 4.2. *Resolver problemas y realizar pequeñas investigaciones, utilizando las herramientas adecuadas, entre ellas las tecnológicas.*

Para ello, se ha diseñado una propuesta de actividades con 5 niveles de dificultad en la que el alumnado irá resolviendo los siguientes problemas:

1. Actividad de nivel 1: crear un cubo con la aplicación de “Calculadora 3D” e identificar el tipo de polígono que forma sus caras, así como el número de vértices, aristas y caras.
2. Actividad de nivel 2: crear un prisma triangular con la aplicación e identificar el número de caras, vértices y aristas.
3. Actividad de nivel 3: aprovechando el prisma anterior, averiguar su altura fijándose en los ejes cartesianos y deducir cuál tiene la mayor superficie.
4. Actividad de nivel 4: crear un tetraedro y un cubo con su desarrollo en el plano y comparar las dos figuras en cuanto al número de caras, vértices y aristas, y cuál tiene mayor superficie.
5. Actividad de nivel 5: crear un cubo, un cilindro, una pirámide triangular y un cono para comprobar si se cumple la Fórmula de Euler (Vértices – Aristas + Caras = 2)

Para emplear la RA en el aula, hay disponibles diversas herramientas y aplicaciones que facilitan la interacción y la creación de modelos, como *Quiver*, *Unity*, *MergeCube* y *Coespaces*, entre otras. No obstante, tras revisar el currículo de matemáticas, se eligió la aplicación gratuita “Calculadora 3D” de GeoGebra, cuyo logotipo se muestra en la Figura 3, debido a su simplicidad y adecuación a los contenidos a tratar.



Calculadora 3D

Grafica funciones 3D, superficies y objetos 3D con GeoGebra Graficador 3D

Figura 3: Aplicación Calculadora 3D (<https://www.geogebra.org/download?lang=es-ES>)

GeoGebra es una herramienta matemática que se ha adaptado exitosamente a diversos niveles educativos, integrando distintos bloques temáticos de las matemáticas (como álgebra, geometría, cálculo, estadística, gráficas y hojas de cálculo) en una sola plataforma virtual (*GeoGebra*, s. f.). Al acceder a la aplicación, permite de manera intuitiva crear figuras a partir de un punto en el plano, con opciones para generar pirámides, cilindros, cubos, entre otros, y ofrece la capacidad de dibujar automáticamente su desarrollo, como se observa en la Figura 4. Además, en su versión para dispositivos móviles y tabletas, permite seleccionar entre generar el poliedro en 3D dentro de la interfaz de la aplicación, hacerlo en RA escaneando una superficie, o visualizarlo en RV utilizando gafas de realidad virtual.

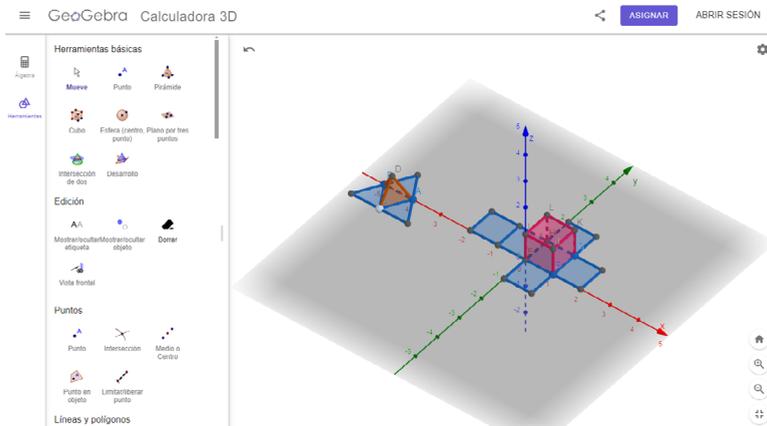


Figura 4: Creación de un tetraedro y un cubo con su desarrollo en el plano. (Elaboración propia)

Por otro lado, se diseñó un cuestionario basado en el vídeo “Los Poliedros” del canal de YouTube “*Happy Learning*”, presentado en la Figura 5, con el propósito de evaluar el conocimiento previo de los estudiantes sobre los poliedros. Para la creación del cuestionario se utilizó la extensión para Google Chrome de la herramienta *Quizizz*. En este cuestionario, los estudiantes, organizados en parejas, respondieron a preguntas de opción múltiple y, en caso de dudas, podían volver a ver el vídeo.



Figura 5: Vídeo Los poliedros
(<https://youtu.be/3wniQ7NA3Io?si=B7VV8lvA1K6NmCnv>)

4. Análisis de los Resultados

Tal como se ha expuesto, el uso de la RA en el aprendizaje de las matemáticas puede mejorar los resultados y la motivación del alumnado. Al inicio de la actividad se les pasó un cuestionario por parejas (12 parejas de 6ºE y 13 parejas de 6ºB) empleando la aplicación *Quizizz* como evaluación diagnóstica sobre el conocimiento previo del alumnado. En base a esto, como se puede ver en la Figura 6, el porcentaje promedio de aciertos en ambas clases no su-

para el 50% por lo que se puede inferir que el alumnado tenía un conocimiento limitado sobre el tema. Seguidamente, se aborda los resultados obtenidos por pregunta de manera más detallada.

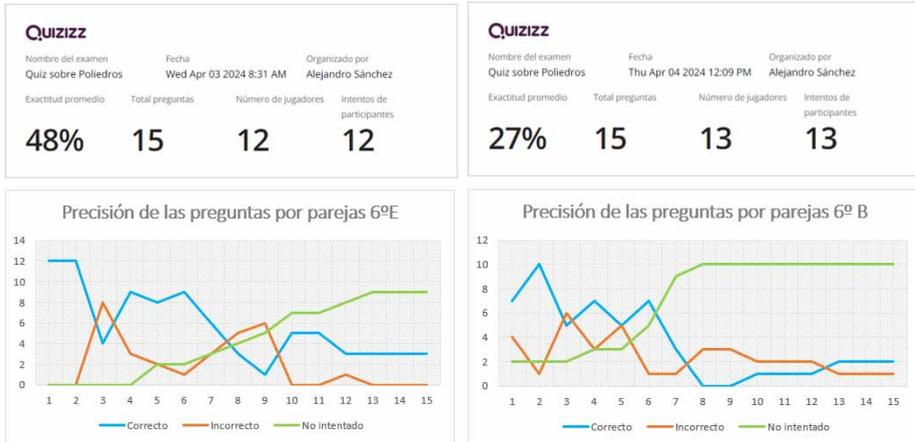


Figura 6: Resumen de los resultados obtenido del Quizizz en ambas clases.

En la Tabla 1 y la Tabla 2 se muestran las preguntas con las cuatro opciones de respuesta que se le hizo al alumnado al comienzo de la intervención. Dentro de las preguntas se puede distinguir varias categorías:

Preguntas de conocimiento general: estas se encuentran en las P_01, P_07 y P_014 y podían contestarse, en el caso de tener alguna dificultad, visualizando el vídeo adjunto al Quizizz.

- Preguntas de definición: en estas cuestiones se abordan las definiciones esenciales para entender un poliedro y sus partes. Las podemos encontrar en las P_02, P_03, P_08, P_11 y P_15.
- Preguntas de clasificación: aquí se abordan la clasificación de los prismas y pirámides según el polígono de su base. Estas son la P_04, P_05, P_06 y P_13.
- Preguntas de identificación o reconocimiento: con ellas se pretende que el alumnado sea capaz de reconocer los poliedros en figuras del mundo real como edificios o monumentos. Las encontramos en las P_09, P_10 y P_12.

Sin embargo, como se observa en la Tabla 1, existen algunas preguntas duplicadas. El objetivo que se buscaba al repetir las P_02, P_05, P_07, P_08 y P_09 en las P_11, P_12, P_13, P_14 y P_15 consistía en comprobar si el alumnado tenía interiorizado el contenido del curso pasado. Igualmente, tal y como se muestra en la Tabla 2, la formulación de las respuestas es bastante clara y concisa para que pudieran contestarse en el menor tiempo posible.

Tabla 1: Preguntas del cuestionario inicial con Quizizz

Identificador de la pregunta (ID)	Pregunta
P_01	¿Qué significa la palabra poliedro en latín?
P_02	¿Qué elementos forman un poliedro?
P_03	¿Qué son las aristas en un poliedro?
P_04	¿Cómo se clasifican los prismas según el número de lados de su base?
P_05	¿Qué tipo de base tienen las pirámides?
P_06	¿Cómo se nombran las pirámides según el número de lados de su base?
P_07	¿Qué ocupan los poliedros en las tres dimensiones?
P_08	¿Qué son los vértices en un poliedro?
P_09	¿Qué tipo de poliedro es un edificio formado por cuadriláteros?
P_10	¿Qué tipo de poliedro es una pirámide de Egipto?
P_11	¿Qué elementos forman un poliedro?
P_12	¿Qué tipo de poliedro es un edificio formado por cuadriláteros?
P_13	¿Qué tipo de base tienen las pirámides?
P_14	¿Qué ocupan los poliedros en las tres dimensiones?
P_15	¿Qué son los vértices en un poliedro?

Tabla 2: Respuesta correcta e incorrectas posibles asociadas a las preguntas Quizizz

ID	R_Correcta	R_Incorrecta 1	R_Incorrecta 2	R_Incorrecta 3
P_01	A) Muchas caras.	B) Alto y ancho.	C) Triángulos y cuadrado.	D) Pocos lados.
P_02	D) Caras, vértices y aristas.	A) Lados, esquinas y diagonales.	B) Ángulos, radios y diámetros.	C) Superficies, puntos y segmentos.
P_03	D) Los lados de las caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Las caras del poliedro.	C) Los puntos donde se unen tres o más caras.
P_04	D) Triangular, cuadrangular, pentagonal, hexagonal, etc.	A) Pequeño, mediano, grande, gigante, etc.	B) Rojo, azul, verde, amarillo, etc.	C) Redondo, cuadrado, triangular, pentagonal, etc.
P_05	B) Una sola base.	A) Base circular.	C) Tres bases diferentes.	D) Dos bases iguales.
P_06	D) Triangular, cuadrangular, pentagonal, hexagonal, etc.	A) Redondo, cuadrado, triangular, pentagonal, etc.	B) Rojo, azul, verde, amarillo, etc.	C) Pequeño, mediano, grande, gigante, etc.
P_07	A) Volumen.	B) Peso.	C) Área.	D) Longitud.
P_08	C) Los puntos donde se unen tres o más caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Los lados de las caras.	D) Las caras del poliedro.
P_09	C) Prisma.	A) Pirámide.	B) Esfera.	D) Cubo.
P_10	D) Pirámide.	A) Cubo.	B) Prisma.	C) Esfera.
P_11	A) Caras, vértices y aristas.	B) Lados, esquinas y diagonales.	C) Ángulos, radios y diámetros.	D) Superficies, puntos y segmentos.
P_12	C) Prisma.	A) Esfera.	B) Cubo.	D) Pirámide.
P_13	D) Una sola base.	A) Base circular.	B) Tres bases diferentes.	C) Dos bases iguales.
P_14	C) Volumen.	A) Área.	B) Peso.	D) Longitud.
P_15	D) Los puntos donde se unen tres o más caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Las caras del poliedro.	C) Los lados de las caras.

La Tabla 3 corresponde al porcentaje de respuesta de cada una de las cuatro respuestas posibles y además contemplando el porcentaje de respuestas no intentadas. En el cuestionario han participado en total 25 parejas, combinando las 13 de 6° B y las 12 de 6° E. A grandes rasgos se observa un porcentaje de aciertos bastante variable por pregunta, especialmente a partir de la P_06 donde empieza a descender de manera considerable hasta la P_09 donde as-

ciende hasta el 20%. Igualmente, como se puede ver en la Tabla 3 y la Figura 8, el porcentaje de parejas que no ha intentado responder a las preguntas aumenta gradualmente desde el comienzo hasta el final llegando a alcanzar el 76 %, esto se debe al tiempo empleado por pregunta. A cada grupo se les propuso un tiempo de entre 5 y 7 minutos para completar el cuestionario. Algunas parejas tuvieron dificultades técnicas con los dispositivos a la hora de visualizar el vídeo adjunto perdiendo tiempo en el proceso de resolución. Otros grupos presentaban dificultades organizativas en las parejas generando conflictos que incidían igualmente en el tiempo y en el acierto de la respuesta. Otro factor determinante, ha sido los momentos en los que se han llevado a cabo la intervención. La clase de 6ºE tuvo la práctica a primera hora de la mañana y obteniendo un 48% de precisión de respuestas; mientras que la clase de 6ºB tuvo la sesión a la cuarta hora de la mañana, hora previa al comienzo del recreo de mediodía, obteniendo una precisión del 27%.

Tabla 3: Porcentajes de respuesta de cada respuesta por pregunta del Quizziz

ID	%_Respuesta Correcta	%_Respuesta Incorrecta 1	%_Respuesta Incorrecta 2	%_Respuesta Incorrecta 3	%_NO Intentado
P_01	76%	0%	8%	8%	8%
P_02	88%	0%	0%	4%	8%
P_03	36%	40%	8%	8%	8%
P_04	64%	0%	4%	20%	12%
P_05	52%	8%	8%	12%	20%
P_06	64%	0%	0%	8%	28%
P_07	36%	0%	16%	0%	48%
P_08	12%	16%	16%	0%	56%
P_09	4%	4%	4%	28%	60%
P_10	24%	4%	0%	4%	68%
P_11	24%	0%	8%	0%	68%
P_12	16%	0%	12%	0%	72%
P_13	20%	0%	0%	20%	76%
P_14	20%	0%	4%	0%	76%
P_15	20%	0%	0%	4%	76%

Como se observa en la Tabla 3, las preguntas de conocimiento general (P_01, P_07 y P_14) no han tenido resultados favorables salvo la primera. Esto puede deberse a las dificultades encontradas para visualizar el vídeo adjunto

y en las últimas cuestiones por la falta de tiempo. Sin embargo, en las cuestiones de definición, al haberse trabajado en cursos anteriores, han obtenido los mejores resultados salvo en las cuestiones finales que el porcentaje de no intentos era superior al 60%.

La P_03 planteaba un repaso del curso anterior y se encuentra disparidad de respuestas. Se observa que el alumnado ha dudado al responder entre la opción A y D, ya que el grado de selección de ambas opciones es muy semejante. En este caso, tras una revisión con el alumnado, se ha decidido anular la pregunta, ya que confundieron el concepto de arista con el de diagonal de un poliedro.

En la P_07, la formulación de la pregunta era algo compleja de entender dado el contexto en el que se encontraba y esto se manifiesta en el resultado obtenido ya que el 48% de las parejas han optado por no contestar a la pregunta. Esto ocurre igualmente, cuando se repite la misma cuestión en la P_14 obteniendo un 76% de no intentos.

En las cuestiones de carácter competencial, identificando el tipo de poliedro asociado a un elemento del mundo real, más de la mitad del alumnado ha optado por no responder a esta pregunta a pesar de su sencillez. Esto puede deberse a dos factores: bien por el desconocimiento del contenido; o bien por la falta de tiempo para cumplimentar el cuestionario. En el caso de las cuestiones P_09 y P_12, se observa que el alumnado duda al responder entre prisma y cubo. Ambas respuestas, entendiendo la definición de cuadrilátero como un polígono de cuatro lados, serían correctas. Sin embargo, al no especificar el polígono, la respuesta más acertada sería el prisma. De este modo, se observa que se ha obtenido un 4% en la P_09 y aumenta levemente al 12% en la P_12.

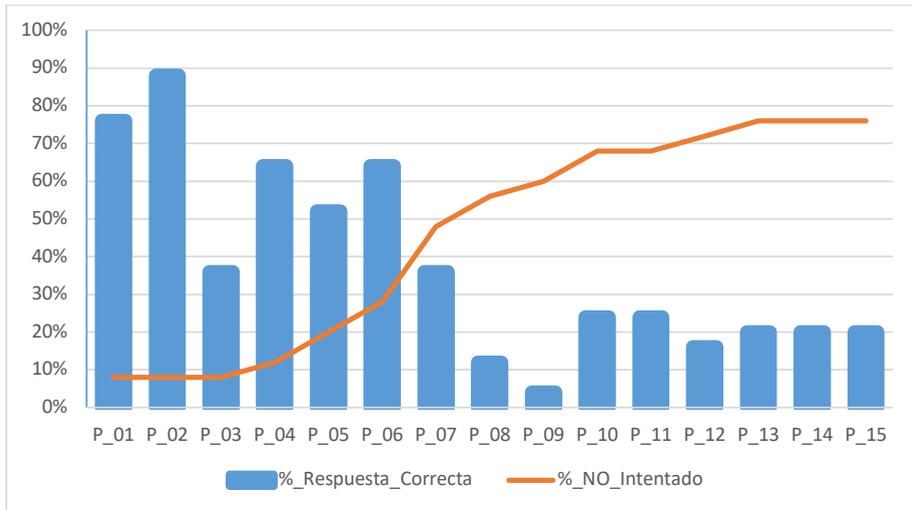


Figura 7: Gráfico comparativo entre el %_Respuesta_Correcta y el %_NO_Intentado.

A la vista de los resultados diagnósticos, tras finalizar el cuestionario, se fue realizando adaptaciones de las tareas para atender a las necesidades del alumnado. A medida que se les presentaba las tareas a realizar, se iba mostrando en tiempo real cómo se construía con la aplicación paso a paso para que luego pudieran investigar y jugar con las figuras cambiando la posición de los puntos o generando unas propias combinando otras formas como se puede ver en la Figura 8.



Figura 8: Imagen de un alumno redimensionando un prisma triangular con la opción 3D de la aplicación de GeoGebra Calculadora 3D.

A pesar de no haberse podido realizar la última actividad por falta de tiempo, al final de la intervención de los 50 estudiantes, se tomó una muestra aleatoria de 33 alumnos entre las dos clases que valoró positivamente en la encuesta la actividad como se puede ver en la Tabla 4 con una media de 7,76 sobre 10 puntos. En la encuesta, se le pedía al estudiante que respondiera a las cuestiones planteadas valorando en una escala del 1 al 10, siendo 1 la peor valoración y 10 la mejor.

Tabla 4: Resultados de la encuesta de satisfacción del alumnado.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta	Media	Desviación típica
¿Te ha gustado la actividad que has hecho hoy en clase?	7,76	1,66
¿Te ha parecido que la actividad era muy fácil o muy difícil de realizar?	6,39	1,77
¿Crees que al trabajar en equipo la actividad ha sido más sencilla?	7,45	2,97
¿Crees que la actividad te ha ayudado a entender los poliedros utilizando la Realidad Aumentada?	8,00	1,48

Como se puede ver en la Tabla 4, las preguntas eran sencillas y simplemente debían responder dan una nota del 1 al 10, siendo el 10 la nota más alta y el 1 la nota más baja. Además, al final del cuestionario se dejó un espacio para que el alumnado aportase su opinión o propuestas de mejora. A continuación, se detallarán los resultados de cada pregunta.

En la primera cuestión, se pedía que valorara las actividades realizadas del 1 al 10, siendo 1 que no le había gustado nada y el 10 que le había gustado muchísimo. Los resultados que obtuvimos fueron positivos, con una media de 7,76 de 10. La frecuencia de las puntuaciones se presenta en la Figura 9.

¿Te ha gustado la actividad que has hecho hoy en clase?

33 respuestas

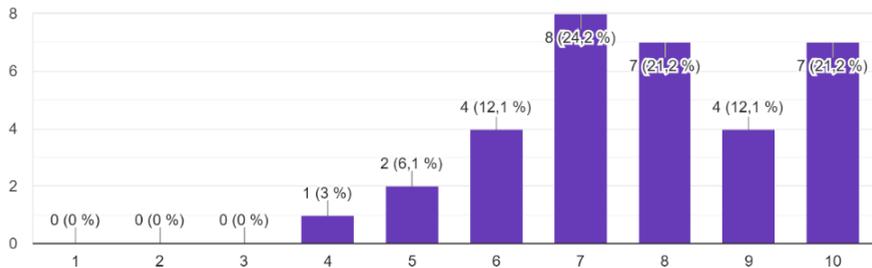


Figura 9: Pregunta 1 de la encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la segunda pregunta, se le pidió que valorase el nivel de dificultad de las tareas siendo el 10 muy fácil y el 1 muy difícil. La media obtenida fue de 6,39 sobre 10 (la frecuencia de las puntuaciones se presenta en la Figura 10), lo que muestra que las actividades estaban balanceadas con tendencia a difíciles. Esto puede deberse a la falta de conocimiento previo de la materia trabaja, es probable que varíen los resultados en próximas intervenciones.

¿Te ha parecido que la actividad era muy fácil o muy difícil de realizar?

33 respuestas

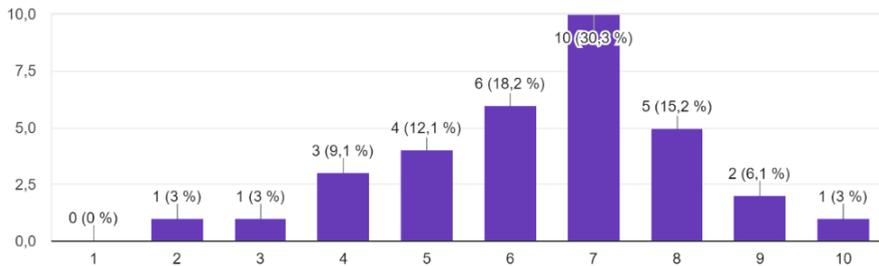


Figura 10: Pregunta 2 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la tercera pregunta, se le preguntó que valorara si les resultó más sencilla la actividad realizándola con en parejas. Se obtuvo una media de 7,45 sobre 10. La frecuencia de puntuaciones se presenta en la Figura 11, donde se observa que existe una desviación bastante amplia en las respuestas pudiendo deberse a que tan solo se empleó un dispositivo por pareja.

¿Crees que al trabajar en equipo la actividad ha sido más sencilla?

33 respuestas

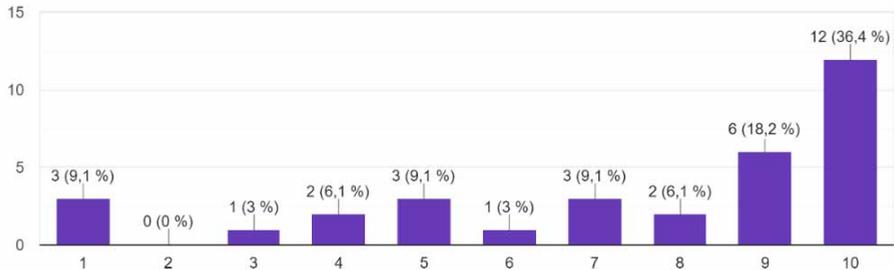


Figura 11: Pregunta 3 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la cuarta pregunta, se les pedía que valorasen si les había ayudado la RA a entender los poliedros. La frecuencia de las puntuaciones se muestra en la Figura 12, mientras que la media obtenida fue de 8,00, por lo que se puede inferir que las actividades han cumplido el objetivo inicial de aprender e identificar los sólidos geométricos 3D.

¿Crees que la actividad te ha ayudado a entender los poliedros utilizando la Realidad Aumentada?

33 respuestas

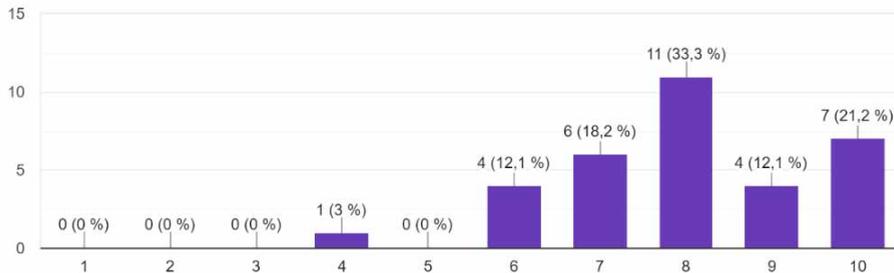


Figura 12: Pregunta 4 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

La última pregunta era de carácter opcional y el alumnado podía escribir sus impresiones o propuestas de mejora de las actividades. En rasgos generales, de los 19 comentarios tan solo 4 afirmaban que les pareció difícil, pero les había gustado bastante la actividad. Todos coinciden en que han aprendido bastante y les gustaría repetir la actividad en otro momento para trabajar en mayor profundidad.

En general, se puede concluir que los resultados obtenidos y los comentarios del alumnado son bastante favorables permitiéndonos reflexionar sobre la práctica realizada y mejorar para futuras experiencias.

5. Conclusiones y Líneas Futuras

A raíz del análisis de los resultados obtenidos se observa que la RA podría ser una herramienta que ayude a mejorar la motivación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje, en este caso de las matemáticas. Esta actividad de innovación educativa ha mostrado que el uso de la RA tiene un impacto considerable cambiando la metodología tradicional por una realidad más cercana a los intereses del alumnado. Prueba de ello, la calificación media de la actividad de 7,76 sobre 10 que valoró el alumnado al final de la experiencia.

Las actividades propuestas han conseguido captar la atención del alumnado motivándolo a superarse y enfrentarse a los diferentes desafíos. A medida que se iba avanzando en la intervención, el profesorado iba tomando un rol de acompañante o guía dejando que el alumnado construya su propio aprendizaje y comparta con sus iguales. Según Sampaio y Almeida (2018), la RA juega un papel esencial en la motivación, lo cual es clave para mantener la atención. Incrementando el interés de los estudiantes en el contenido, se resuelve en una mayor concentración y mejores logros académicos. Además, se ha observado que el nivel de concentración en la tarea usando la RA era mayor que cuando intentaban crear las figuras usando la versión tridimensional de la aplicación puesto que los movimientos tenían que ser más precisos para conseguir el objetivo.

De igual manera, se ha observado cómo el alumnado gestionaba la frustración ante los desafíos de diferentes maneras. Muchos de ellos, se apoyaban en sus parejas para conseguir el objetivo; otros se fijaban en lo que hacían los compañeros que lo habían conseguido imitándolos; y otros tantos intentaban buscar la seguridad en el adulto. Por tanto, el componente emocional jugaba un papel importante en el éxito del desafío. Según la revisión sistemática realizada por Riegel (2021), las emociones, especialmente la frustración, juegan un papel esencial en la resolución de problemas matemáticos. Aunque tradicionalmente se perciben como negativas, la frustración puede tener efectos positivos en contextos educativos. Las investigaciones sugieren que la frustración es una emoción común durante la resolución de problemas matemáticos y que su impacto es complejo, con resultados que pueden ser tanto beneficiosos como perjudiciales.

Por otro lado, se ha encontrado limitaciones en la práctica. Muchas de las aplicaciones de RA existente incluyen una membresía que permite acceder a contenido de mejor calidad y encontrar aplicaciones de carácter gratuito ha sido desafiante. Se estuvo contemplando la posibilidad de emplear *Merge Cube* y su aplicación educativa *Merge Explorer* para visualizar los diferentes poliedros y pudiesen resolver los problemas propuestos. Sin embargo, nos encontramos con la problemática de que la aplicación ocupa mucho espacio en el dispositivo que se vaya a instalar y muchas veces si el dispositivo no está actualizado puede generar bugs en la misma o sobrecargar la aplicación. Ciertamente, el uso de la aplicación de *GeoGebra* ha sido un acierto dado a su sencillez y fácil manejo tanto para el alumnado como para el profesorado que vaya a impartir la asignatura. Además, a medida que el alumnado va creciendo y aprendiendo más matemáticas puede emplear opciones avanzadas como trazar diagonales, dibujar otros planos, etc.

En general, se puede concluir que los resultados obtenidos han sido muy positivos. El trabajo realizado por alumnado ha sido satisfactorio y se vislumbra un gran interés por seguir aprendiendo y trabajando con la RA pues se ha visto que tiene beneficios en el estudiantado y muchos de ellos se han hecho visibles en la práctica. Sin lugar a dudas, el más notable ha sido el componente emocional y motivacional que mostraban al aprender los contenidos que para muchos eran desconocidos de una manera diferente y significativa.

En la Figura 12 y la Figura 13 se muestran dos momentos de la primera intervención. Como afirman Serrano-Durá et al. (2021), la introducción de metodologías gamificadas consigue mejores resultados en el alumnado que una metodología tradicional. Es por ello por lo que, se espera continuar en esta línea de investigación sobre la RA en las aulas y su aplicación a la didáctica de las matemáticas con el objetivo de ampliar su implementación en el primer ciclo de Educación Secundaria en el centro.

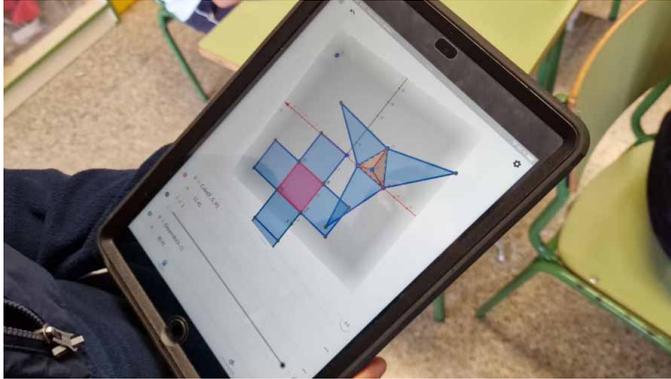


Figura 12: Intervención en el aula de 6° de Primaria.



Figura 13: Intervención en el aula de 6° de Primaria.

Bibliografía

ABDALLAH, M., PRABHAKARAN, B., CAI, W., & HSU, C.-H. 2023. «Recent Advances in Immersive Multimedia». IEEE MultiMedia, 30(2), 5-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/MMUL.2023.3280408>

Acerca de GeoGebra. (s. f.). GeoGebra. Disponible en: <https://www.geogebra.org/about>

- AKÇAYIR, M., & AKÇAYIR, G. 2017. «Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature». *Educational Research Review*, 20, 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- ÁLAMO, J., QUEVEDO, E., & MARQUÉS, J. P. 2019. «Integration of educational robotics with active didactic methodologies in primary school». En VI Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC, Las Palmas de Gran Canaria, 14 y 15 de noviembre de 2019, p. 129-135. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/58075>
- ASATRYAN, S., SVAJYAN, A., & ANTONYAN, S. 2023. «Augmented Reality in Education for Children with Special Needs». *Armenian Journal of Special Education*, 7(1), 56-62. Disponible en: <https://doi.org/10.24234/se.v6i1.304>
- BELTER, M., LUKOSCH, H., LINDEMAN, R. W., WU, Y., & STEINICKE, F. 2023. «Exploring Virtual Reality (VR) to Foster Attention in Math Practice – Comparing a VR to a Non-VR Game». En X. Fang (Ed.), *HCI in Games* (pp. 3-16). Springer Nature Switzerland. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35979-8_1
- BOTEV, J., & RODRÍGUEZ LERA, F. J. 2021. «Immersive Robotic Telepresence for Remote Educational Scenarios». *Sustainability*, 13(9). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13094717>
- DZARDANOVA, E., KASAPAKIS, V., GAVALAS, D., & SYLAIIOU, S. 2022. «Virtual reality as a communication medium: A comparative study of forced compliance in virtual reality versus physical world». *Virtual Reality*, 26(2), 737-757. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00564-9>
- Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes. 2023. Currículo de matemáticas de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Canarias. Disponible en: <https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/primaria/informacion/contenidos/curriculos/>
- GUHA, P., LAWSON, J., MINTY, I., KINROSS, J., & MARTIN, G. 2023. «Can mixed reality technologies teach surgical skills better than traditional methods? A prospective randomised feasibility study». *BMC Medical Education*, 23(1), 144. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04122-6>
- HANGGARA, Y., QOHAR, A., & SUKORIYANTO. 2024. «The Impact of Augmented Reality-Based Mathematics Learning Games on Students' Critical Thinking Skills». *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(7). Disponible en: <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i07.48067>

- HASCHER, T., & WABER, J. 2021. «Teacher well-being: A systematic review of the research literature from the year 2000–2019». *Educational Research Review*, 34, 100411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100411>
- HINSKE, S., LANGHEINRICH, M., & LAMPE, M. 2008. «Towards guidelines for designing augmented toy environments». *Proceedings of the 7th ACM conference on Designing interactive systems*, 78-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/1394445.1394454>
- LIU, Z., WANG, D., GAO, H., LI, M., ZHOU, H., & ZHANG, C. 2023. «Metasurface-enabled augmented reality display: A review». *Advanced Photonics*, 5. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/1.AP.5.3.034001>
- MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., & KISHINO, F. 1994. «Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum». *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- PAHMI, S., PRIATNA, N., & JUNFITHRANA, A. P. 2023. «Exploring the Application of Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review». *2023 IEEE 9th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)*, 1-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ICCED60214.2023.10425624>
- PIERI, L., SERINO, S., CIPRESSO, P., MANCUSO, V., RIVA, G., & PEDROLI, E. 2022. «The ObReco-360°: A new ecological tool to memory assessment using 360° immersive technology». *Virtual Reality*, 26(2), 639-648. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00526-1>
- RIDLOKA, M. D. Z., CAHYANI, V., AULIA, H. Z. B., & HIDAYAT, M. M. 2023. «Implementation of Virtual Reality in Simple Math Quizzes as Children's Learning Platform». *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 8(1), Article 1. Disponible en: <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v8i1.10>
- RIEGEL, K. 2021. «Frustration in mathematical problem-solving: A systematic review of research». *STEM Education*, 1(3), 157-169. Disponible en: <https://doi.org/10.3934/steme.2021012>
- SAMPAIO, D., & ALMEIDA, P. 2018. «Students' motivation, concentration and learning skills using Augmented Reality». *Fourth International Conference on Higher Education Advances*. Fourth International Conference on Higher Education Advances. Disponible en: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/HEAD/HEAD18/paper/view/8249>
- SERRANO-DURÁ, J., GONZÁLEZ, A. C., RODRÍGUEZ-NEGRO, J., & GARCÍA, C. M. 2021. «Results of a postural education program, with a gamified intervention

vs traditional intervention». *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 7(2). Disponible en: <https://doi.org/10.17979/sportis.2021.7.2.7529>

SETYANINGSIH, D. A., AS-SALAMAH, S. F., SETIYANI, E. D., & FAKHRIYANA, D. 2024. «Augmented reality in influencing interest in learning mathematics: Systematic literature review». *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(1). Disponible en: <https://doi.org/10.30738/union.v12i1.16536>

Enfermos Virtuales para las Prácticas Clínicas de Estudiantes del **3** Grado de Medicina en Procedimientos Mínimamente Invasivos

Y. Cabrera^{a,b}
M. Maynar^b
D. Melián^{a,b}
M.A. Rodríguez-Flrido^{a,b}

Fundación Canaria Ágora^a
Laboratorio MOTIVA de Simulación y Formación basada en Tecnología
del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno Infantil^b
yeraycd@fundacionagora.com; mmaynar@hotmail.com;
dacilmc@motivando.me, marf@motivando.me

Resumen:

La formación en Medicina contempla, como parte del currículum formativo, la realización de sesiones prácticas en centros sanitarios (consultas, centros de salud, hospitales, etc.). En estas sesiones de prácticas clínicas, los estudiantes del Grado de Medicina aprenden habilidades clínicas propias del contacto, tratamiento y atención al enfermo. En particular, en el caso de los procedimientos mínimamente invasivos, su formación se basa en la observación de cómo se indican y aplican por parte de los residentes o especialistas del centro sanitario donde realizan sus prácticas.

En el entrenamiento habitual de residentes y especialistas, es común que se usen simuladores virtuales (sistemas que emulan el acceso al enfermo y el manejo del instrumental sanitario para la realización de los procedimientos). Sin embargo, en el caso de los estudiantes del Grado, y para las técnicas sanitarias mínimamente invasivas, no se ha explotado aún la capacidad que ofrece este tipo de tecnología para acercar el enfermo al estudiante.

Las prácticas clínicas del Grado se desarrollan en un entorno sanitario en el que la ocupación asistencial ocasiona un obstáculo para que el estudiante pueda aprovechar su estancia en estas instalaciones. Por ello, la simulación basada en computador, permite, de manera inocua y complementaria a las rotaciones por los centros sanitarios, acercar Enfermos Virtuales (diferentes casos o situaciones clínicas modeladas en los simuladores) para instruir de forma práctica a los estudiantes en los procedimientos mínimamente invasivos.

Presentamos esta propuesta metodológica como un elemento complementario para mejorar los planes formativos en Medicina. Además, mostramos los resultados preliminares de nuestra experiencia con una asignatura del tercer año del Grado de Medicina y otra de sexto curso, ambas en el contexto de las prácticas clínicas y donde se han usado sistemas de simulación por computador que muestran técnicas mínimamente invasivas asociadas a los contenidos académicos de sendas asignaturas.

Aunque nuestra metodología requiere de más experiencias y diversidad de asignaturas del Grado, los resultados de valoración de los estudiantes indican que este tipo de formación se percibe positivamente para su educación práctica y se acepta como complemento útil para sus rotaciones por los centros sanitarios. Por tanto, se trata de una metodología que aporta un valor añadido a los modelos formativos tradicionales y que puede ser utilizado para salvar los retos que emergen de las actividades prácticas donde se trata sanitariamente a enfermos. Los estudiantes no pueden tratar al enfermo, pero si practican con Enfermos Virtuales su experiencia posterior con los reales es educativamente más provechosa.

Palabras clave:

Estudiantes, Prácticas Clínicas, Simulación, Mínima Invasión.

1. Introducción

La Medicina es una profesión que se aprende mayormente mediante las experiencias prácticas y con la casuística clínica a la que los estudiantes son expuestos de diferentes maneras. Al tratarse de una profesión esencial en cualquier sociedad desarrollada, pues afecta al 100% de la población, exige el desempeño de competencias que deben ser contextualizadas a través de prácticas clínicas, con el objetivo de acercar, de manera progresiva y segura, el contacto del estudiante con el enfermo.

Durante las prácticas clínicas, los estudiantes del Grado de Medicina aprenden habilidades propias del tratamiento y atención al enfermo, introduciéndose en la práctica asistencial bajo la supervisión de sus docentes en los centros sanitarios universitarios.

Sin embargo, y resultado de situaciones extraordinarias como la pandemia de la COVID-19, se ha podido observar que el sistema educativo en Medicina adolece de medios para poder formar a los futuros profesionales con los modelos tradicionales. Lo cual se acentúa mucho más con el crecimiento demo-

gráfico, procesos migratorios y envejecimiento de la población de los países desarrollados. En los próximos años el sistema sanitario, a nivel educativo y sanitario, tendrá que encontrar un modelo para poder abordar la carga asistencial que se aproxima.

Por esta razón, aparecen nuevos retos, como la disponibilidad de centros y profesionales, en un entorno con considerable presión asistencial (Ministerio de Sanidad de España, 2022), modelos escalables de formación y capacidad para, de manera práctica y sin el enfermo, aprender los conceptos de los procedimientos sanitarios que se soportan sobre tecnología.

Los procedimientos mínimamente invasivos, base de la medicina moderna, se educan, en el Grado, a través de la observación. La experiencia práctica de los estudiantes depende, en gran medida, de la casuística acaecida durante su periodo de prácticas clínicas, resultando una formación asimétrica donde los estudiantes no presencian los mismos casos académicos. Son actividades difíciles de evaluar y los estudiantes tienen una percepción frustrante de sus prácticas clínicas.

Por tanto, se hace necesario abordar estas cuestiones y encontrar modelos educativos que, complementarios a los tradicionales, permitan superar estos retos. En esta línea, la simulación virtual y todo lo relacionado con tecnología basada en computador que permita modelar escenarios clínicos, aporta un valor relevante a la formación de los estudiantes de Medicina.

El concepto de Enfermo Virtual, diferentes casos o situaciones clínicas modeladas en simuladores, incorpora precisamente este recurso que introduce una tecnología aceptada en todo el mundo educativo sanitario. Además, dispone de variedad de dispositivos que permiten su implementación y están reconocidos como medio para difundir conocimientos y entrenar habilidades y actitudes a todos los niveles profesionales de la salud (Pai, Dinker, 2018).

En concreto, existen experiencias en países de nuestro entorno donde el uso de la simulación es usada para complementar las prácticas clínicas de Grados sanitarios (NMC. Nursing & Midwifery Council, 2023) e incluso han sido utilizadas, a otro nivel más básico, para la Evaluación Clínica Objetiva y Estructurada (ECOE).

Por tanto, en el caso de los estudiantes del Grado de Medicina, este tipo de tecnologías ofrecen la oportunidad de acercar el enfermo al estudiante y mejorar el proceso de aprendizaje de la práctica médica utilizando tecnología.

En el caso de las técnicas mínimamente invasivas, procedimientos sanitarios basados en tecnología que de por sí requieren ser entrenados con simuladores durante la etapa de especialización (residentes) y actualización (espe-

cialistas), no se ha incorporado de manera rutinaria para la formación de los estudiantes del Grado y, por ello, consideramos de interés habilitar esta opción. No se trata de que entrenen las habilidades técnicas específicas de los procedimientos mínimamente invasivos, sino de situar al estudiante, previo a la rotación o estancia práctica en los centros sanitarios, para aprender y entender los conceptos básicos de la técnica y su relación con la materia docente impartida.

En este contexto, la simulación es una solución que garantiza la seguridad del enfermo, una formación estandarizada para todos los estudiantes, la práctica repetida para lograr el conocimiento deseado y la valoración objetiva de lo que hacen los estudiantes. Lo que permite evaluar su comprensión del contenido y prepararlos para su rotación por el centro sanitario.

Es en este punto cuando, desde nuestro grupo, proponemos una metodología basada en la implementación de tecnologías de simulación (Ballesteros-Ruiz, J., et al, 2013) y de tecnologías inmersivas (Rodríguez-Flórido et al, 2024) que implementen Enfermos Virtuales para la realización de prácticas clínicas de los estudiantes de Grado de Medicina de nuestra Universidad.

En este trabajo, tras hacer esta introducción, detallaremos nuestra propuesta metodológica, describiremos los materiales que son necesarios para llevarla a la práctica y mostraremos los resultados obtenidos hasta el momento. Finalizaremos con una sección de discusión y conclusión, mencionando líneas futuras.

2. Propuesta Metodológica

Nuestra propuesta metodológica tiene como objetivo complementar la formación de los estudiantes del Grado de Medicina, durante sus prácticas clínicas, mediante la creación de Enfermos Virtuales para aprender técnicas mínimamente invasivas.

El método proporciona un entorno seguro y replicable que introduce al estudiante en conceptos básicos de este tipo de procedimientos y que, posteriormente, puede relacionar con su experiencia práctica en el centro sanitario universitario donde realice las prácticas.

Para desarrollar esta metodología, primero debemos identificar las asignaturas cuyo contenido incorpore técnicas mínimamente invasivas y se puedan modelar Enfermos Virtuales que complementen los contenidos académicos que recibirán los estudiantes en los centros sanitarios de rotación.

El modelado o diseño de estos Enfermos Virtuales forma escenarios y casos clínicos que, mediante ejercicios diseñados al efecto, permiten al estudiante adquirir el contenido de la asignatura en la que se enmarca.

Estos Enfermos Virtuales pueden ser creados utilizando diferentes tecnologías. Su diseño dependerá de los objetivos formativos establecidos y la tecnología disponible. En la sección de recursos tecnológicos describimos algunas de las soluciones que son, hoy en día, ya susceptibles de ser aplicadas.

Teniendo en cuenta la dinámica de clase y considerando que en las prácticas clínicas son grupos de varios estudiantes (entre 5 y 10), cada uno de los Enfermos Virtuales se debe situar como una estación de prácticas por la que rotan los estudiantes.

Cada estación, mediante un caso de Enfermo Virtual, se ocupa de algún contenido en mínima invasión impartido en la práctica y relacionado con la asignatura correspondiente. El docente, que supervisa estas estaciones prácticas, elabora una actividad y valora el paso de los estudiantes de una a otra estación, según la realización de la misma.

3. Recursos Tecnológicos

Para desarrollar la metodología propuesta se requiere de recursos tecnológicos que permitan crear Enfermos Virtuales con objetivos docentes definidos en el contexto de cada asignatura.

Debido a que el uso y manejo de la tecnología requiere de cierta experiencia, es de interés disponer de un grupo de colaboradores técnicos que supervisen, asesoren y actualicen los dispositivos tecnológicos.

3.1. Aplicaciones Software Especializadas

Un contenido habitual en gran parte de las asignaturas clínicas del Grado de Medicina, contempla el uso de imágenes médicas del enfermo y su utilización para el diagnóstico y la terapia, sobre todo, en mínima invasión. En este contexto, se pueden utilizar aplicaciones de visualización, procesado y análisis de imágenes médicas para crear Enfermos Virtuales y simular diferentes casos clínicos relacionados con la asignatura. En la actualidad hay disponible una extensa variedad de aplicativos de este tipo que, en código abierto, facilitan el acceso a este tipo de tecnología.

Dichos aplicativos permiten la creación de estaciones para el diagnóstico y planificación quirúrgica basados en imagen y, a través de aplicaciones como

el itk-snap (Yushkevich et al, 2016) o 3DSlicer (Pujol et al, 2016), crear casos clínicos en el que los estudiantes deben aprender a manejar y utilizar dichas aplicaciones para tratar el caso del Enfermo Virtual planteado.

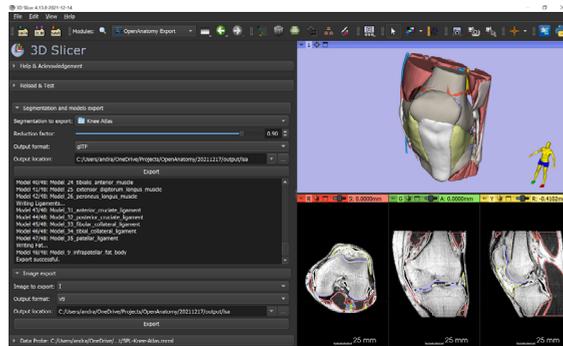


Figura 1. Software de tratamiento de imágenes médicas

Por otra parte, un recurso muy útil para crear Enfermos Virtuales es la impresión 3D. Este tipo de tecnología, dispone de software avanzado que nos permite crear, basados en imágenes médicas de un enfermo o en un modelado 3D realizado, gestionar un modelo virtual 3D para imprimirlo como una maqueta física con las dimensiones anatómicas reales.



Figura 2. Impresora 3D

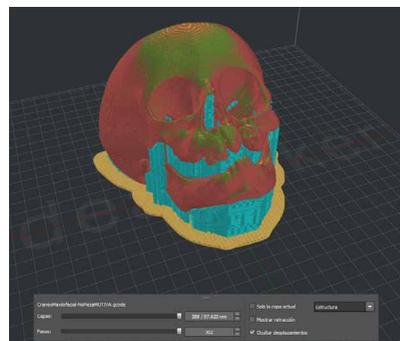


Figura 3. Aplicativo de impresión 3D

3.2. Tecnologías Inmersivas

Las tecnologías inmersivas permiten sumergir a un usuario en un escenario sintético prediseñado emulando un entorno físico. Estos entornos han demostrado ser útiles para la formación en Medicina (Rodríguez-Florido et al., 2024) pues los estudiantes, con el soporte de una tecnología adaptada, realizan y desarrollan tareas que aumentan su entendimiento de algún contenido académico, percibiendo aspectos educativos que, sin la propia realización de la actividad, son difíciles de adquirir de la manera tradicional.

Existen múltiples tecnologías que pueden ser utilizadas en estos entornos inmersivos (Castro et al., 2022) y, según los objetivos docentes, se utilizarán en las estaciones educativas propuestas en nuestra metodología.

En particular, consideramos de interés para nuestra metodología, los siguientes recursos:

a) Aplicaciones para Aprender Anatomía en VR

Mediante esta tecnología, el alumno se encuentra inmerso en un entorno 3D digital y colaborativo en el cual puede ver e interactuar mediante el uso de dispositivos (gafas, guantes, auriculares, mandos, etc.) sumergiendo al estudiante en un contexto (Rodríguez-Florido et al, 2024).

Este tipo de recurso permite crear diferentes estaciones de trabajo en las que el entorno digital ayude a formar al estudiante de Medicina a participar de situaciones propias de la práctica clínica, o trabajar conceptos esenciales de forma interactiva, sin necesidad de usar enfermos reales.

En el caso de la docencia de asignaturas básicas (anatomía, histología, etc.), se puede generar una sala de disección anatómica virtual, en la que los estudiantes pueden disponer de un cadáver virtual para realizar disecciones anatómicas asociadas a los contenidos de la asignatura. En la figura 4 se observa a una estudiante utilizando una aplicación para el aprendizaje de anatomía visualizando, de forma inmersiva, un cuerpo digitalizado en el que poder realizar disecciones, interactuando con las diferentes estructuras anatómicas tal y como se observa en la figura 5.



Figura 4. Estudiante utilizando gafas de realidad virtual



Figura 5. Interfaz de realidad virtual

b) Visión Estereoscópica para Aprender Anatomía

Otra manera de generar entornos inmersivos interactivos, en los que los estudiantes puedan aprender anatomía, es a través de la tecnología estereoscópica, popularmente conocida por el cine 3D. Estos sistemas utilizan las propiedades de polarización de la luz para generar imágenes que los usuarios pueden ver con efecto inmersivo mediante el uso de gafas muy similares a las solares.

Dichos sistemas constan de un monitor, con un computador asociado, con emisores polarizadores de la imagen y un sensor que detecta las gafas estereoscópicas. También disponen de un lápiz óptico que permite interactuar con el escenario tridimensional (véase figura 6 para más detalle).

En este sistema se puede diseñar una estación de aprendizaje donde se modelan diferentes Enfermos Virtuales (casos) para aprender de forma interactiva asignaturas del Grado de Medicina. Investigaciones como las llevadas a cabo por Hsu, Tsai y Lin (2018) han demostrado la efectividad de estos entornos en el ámbito educativo, encontrando resultados prometedores en términos de mejora del aprendizaje. Además, Wang, Lu y Zhu (2020) han explorado su aplicación específica en la enseñanza, encontrando su validez para involucrar a los estudiantes de manera más efectiva en el proceso de aprendizaje.

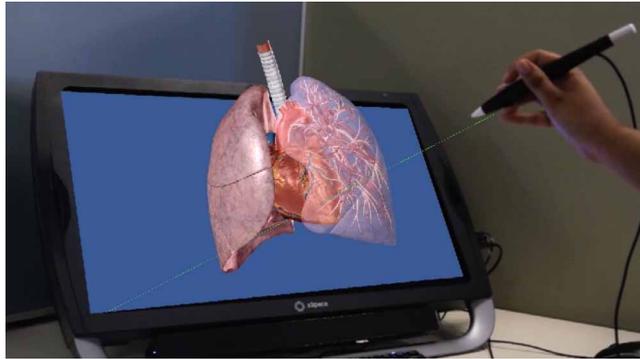


Figura 6. Sistema de visión estereoscópica

3.3. Simuladores Virtuales de Técnicas Mínimamente Invasivas

Las técnicas mínimamente invasivas requieren de formación y entrenamiento especializado para su aprendizaje durante el periodo de especialización (residencia), dado que se soportan sobre tecnología que el residente no está acostumbrado a entender, manejar o gestionar.

Para ello se utilizan, desde hace muchos años, sistemas de simulación virtual que permiten practicar dichas técnicas y adquirir las habilidades necesarias para su aplicación sobre el enfermo.

En el caso de los estudiantes del Grado de Medicina, su relación y aprendizaje de este tipo de técnicas se reduce al conocimiento de su existencia y su observación durante las prácticas clínicas.

En este contexto, precisamente, y aprovechando que existen los medios para entrenarlas, resulta de interés utilizar los mismos sistemas de simulación para formar en este tipo de técnicas y permitir a los estudiantes practicar con Enfermos Virtuales.

Es por ello que alguna de las estaciones educativas de nuestra metodología puede estar formada, según el contenido de la asignatura, por alguno de estos sistemas de simulación:

a) Ecografía

Un simulador de ecografía se configura mediante la integración de diversos componentes, que incluyen un maniquí diseñado para replicar la morfología del enfermo. Este dispositivo se complementa con periféricos que simulan son-

das ecográficas convencionales, tales como sondas sectoriales, curvilíneas o transvaginales. Además, requiere de un sistema computacional de alto rendimiento, en conjunto con un sistema de seguimiento tridimensional y un monitor, que permiten la representación de la imagen ecográfica obtenida al colocar la sonda sobre el maniquí, en una determinada área del cuerpo humano.

Este simulador te permite seleccionar y configurar diferentes situaciones clínicas y, por tanto, diferentes Enfermos Virtuales sobre los que crear actividades específicas asociadas al contenido de la asignatura. Dichas actividades son muy básicas y ayudan al docente a introducir al estudiante en la técnica, aunque también es posible enseñar algunas habilidades elementales (mover la sonda) que le ayuden a entender el funcionamiento de la ecografía y favorecer así su comprensión de aplicación clínica cuando realiza las rotaciones por los centros sanitarios.



Figura 7. Simulador ecográfico

b) Endoscopia Rígida

La endoscopia rígida es una técnica de mínima invasión que requiere de orificios, uno para una cámara (endoscopio) y otros para instrumental sanitario, para guiar, mediante la imagen que se obtiene del endoscopio, al especialista, que maneja el instrumental para realizar el procedimiento clínico. Típicas técnicas de este tipo son la cirugía laparoscópica y todas sus variantes.

Un simulador de endoscopia rígida es un dispositivo que replica esta técnica utilizando un ordenador de alto rendimiento con capacidades gráficas avanzadas. Este sistema ejecuta un software especializado diseñado para visualizar modelos que representan la anatomía de un Enfermo Virtual. Los resultados de esta simulación se proyectan en un monitor, desde el cual el usuario puede interactuar con el instrumental médico utilizando consolas específicas. Para obtener una comprensión más detallada, se hace referencia a la figura 8.

Este tipo de simuladores dispone de la posibilidad de configurar diferentes situaciones clínicas (Enfermos Virtuales) que ayuden al usuario a entender una situación concreta o técnica específica. Tanto escenarios donde se trabajan las habilidades básicas, como la orientación, la gestión de la profundidad o la coordinación de ambas manos, a procedimientos propios de una especialidad sanitaria concreta. En el caso de los estudiantes de Grado, esta configuración dependerá del objetivo de las prácticas clínicas de cada asignatura.

Además, el simulador virtual permite medir métricas de la actividad realizada por el estudiante, existiendo ciertos parámetros configurables para valorar el entendimiento del estudiante con respecto a la técnica.



Figura 8. Simulador de endoscopia rígida

c) Endoscopia flexible

En este tipo de técnica una cámara dentro de un soporte flexible (endoscopio) se introduce, a través de un orificio natural del cuerpo humano, en su interior, con el objeto de diagnosticar o intervenir, por medio de un orificio en el soporte flexible que lleva la cámara, con algún instrumental específico.

Este tipo de simulador está compuesto por un computador de altas prestaciones que ejecuta un software de visualización de modelos tridimensionales del escenario anatómico a tratar, un monitor que emula la imagen que se recibe del endoscopio, un sistema de acceso al enfermo e instrumental que reproduce los utilizados en las técnicas reales.

Un simulador de endoscopia flexible se puede utilizar para simular broncoscopias a través de las vías aéreas o gastroscopias y colonoscopias en las vías digestivas. Por ello, es muy útil para mostrar el manejo de cualquiera de los instrumentos de visión de este tipo de técnicas: broncoscopio, gastroscopio o colonoscopio.

Los Enfermos Virtuales se generan de los casos clínicos de los que dispone el simulador. El estudiante de Grado puede aprender en esta estación acerca del funcionamiento del instrumental, la ubicación anatómica en vías superiores (digestivas o respiratorias) o inferiores (digestivas) o bien algún caso específico.

Del mismo modo, al igual que el resto, este simulador nos permite evaluar al alumno al recibir métricas objetivas de lo que hace en cada una de las actividades y poder evaluar así su adquisición de los contenidos impartidos.



Figura 9. Simulador de endoscopia flexible

d) Técnicas endovasculares

Son simuladores diseñados específicamente para la formación y entrenamiento en procedimientos endovasculares (angiografías, angioplastias, embolizaciones, etc.) guiados por imagen de fluoroscopia.

Por lo general incluyen un computador con monitor que muestra la imagen de control del software de simulación y la imagen de guía de la técnica, un sistema que emula el acceso al enfermo y donde se introduce el instrumental (catéteres, guías, etc.), un control por pedales y otro de la mesa de operaciones para ubicar al enfermo respecto al especialista.

Estos sistemas permiten mostrar la técnica a los estudiantes del Grado de Medicina de manera que puedan entender los diferentes tipos de instrumental y su utilidad, así como practicar en su uso, evitando la exposición a los rayos X que, en los dispositivos reales, generan la imagen de fluoroscopia.

Además, dispone de varios casos clínicos que pueden ser utilizados para crear una estación de educación con Enfermos Virtuales que muestren varios conceptos académicos de interés en el contexto de las asignaturas del Grado.



Figura 10. Simulador endovascular

4. Resultados

En esta sección presentamos los resultados de las experiencias que hemos realizado en dos asignaturas del Grado de Medicina en nuestra Universidad. Estos experimentos nos han permitido evaluar la validez de la metodología y la capacidad práctica de poder implementarla dentro de las prácticas clínicas de los estudiantes.

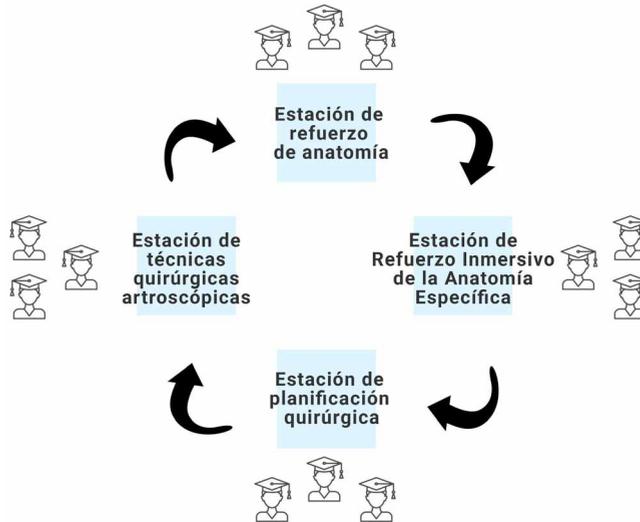
4.1. Muestra experimental de estudiantes

Nuestra metodología se ha probado con 216 estudiantes provenientes de las asignaturas de Otorrinolaringología y Estomatología Médico Quirúrgica (OEMQx), 118 estudiantes del tercer año del Grado de Medicina, y el Rotatorio Clínico con 98 estudiantes del sexto año del Grado.

4.2. Estaciones de Aprendizaje

a) Otorrinolaringología y Estomatología Médico Quirúrgica (OEMQx)

En la asignatura OEMQx, se diseñaron 4 estaciones educativas que incorporan Enfermos Virtuales modelados para practicar sobre tópicos del contenido de la asignatura:



1. Estación de refuerzo de anatomía: En las asignaturas con prácticas clínicas, que se imparten en los centros hospitalarios, requieren un conocimiento fluido de la anatomía específica que ocupa la asignatura. En concreto, en esta estación educativa se pretende, mediante tecnología estereoscópica, que los estudiantes refresquen las principales estructuras anatómicas del cráneo.

Para ello se crearon casos clínicos (Enfermos Virtuales) de la región maxilofacial, guiando al estudiante en una visualización interactiva y por capas de la anatomía de la zona.



Figura 11. Estación de refuerzo de anatomía Figura 12. Estación de refuerzo de anatomía

2. Estación de Refuerzo Inmersivo de la Anatomía Específica: En el contexto de la propuesta desarrollada por Rodríguez-Forido et al. (2024), se diseñó una estación educativa que modelaba una sala de disección virtual en la que se tenía acceso de forma colaborativa a un enfermo/maniquí virtual al que se le podía realizar, siguiendo el protocolo correspondiente, la disección de la mandíbula humana (véanse figuras 13 y 14 para más detalle). De esta manera, los estudiantes aprendían de forma práctica la estructura anatómica y la ubicación relativa de unos tejidos respecto a otros.



Figura 13. Estación en el metaverso



Figura 14. Vista interior de los contenidos mostrados en el metaverso

3. Estación de planificación quirúrgica: Se ofrece a los estudiantes una variedad de imágenes médicas asociadas a casos clínicos en el contexto de la cirugía maxilofacial. Al igual que en el proceso clínico, se les muestra cómo se crean los modelos 3D a partir de estas imágenes (utilizando dos aplicaciones de software libre ITK-SNAP y Slicer3D, anteriormente mencionadas) y cómo es el proceso para imprimirlos en 3D, generando un recurso que el cirujano usa de manera habitual en quirófano para guiar su cirugía.

Esta estación tiene como objetivo que los estudiantes entiendan y practiquen la conversión de una imagen médica a un modelo 3D y, en su defecto, el proceso posterior de impresión 3D.

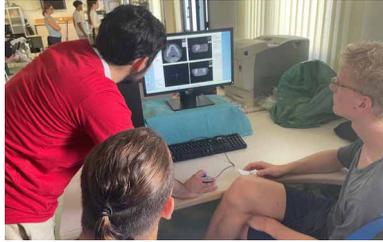


Figura 15. Estación de planificación quirúrgica

4. Estación de técnicas quirúrgicas artroscópicas: Se crean diferentes Enfermos Virtuales que sirven para mostrar diferentes situaciones quirúrgicas mínimamente invasivas que se utilizan en el contexto de esta asignatura. Los estudiantes tienen la oportunidad de practicar con un simulador profesional de endoscopia que modela los aspectos básicos de la artroscopia de mandíbula y aprender los conceptos básicos de este tipo de técnica.



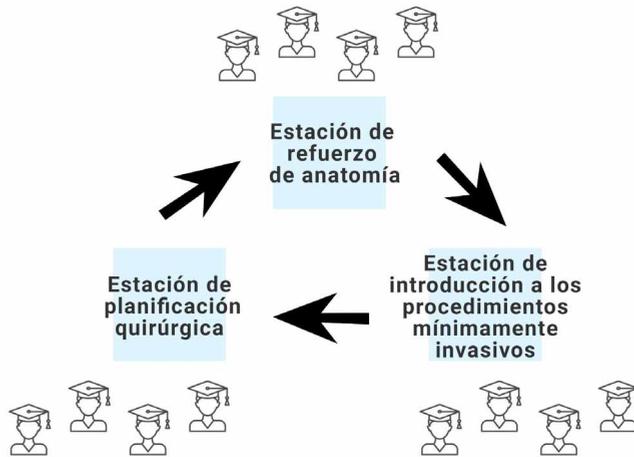
Figura 16. Estación de simulación de endoscopia rígida



Figura 17. Estación de simulación de endoscopia rígida

b) Rotatorio Clínico

En cuanto al Rotatorio Clínico, se crearon otras estaciones educativas enfocadas en los contenidos propios de las prácticas clínicas de dicha asignatura:



1. Estación de refuerzo de anatomía: Esta estación educativa se ocupa, como en el caso de OEMQX, de la disección anatómica en una sala virtual (Rodríguez-Forido et al., 2024). En el caso de esta asignatura se les muestra la versatilidad de la tecnología y cómo se pueden crear Enfermos Virtuales para aprender en diferentes situaciones sanitarias. Se trata de una estación donde aprender a trabajar colaborativamente y a interactuar de manera natural en un entorno sintético con un fin docente.



Figura 18. Vista del software de control de la estación en el metaverso



Figura 19. Estudiantes de la asignatura realizando la sesiones de prácticas clínicas

- 2. Estación de introducción a los procedimientos mínimamente invasivos:** En esta estación se propone a los estudiantes conocer de forma práctica varias de las técnicas mínimamente invasivas que se utilizan en diferentes especialidades sanitarias. Para ello se les muestra simuladores virtuales sobre los que se pueden implementar diferentes Enfermos Virtuales sobre los que mostrar el procedimiento y su realización basada en tecnología.



Figura 20. Estación de introducción a los procedimientos mínimamente invasivos.

- 3. Estación de planificación quirúrgica e impresión 3D:** En esta estación, al igual que se hacía con OEMQx, los estudiantes son introducidos en la visualización y procesado de imágenes médicas y la generación de modelos 3D, mediante el uso de aplicativos de software libre. Además, se les muestra impresiones 3D realizadas con clínicos para su uso en planificación quirúrgica, así como las ventajas de dicha tecnología.



Figura 21. Estación de planificación quirúrgica e impresión 3D

4.3. Encuesta de Satisfacción y Valoración de la Actividad

Para medir la percepción subjetiva de los estudiantes y obtener un fotografía de la validez práctica de uso de la metodología propuesta, realizamos una encuesta de satisfacción y validación de la actividad práctica realizada.

De esta encuesta sólo pretendemos extraer conclusiones cualitativas de la aceptación de la metodología por parte de los estudiantes y de su factibilidad para implementarlo en la dinámica de las prácticas clínicas en los centros sanitarios.

Dado que los estudiantes pertenecían a niveles formativos distintos y asignaturas con objetivos docentes diferenciados, los cuestionarios fueron elaborados para cada una de las asignaturas.

En la tabla 1 se muestran las cuestiones planteadas a los estudiantes de la asignatura de OEMQx y los resultados, de 1-5, en %, de cada pregunta. Nótese que se marcan en gris los valores con porcentaje de elección más alto.

Tabla 1. Resultados encuestas de valoración de estudiantes de la asignatura de Otorrinolaringología y Estomatología Médico Quirúrgica

Pregunta	Valoración (%)				
	1	2	3	4	5
En el contexto de las prácticas clínicas de la asignatura, ¿consideras que este tipo de talleres aporta valor y conocimientos al aprendizaje de la asignatura?	0,0	0,0	6,8	19,5	73,7
¿Las tareas prácticas realizadas te parecen que están relacionadas con los contenidos propios de la asignatura?	0,0	1,7	11	30,5	56,8
¿Crees que este tipo de contenidos, en las asignaturas del Grado de Medicina, te permiten mejorar tu formación?	0,0	1,7	1,7	18,6	78,0
¿Consideras de interés utilizar este tipo de contenidos en otras asignaturas del Grado de Medicina que se ocupen de otros contenidos clínicos (Sistema Vasculard, Aparato Digestivo, Aparato Respiratorio, etc...)?	0,0	0,8	1,7	12,7	84,7
¿Pondrías este tipo de contenidos obligatorios en ciertas asignaturas en el Grado de Medicina? Justifica tu respuesta.	0,8	1,7	14,4	23,7	59,3
¿Crees que este tipo de formación favorece tu formación posterior como médico especialista?	0,0	0,8	7,6	19,5	72,0
Valoración general de las sesiones prácticas	0,0	0,8	5,1	22,0	72,0

En la tabla 2 se muestran las cuestiones planteadas a los estudiantes de la asignatura del Rotatorio Clínico y los resultados, de 1-6, en %, de cada pregunta. En este caso, se amplió la valoración hasta 6 para evitar puntuaciones neutras. De nuevo, se marca con fondo gris la puntuación con mayor porcentaje.

Tabla 2. Resultados encuestas de valoración de estudiantes del Rotatorio Clínico

Pregunta	Valoración (%)					
	1	2	3	4	5	6
¿Consideras útil y práctico este tipo de seminario dentro del Rotatorio Clínico?	5,1	0,0	9,2	11,2	25,5	49,0
¿Crees que este tipo de contenidos en las asignaturas del Grado de Medicina te habrían hecho mejorar tu formación?	2,0	1,0	5,1	12,2	11,2	68,4
¿Consideras que este tipo de contenidos te habrían aportado valor a tus prácticas clínicas del grado?	2,0	1,0	6,1	5,1	15,3	70,4
¿Recomendarías este tipo de contenidos a las personas que se forman en ciencias de la salud?	2,0	1,0	3,1	9,2	11,2	73,5
¿Pondrías este tipo de contenidos obligatorios en el Grado de Medicina?	4,1	2,0	10,2	12,2	22,4	49,0
¿Crees que este tipo de formación favorece tu formación posterior como médico especialista?	2,0	1,0	5,1	9,2	16,3	66,3
Valoración general de las sesiones prácticas	2,0	2,0	8,2	6,1	20,4	61,2

5. Discusión

Los resultados obtenidos de la encuesta de satisfacción, realizada por los estudiantes de Grado, reflejan que la metodología propuesta es valorada positivamente por el alumnado de ambas asignaturas. Reconocen la utilidad y mejora de sus prácticas clínicas a través de las tecnologías propuestas y reconocen, verbalmente, que los contenidos impartidos le permitieron posteriormente entender muchos de los aspectos prácticos mostrados en las sesiones de prácticas clínicas en el centro hospitalario.

Ambos grupos perciben que las sesiones de prácticas clínicas desarrolladas en el laboratorio de simulación han contribuido significativamente a mejorar su comprensión y entendimiento de los contenidos académicos impartidos en cada una de estas asignaturas. Específicamente, en la asignatura de OEMQx

el 73,7% de los estudiantes considera que este tipo de talleres aporta valor y conocimientos al aprendizaje de la asignatura, mientras que en la asignatura de Rotatorio Clínico, el 68,4% de los estudiantes cree que este tipo de contenidos en las asignaturas del Grado de Medicina le habrían hecho mejorar tu formación y un 70,4% considera que este tipo de contenidos le habrían aportado valor a sus prácticas clínicas del grado.

Además, en ambas asignaturas, un porcentaje significativo de estudiantes reconoce que este tipo de contenidos contribuye a mejorar su formación como futuros médicos especialistas (78,0% para Otorrinolaringología Médico Quirúrgica y 66,3% para Rotatorio Clínico).

En el caso del Rotatorio Clínico, los estudiantes manifestaron su interés en la continuidad y obligatoriedad de este enfoque metodológico a lo largo de su formación universitaria. Asimismo, sugirieron su implementación en otras asignaturas, destacando de este modo la relevancia y el impacto positivo que, en su opinión, tuvo esta experiencia..

Entre los aspectos negativos, los estudiantes indicaron en los comentarios libres que las sesiones realizadas fueron insuficientes y que se debería haber ampliado el tiempo práctico.

Como ya hemos mencionado, este trabajo está, al encontrarse en un estadio muy temprano, limitado en población y recogida de datos, al concentrarse principalmente en la valoración subjetiva de los estudiantes a la metodología propuesta.

Un aspecto primordial son los tiempos de rotación. Estos deben ser reevaluados para determinar el periodo óptimo de cada estación para asegurar un aprendizaje tanto teórico como técnico.

Hay que tener en cuenta que a medida que estas prácticas se integren en diversas asignaturas, surgirán sinergias que enriquecerán el proceso de aprendizaje. Esto permitirá al estudiante comprender la profesión sanitaria desde diferentes perspectivas, ofreciendo una visión más completa y global. Esta variedad de enfoques beneficia su preparación para la futura actividad asistencial, ya que les proporciona una comprensión más profunda de su campo de estudio.

Otro aspecto importante es la valoración del docente, la cual debe ser también analizada. Nuestra experiencia muestra una total predisposición al uso de esta metodología, pero es necesario contar con un asesoramiento técnico para lograr una integración fluida entre la tecnología y los objetivos docentes. Este apoyo técnico garantiza que los recursos tecnológicos se utilicen de manera efectiva, optimizando la experiencia de aprendizaje tanto para estudiantes como para docentes.

6. Conclusiones y Líneas Futuras

En este trabajo proponemos una metodología basada en simulación virtual para complementar, dado el poco tiempo que se utiliza para ello habitualmente, las prácticas clínicas de los estudiantes de Medicina en relación a las técnicas mínimamente invasivas.

Aunque nuestra experiencia requiere de una mayor participación de la población estudiantil, los resultados de valoración indican que, efectivamente, este modelo de educación, fundamentado en el uso de Enfermos Virtuales en contextos de procedimientos sanitarios, tiene un impacto positivo significativo. Se observa su interés en el aprendizaje, en los contenidos impartidos y lo evalúan como positivo frente a las experiencias tradicionales de prácticas en los centros sanitarios universitarios.

En cuanto a líneas futuras, el objetivo es extender la metodología a otras asignaturas y estandarizarla como complemento para las prácticas clínicas, optimizando el acceso y el tiempo que dedican los estudiantes en los centros asistenciales. También se considerará la obtención de métricas objetivas que puedan evaluar la comprensión y aprendizaje del contenido docente impartido.

La mejora sustancial que ha experimentado la tecnología de inteligencia artificial ha hecho que comencemos a trabajar su integración en los Enfermos Virtuales para la formación sanitaria, de forma que permita al estudiante interactuar con un Enfermo Virtual en consulta o que la propia simulación se adapte a los avances del estudiante (adaptando lo que muestra el simulador según el usuario: escenarios más complejos o complicaciones clínicas, según la evolución y actuación del estudiante).

Por último, destacar que esta metodología podría ser adaptada e implementada en otros Grados de Ciencias de la Salud, como Enfermería o Fisioterapia. Se podría enfocar en procedimientos especializados que en la actualidad sólo se observan en las prácticas clínicas, que no suelen ser abordados en las aulas de habilidades propias de la Facultades de Ciencias de la Salud. Esta expansión permitiría a los estudiantes familiarizarse con situaciones clínicas específicas desde etapas tempranas de su formación, preparándolos de manera más completa para su futura práctica profesional.

7. Referencias

- BALLESTEROS-RUIZ, J., MAYNAR, M., RODRIGUEZ-FLORIDO, M.A., 2013. «Training Surgical Skills under Accredited Education: Our Regional Experience», en: *Lecture Notes in Computer Science. Springer*. pp. 209–217
- CELMA-VICENTE, M., LÓPEZ-MORALES, M., & CABALLERO-GÁLVEZ, M. D. C., 2019. «Análisis de las prácticas clínicas en el Grado en Enfermería: visión de tutores y estudiantes». *Enfermería Clínica*, 29(5), 271-279.
- ELIZALDE-ORDOÑEZ, H., ORTIZ-DÁVALOS, G., RODRÍGUEZ-QUEZADA, F., AYA-ROA, K. J., & MORENO-GONZÁLEZ, M. M., 2021. «Experiencia del profesional de enfermería en su relación con el estudiante durante su práctica clínica». *Sanus*, 6.
- HSU, C., TSAI, C., & LIN, W. 2018. «A Study on Teaching and Learning Effectiveness of zSpace Application-Based Learning Systems», en: *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction* (pp. 318-331). Springer, Cham.
- MINISTERIO DE SANIDAD DE ESPAÑA. 2022. «Informe Anual del Sistema Nacional de Salud 2022». Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/InfAnualSNS2022/INFORME_ANUAL_2022.pdf
- NMC. NURSING & MIDWIFERY COUNCIL. 2023. «NMC Standards For Pre-registration Nursing Programmes». London. Disponible en: www.nmc.org.uk/standards/standards-for-nurses/standards-for-pre-registration-nursing-programmes/
- PAI, DINKER. 2018. «Use of Simulation for Undergraduate Medical Education». *International Journal of Advanced Medical and Health Research*. 5(1): p 3-6 | DOI: 10.4103/IJAMR.IJAMR_63_17
- PUJOL, S., GOLLUB, R.L., & WELLS III, W.M. 2016. «3D Slicer as a Tool for Interactive Education and Outreach». *Journal of Digital Imaging*, 29(4), 359-361. <https://doi.org/10.1007/s10278-016-9897-x>
- RODRIGUEZ-FLORIDO, M.Á., REYES-CABRERA, J.J., MELIÁN, A. ET AL. 2024. «Feasibility of teaching and assessing medical students in the metaverse: design and features for its learning efficiency». *J. New Approaches Educ. Res.* 13, 9 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00009-6>
- WANG, Y., LU, J., & ZHU, H. 2020. «Research on Immersive Teaching of Graphic Design Based on Zspace», en: *International Conference on Virtual Reality and Visualization* (pp. 178-187). Springer, Singapore

YUSHKEVICH, P.A., YANG, G., GERIG, G., 2016. «ITK-SNAP: An Interactive Tool for Semi-Automatic Segmentation of Multi-Modality Biomedical Images», en: Yushkevich, P.A., et al. (Eds.), MICCAI 2016. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 9901. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46723-8_65

8. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el soporte y apoyo de las empresas miembro de la Cátedra de Tecnologías Médicas de la ULPGC (ctm.ulpgc.es) para realizar trabajos y acciones como la expuestas en este capítulo, así como el soporte de la Fundación Canaria Ágora y la participación activa de los estudiantes de las asignaturas implicadas.

Por último, queremos agradecer la colaboración del Servicio Canario de la Salud que ha permitido la realización de proyectos de formación de profesionales sanitarios asistenciales, así como adquirir mucha experiencia previa a la aplicación de estas tecnologías en el Grado.

Itinerarios urbanos con smartphones: alumnado de secundaria aprendiendo por mediación de la realidad aumentada **4**

Juan-Francisco Álvarez-Herrero^a
José Hernández-Ortega^b

Universidad de Alicante^a
Universidad Complutense de Madrid^b
juanfran.alvarez@ua.es; josehernandezortega@ucm.es

Resumen:

El uso de las tecnologías digitales y de los smartphones en educación se está viendo cuestionada últimamente en el sistema educativo español. Se dice que los estudiantes están demasiado sobreexpuestos a las pantallas y a hacer un uso inadecuado de los dispositivos tecnológicos. Esta investigación valora la efectividad de una yincana en la que alumnado de educación secundaria con sus dispositivos móviles, realiza itinerarios urbanos en los que aprende no sólo a moverse por una ciudad y a conocerla a fondo, sino también a hacer un buen uso de los smartphones y la realidad aumentada, que de esta manera se convierten en unos excelentes recursos que mejoran el aprendizaje. Los resultados demuestran que los estudiantes valoran muy positivamente este tipo de actividades y que constatan una mejora significativa en su aprendizaje, tanto de la ciudad, de moverse con transporte urbano, de compartir y colaborar con iguales, así como de hacer un buen uso de los móviles y de la realidad aumentada.

Palabras clave:

Realidad Aumentada, smartphones, alumnado de secundaria, itinerarios urbanos, tecnologías de la información y la comunicación

1. Introducción

Si bien hubo un tiempo en que las tecnologías digitales parecían haber encontrado su lugar en la innovación y su implementación en las escuelas, recientemente se está cuestionando su uso y ya se habla de que las pantallas distraen y empeoran el aprendizaje (Sanmartín, 2023). Incluso en algunos países como Francia se ha prohibido el uso de los smartphones en las escuelas (González, 2019) y en España, el Consejo Escolar del Estado ha propuesto una serie de recomendaciones que van dirigidas a restringir y limitar su uso a casos muy particulares (Torres, 2024). Sin embargo, en las aulas, muchos docentes siguen apostando por el uso de las tecnologías digitales como un excelente recurso que, si se implementa adecuadamente y cuando la necesidad lo requiere, ayuda a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Una de estas tecnologías es la conocida como Realidad Aumentada (RA) que en diversos estudios ha demostrado ser una excelente aliada tanto de la motivación como del aprendizaje del alumnado (Avila-Garzon et al., 2021; Bernal et al., 2019; Cano et al., 2019; Garzón, 2021; Ibáñez et al., 2020), y más concretamente el de secundaria. La RA ofrece un complemento en contenidos a la realidad, siendo estos contenidos información que puede llegar en forma de texto, imágenes, enlaces a otros contenidos, videos, etc. A diferencia de la Realidad Virtual, esta RA, sin perder de vista la realidad, se superpone a ella, aportando valiosa información que permite mejorar el aprendizaje (Azuma, 1997). El poder trabajarla desde dispositivos móviles, como los smartphones, facilita que el aprendizaje sea ubicuo ya que se puede dar en cualquier parte, siempre que exista una conexión a Internet. De ahí que en esta buena práctica se apuesta por llevar los smartphones y la RA fuera del aula, donde como se ha comentado está cuestionada su idoneidad, y en la ciudad encuentran el medio ideal para seguir proporcionando una mejora de la motivación y el aprendizaje. En esta investigación se recoge el sentir y la valoración del alumnado al uso de los smartphones y la RA en la mejora de su motivación y aprendizaje. Un aprendizaje que es competencial, ubicuo, colaborativo, contextualizado, activo y persistente. Y donde los contenidos que se aprenden no sólo son relativos a las disciplinas del currículo, sino que también son aprendizajes vivenciales, sobre la realidad y el contexto más inmediato de las vidas de los estudiantes: saber orientarse por una ciudad, saber moverse por ella con transporte público, saber relacionarse y socializar con los ciudadanos y ser respetuoso con todo el entorno urbano, ya sea artístico, social, monumental, etc., como también el natural.

2. Marco teórico

La RA lleva un par de décadas demostrando en la educación, que ofrece un sinfín de posibilidades de mejorar el aprendizaje de los estudiantes, ya que no es solamente una tecnología que permite superponer imágenes en 3D y otras informaciones al mundo real, sino que también es un concepto en sí mismo. La RA permite desarrollar habilidades y conocimientos en entornos de aprendizaje mejorados, lo que hace que el aprendizaje sea mucho más eficaz al permitir a los estudiantes manipular virtualmente una gran variedad de objetos de aprendizaje y manejar la información de una manera novedosa e interactiva (El Sayed et al., 2011). También permite organizar, buscar y evaluar datos e información (Klopfer, 2008). Otros beneficios que aporta al mundo educativo son: el apoyo al aprendizaje cinestésico (táctil), el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje a distancia/remoto, el aprendizaje centrado en el alumno y el aprendizaje creativo (Alzahrani, 2020; Majeed y Ali, 2020). Pero lejos de quedarse con tan solo estas virtudes, también la RA permite una mejora del compromiso, de la motivación, de la atención, del enfoque, de la interactividad, de la participación oral, de la concentración, de la retención de conocimientos y de las habilidades espaciales de los estudiantes; así como de la accesibilidad a la información por parte de estos (Alzahrani, 2020; Lampropoulos et al., 2022). Sin embargo, no hay que olvidar que por muy buena que sea la tecnología, también se deben tener presentes los enfoques y estrategias pedagógicas de su implementación, y en ello, se detecta que el impacto es mayor cuando los enfoques son de tipo colaborativo (Garzón et al., 2020).

Pero también hay autores que inciden y alertan sobre los desafíos y peligros que el uso de la RA en la educación puede provocar. Estos son principalmente: una sobrecarga cognitiva y de información, una falta de experiencia en el uso de la tecnología tanto de docentes como de estudiantes, el tratarse en ocasiones de ser una tecnología compleja, o incluso costosa; y de presentar cuestiones técnicas difíciles de solucionar o con problemas de conectividad (Alzahrani, 2020; Villagran-Vizcarra et al., 2023). Y para ello, también se coincide en afirmar que se requiere por parte de los docentes una formación en el uso e implementación de la RA en las aulas (Alzahrani, 2020; López-Belmonte et al., 2023; Sáez-López et al., 2020).

Son varios los autores (Alzahrani, 2020; López-Belmonte et al., 2023) que señalan que el mayor campo de prospección de la RA reside en el aprendizaje móvil o aprendizaje ubicuo, esto es cuando la RA se usa en dispositivos móviles como los smartphones, para llevar el aprendizaje a cualquier lugar. Bozkurt (2018) señala este aprendizaje móvil mediado por la RA como el aprendizaje

del futuro. Y es que esta implementación de la RA en el aprendizaje móvil de los estudiantes también proporciona unos beneficios como el acortar tiempos en la realización de tareas y el lograr una mayor eficacia en la resolución de las mismas comparada con el método tradicional (Radosavljevic et al., 2020). También se habla de mejorar los logros de aprendizaje, un aumento de la motivación y una reducción de la carga cognitiva de los estudiantes (Chu et al., 2019; Elsafi, 2020).

Existen numerosas opciones para llevar a cabo la combinación de la RA con el aprendizaje ubicuo o móvil, en el propio centro educativo (Xiao et al., 2016), en museos (Lin et al., 2019; Torres-Ruiz et al., 2020), o bien, la de realizar actividades de itinerarios o yincanas fuera del centro escolar, bien sea en un entorno urbano o uno natural (Martín-Jaime et al., 2022; Villalustre y del Moral, 2018).

En estos últimos itinerarios, la RA ayuda en el aprendizaje que se produce con la utilización de diversas aplicaciones y herramientas que permiten por ejemplo la geolocalización (Google Maps) a través de simples códigos QR (Rodríguez y Huang, 2017), o bien otras que permiten identificar árboles, plantas y arbustos del entorno, simplemente con realizar una foto de cualquier parte de dicha planta y reconocerla al compararla con las numerosas muestras que tiene recogidas la aplicación en su base de datos (hablamos de una aplicación como PlantNet) (Coşkunserçe, 2024; Peiyao y Chenxing, 2023).

A partir de lo aquí expuesto se quiso comprobar cuál era la valoración de alumnado de educación secundaria que daban al uso de la RA y si con ella mejoraba su aprendizaje, tras su participación en la realización de unos itinerarios urbanos a modo de yincana. En estos recorridos, los estudiantes tuvieron que llegar mediante sus smartphones y la geolocalización que se les facilitaba mediante códigos QR, a 6 lugares de interés y realizar una serie de pruebas, alguna de las cuales recurría de nuevo a la RA.

3. Metodología

La yincana con la que se pretende poner en juego el uso de los smartphones para hacer uso de la RA en tareas como la geolocalización o la identificación de plantas, se llama Alcoianada y forma parte del proyecto World Mobile City Project que desde 2013 se viene promoviendo desde la Asociación de docentes del Bages: Lacenet. En esta Alcoianada se invita a participar a centros educativos con niveles de educación secundaria de Alcoy y zonas del alrededor.

En la edición de 2023, realizada en el mes de mayo de ese año, participaron un total de 8 centros educativos (4 de la ciudad de Alcoy, y los otros 4 de: Ba-

ñeres de Mariola, Muro de Alcoy, Ayelo de Malferit y Albaida). Participaron 339 estudiantes, y 24 docentes. A la finalización de la actividad se les pasó un cuestionario con una serie de preguntas. 3 preguntas eran cerradas, de valoración mediante una escala de tipo Likert (del 1: poco o nada, al 5: mucho): una de valoración global de la yincana en sí, de la percepción de si habían experimentado aprendizaje con la utilización de la RA en la misma, y de valoración de cada una de las actividades realizadas. Así mismo, el cuestionario disponía de 2 preguntas abiertas, una para indicar lo que más les había gustado de la yincana, y otra para comentar lo que se podría haber mejorado.

El cuestionario fue contestado por un total de 255 estudiantes, lo que supone un 75,2% de los estudiantes participantes y supone una medida significativa de la valoración de la actividad.

Para conocer en que consiste la actividad y ver su trascendencia con el aprendizaje ubicuo o móvil, así como con la RA como recurso facilitador del aprendizaje, se describe a continuación la actividad llevada a cabo y posteriormente se analizarán los resultados a partir de las respuestas obtenidas en el cuestionario.

Alcoianada:

■ Antes de la actividad:

En cada centro participante, se recibe el material para la yincana:

- chapas – 1 para cada alumno/a que deberá ponerse el día de la actividad para identificarse como participantes de la actividad.
- un juego de 6 tarjetones para cada grupo de alumnos participantes (formados por 4 o 5 alumnos).

Hay 68 tarjetones, numerados del 01 al 68, se puede ver un ejemplo de uno de ellos en la Figura 1. Y en cada uno de ellos existe la siguiente información:

- ◇ Foto que sirve para identificar el punto al que deben llegar.
- ◇ El nombre del sitio, su dirección postal, las coordenadas GPS y una pista del sitio que lo describe o aporta información adicional al alumnado.
- ◇ Un código QR de la geolocalización en Google Maps del sitio de interés. Para situarse en Google Maps en el sitio de interés, al leer este código QR les aparece en el móvil la geolocalización del sitio y cómo llegar.

- ◇ En la parte trasera, aparece una pregunta que tienen que resolver y que está relacionada con el lugar de interés del tarjetón. Además, hay un código QR que les puede ayudar a resolver la pregunta, ya que, por ejemplo, en la Figura 1, cuando visitan el lugar al que les lleva el código QR, pueden localizarla fácilmente. También están los logos de las entidades y asociaciones colaboradoras.



Figura 1. Ejemplo del tarjetón 01 de la Alcoianada 2023.

Hay unos tarjetones que son comodines. En estos casos, pueden ir a cualquier sitio que cumpla con los requisitos de lo que se pide en dicho tarjetón. Por ejemplo, Tarjetón de parques: pueden ir a cualquier parque de la ciudad. O en el de los mercados, en cualquiera de los tres mercados municipales, etc.

- tarjetas de transporte gratuito para todo ese día con los buses de transporte municipal. De esta manera, el alumnado aprende a hacer un buen uso del transporte urbano y puede comprobar como funciona y trasladarse de una parte a otra de la ciudad de una forma rápida y cómoda.

Todo este material no tiene coste para los centros. Está subvencionado por las entidades colaboradoras, principalmente por la asociación Lacenet.

- En los centros:

- Se terminan de recoger las autorizaciones de los padres/tutores de los alumnos para participar en esta actividad.
- Se hacen los grupos de alumnos (grupos de 4 o como máximo 5 alumnos), comprobar que en uno de los móviles de un miembro de cada grupo:
 - ◇ tengan instalada la aplicación Life 360. Con esta aplicación se puede seguir en todo momento donde se encuentran los grupos de alumnos
 - ◇ comprobar que han abierto o creado una cuenta en Instagram - abierta y no privada - donde van a hacer las publicaciones de la Alcoianada.
- Explicar a los alumnos que en cada punto que deben visitar en la Alcoianada, deben:
 - ◇ publicar una foto o un vídeo (en total, al ser 6 puntos, deben publicar en 3 de ellos, 3 fotos; y en los otros 3 puntos, 3 vídeos, uno en cada uno) y que estas publicaciones deben llevar sí o sí, los hashtags: #ALCada23 y #WMCP23 además pueden añadir algún otro hashtag representativo del centro y del grupo que son (por ejemplo, un centro que fuera IES Enric Valor, podría gastar otro hashtag como #EValorG01).
 - ◇ Además de la foto/vídeo de cada punto, es necesario que hagan y publiquen en los comentarios, además de los hashtags, la solución a la pregunta o prueba que hay en el tarjetón de ese sitio.
- También es conveniente explicar a los alumnos las pruebas y el fun-

cionamiento de la actividad para que no les pille por sorpresa el mismo día de la Alcoianada: por ejemplo, que es un Bookface, como se gasta la app Life360 o la de Pl @ntNet, etc. En las pruebas a realizar en cada uno de los puntos a visitar, los estudiantes eligen cuál hacer en cada uno de los puntos. Pero en total deben ser 3 vídeos y 3 fotos. Y deben ser:

- ◇ VIDEO 1: baile/entradita de "Moros y Cristianos" en el punto de interés.
- ◇ VIDEO 2: video-entrevista a un/a ciudadano/a de cómo era Alcoy antes (tendrá que ser una persona mayor) y que se vea de fondo el punto de interés
- ◇ VIDEO 3: recitando un chiste y que se vea de fondo el punto de interés
- ◇ IMAGEN 1: Foto del sitio o punto de interés visitado.
- ◇ IMAGEN 2: Identificar árboles/plantas con PlantNet que haya en los alrededores del punto de interés.
- ◇ IMAGEN 3: realizar un BookFace de algún libro que se haya preparado previamente.

Las 6 publicaciones deben realizarse desde una cuenta abierta/pública de Instagram y deben llevar los hashtags: #ALCada23 y #WMCP23.

- Importante también, sabiendo la previsión del tiempo, avisar al alumnado de lo que sea necesario para ese día, es decir, si va a hacer mucho calor, pues que cojan gorro y que no se olviden de hidratarse; o si va a hacer frío o va a llover, que cojan ropa de abrigo, paraguas e impermeable.
- El día de la Alcoianada:

Desde las 8:00 h. hasta las 9:00 h., los centros de Alcoy que piensan salir desde sus centros, podrán acabar de ultimar los últimos aspectos que les queden por aclarar: formación de grupos de alumnos, reparto de chapas, tarjetones, ficha del recorrido previsto, número de teléfonos de contacto, etc.

Es muy interesante que en este tiempo ya tengan los tarjetones y sobre una plantilla, perfilen o acuerden entre los miembros del grupo, qué recorrido hacer, siguiendo qué orden de puntos, en qué medio de desplazamiento, cuándo pararán para desayunar-almorzar, etc. (Los centros

de fuera de Alcoy, pueden empezar a planificarlo en el viaje de bus hasta llegar a Alcoy o el día anterior).

El resto de centros, tanto de los centros de fuera de Alcoy como los centros de Alcoy que decidan salir desde el punto de encuentro de salida, quedarán algo antes de las 9:00 h, en la plaza de Al- Azraq (frente a la locomotora de tren), y a las 9:00 horas, se da la salida oficial de la Alcoianada 2023.

Desde ese momento, los estudiantes en grupos, van a realizar los recorridos que hayan decidido para visitar los 6 puntos que les han correspondido a partir de los 6 tarjetones que se le ha repartido a cada grupo (los docentes de cada centro participantes, les habrán dado tarjetones que estén distanciados entre sí y no tarjetones que estén entre ellos muy cercanos, ya que, en este último caso, acabarían la Alcoianada muy rápidamente y no sabrán que más hacer hasta las 13:00 h.).

A esa hora, las 13:00 h., y no antes, deben estar en el Pabellón Georgina Blanes de la UPV-Campus de Alcoy para la clausura. Deben llevar en al menos un smartphone de uno de los integrantes del grupo, instalada la aplicación Life 360 para que puedan sus docentes saber en todo momento dónde están. Además, es interesante que tengan el número de móvil de alguno de los docentes o de un móvil corporativo del centro que puedan utilizar ese día para en caso de emergencia poder contactar con ellos o ellos con los docentes. El alumnado debe contemplar que desde las 9:00 hasta las 13:00 debe completar el recorrido que lo lleve por los 6 puntos, tener un tiempo para desayunar y para realizar las pruebas. Además, podrán desplazarse utilizando el transporte público de los buses, ya que cada grupo dispondrá de una tarjeta o abono de viajes gratuitos para cuantas personas estén en el grupo, cuantas veces quieran durante ese día.

A las 13:00 h., hayán o no hayan terminado sus recorridos por los 6 puntos, deben estar en el Pabellón, para el acto de clausura.

El profesorado durante la realización por parte de su alumnado de la Alcoianada, estará en un aula habilitada para que sirva de centro de control y desde allí poder llevar un seguimiento de su alumnado. Además, el profesorado de cada uno de los centros participantes, irá observando cuál de los grupos de su centro está haciendo una mejor Alcoianada (ir a todos los puntos, completar todas las pruebas, hacer todas las publicaciones en Instagram y más originales), y así poder decidir qué grupo de su centro es merecedor de ser el ganador. Sólo hay un grupo gana-

dor por centro educativo, y este grupo sólo puede tener un máximo de 5 alumnos.

A las 13:00 h, en el Pabellón Georgina Blanes se llevará a cabo un pequeño acto de clausura de la actividad. Allí, en una pantalla se estarán proyectando vídeos y fotos de los grupos participantes para ambientar el acto. Y seguidamente, se dará paso a pequeñas intervenciones de las entidades participantes en la Alcoianada: Ayuntamiento de Alcoy, UPV-Campus de Alcoy, UA-Campus de Alcoy, y Grupo Vectalia. Y acto seguido se dan los premios a cada uno de los grupos ganadores de cada uno de los centros participantes.

- En los dos días siguientes a la Alcoianada.

En los centros educativos, el profesorado participante invitará en sus clases al alumnado participante de la Alcoianada a que en 5-10 minutos y de forma libre, anónima y voluntaria, cumplimenten el cuestionario de evaluación de la Alcoianada. Se hace ver al alumnado que su participación en dicho cuestionario tiene un doble objetivo, por un lado, conocer si se ha percibido con la realización de esta actividad una mejora de su aprendizaje en las diferentes cuestiones tratadas, y, por otro lado, comprobar aquellos aspectos a mejorar en próximas ediciones de esta yincana.

4. Resultados

Como ya se ha comentado, el cuestionario de valoración fue contestado por 255 estudiantes de los 339 participantes (un 75,2% del total). De estos 255, 142 fueron hombres (55,7%), 96 (37,6%) mujeres y 17 (6,7%) prefirió no decirlo o no se identificaba con hombre o mujer. Las edades de los estudiantes estaban comprendidas entre los 13 y los 18 años, siendo las edades que más se daban: 14 años (89, el 34,9%) y 15 años (95, el 37,3%).

Recordar las tres preguntas cerradas:

- 1) ¿qué valoración global te merece la yincana Alcoianada 2023?
- 2) ¿en qué medida piensas que esta actividad, mediante el uso de la Realidad Aumentada, te ha permitido mejorar tu aprendizaje respecto a conocer más la ciudad de Alcoy, saber desplazarte y orientarte por sus calles, saber más sobre sus lugares de interés, saber moverte con el transporte urbano, conocer e identificar algunas de las plantas que puedes encontrar en la ciudad, etc.?

- 3) Valora del 1 al 5 cada una de las siguientes pruebas que has realizado en la yincana:
 - a. VIDEO 1: baile/entradita de “Moros y Cristianos”.
 - b. VIDEO 2: video-entrevista a un/a ciudadano/a de cómo era Alcoy antes.
 - c. VIDEO 3: recitando un chiste.
 - d. IMAGEN 1: Foto del sitio o punto de interés visitado.
 - e. IMAGEN 2: Identificar árboles/plantas con PlantNet.
 - f. IMAGEN 3: realizar un BookFace.

En la Figura 2 se puede apreciar un ejemplo de la realización de la prueba e), en la que el alumnado tenía que identificar alguna planta que hubiese en alguno de los puntos de interés que tenía que visitar, mediante la aplicación de RA, PlantNet, y publicar el resultado en la red social: Instagram.

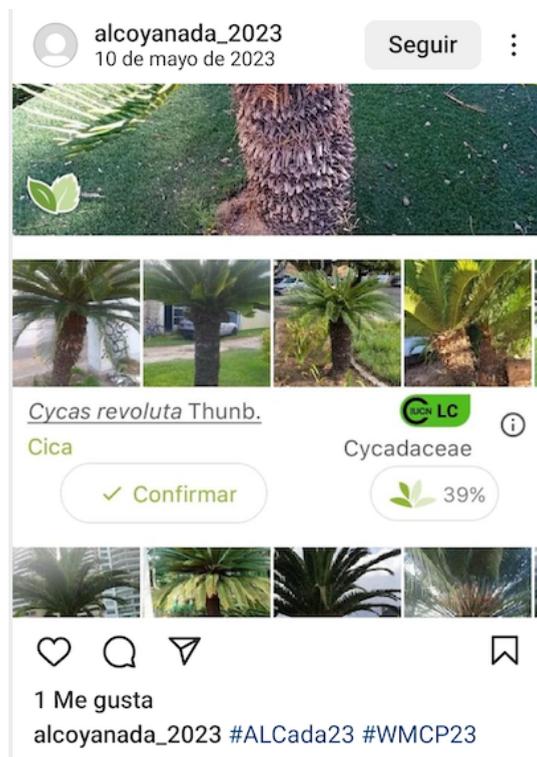


Figura 2. Ejemplo de la prueba e) mediante el uso de la aplicación PlantNet.

Los resultados obtenidos en estas tres preguntas de tipo Escala Likert (de 1: muy poco o nada, a 5: mucho), se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla con las valoraciones, desviaciones típicas y varianzas de las preguntas 1, 2 y 3 del cuestionario

Pregunta	Media	Desviación típica	Varianza
Pregunta 1	4.14	0.794	0.631
Pregunta 2	4.51	0.567	0.322
Pregunta 3.a	3.43	1.401	1.963
Pregunta 3.b	3.74	1.193	1.423
Pregunta 3.c	3.60	1.247	1.556
Pregunta 3.d	3.98	1.004	1.007
Pregunta 3.e	3.31	1.237	1.531
Pregunta 3.f	3.74	1.153	1.328

Tal y como se aprecia, el alumnado que contestó al cuestionario de valoración de la Alcoianada, valora muy positivamente la actividad, e incluso valora con una media mayor el aprendizaje que se desprende de realizar una actividad como esta con el uso de la RA. Sin embargo, en las valoraciones de las diferentes pruebas, se constata que la prueba en la que se hace uso de la RA para identificar plantas del entorno urbano es la que peor valoración de las 6 obtiene.

De los resultados obtenidos en las dos restantes preguntas abiertas:

- 4) ¿Qué es lo que más te ha gustado o qué valoras más positivamente de la Alcoianada?
- 5) ¿Qué cosa es la que menos te ha gustado o necesitaría mejorar de la Alcoianada?

Se desprende que tanto en la pregunta 4, las respuestas de que la actividad ha gustado y mucho o en la 5, de que no hay nada que no haya gustado o que no necesita mejorar en nada, son las respuestas mayoritarias. Sólo se da algún pequeño porcentaje en las cosas a mejorar o que no han gustado como:

- Alumnado disconforme con los premios (8 comentarios, un 3,1%)
- Alumnado que se queja de haber tenido que caminar mucho (17 comentarios, un 6,7%)
- Alumnado que se queja de la duración de la actividad (unos por excesiva y otros por ser demasiado corta: 22 comentarios, un 8,6%).

Como se puede apreciar, se trata de opiniones muy minoritarias, ya que ninguna de ellas llega a alcanzar el 10%, y todas juntas (aunque se da la circunstancia de que algunas de ellas – dos o incluso las tres - son dadas por el mismo estudiante), tampoco llegan al 20% del total (18,4%).

5. Discusión

De los resultados obtenidos se puede extraer que la valoración que realiza el alumnado de secundaria participante en la realización de una yincana en la que mediante el uso de los smartphones y la geolocalización y la RA, debe realizar un itinerario urbano por 6 puntos de la ciudad, realizando a su vez en cada uno de ellos alguna prueba; resulta bastante positiva. Con ello se puede afirmar que la valoración al uso de la RA para mejorar el aprendizaje del alumnado, es muy positiva y que el alumnado considera esta actividad como motivadora, interesante y eficaz en cuanto a la construcción de conocimiento, además de servir en el desarrollo de otras competencias y habilidades, muy necesarias en nuestros días. De los comentarios a las preguntas abiertas así como del desarrollo de la actividad y las valoraciones realizadas por los docentes, se constata que esta actividad, además de garantizar un uso eficaz de la RA en la mejora del aprendizaje del alumnado, también se desarrollan competencias y habilidades como: el aprender a aprender, el trabajo colaborativo, la comunicación tanto en expresión como en comprensión tanto oral como escrita, la sociabilización tanto con iguales como con el resto de ciudadanos de una ciudad, la orientación, el espíritu crítico, la concienciación medioambiental y por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como otras muchas más. En futuras ediciones se procederá a testear aquellos conocimientos del alumnado que se van a trabajar en la yincana, antes y después de esta (con un pretest y un postest), con el objetivo de evaluar de una forma más objetiva si se produce una mejora del aprendizaje mediante el uso de la RA.

Todo lo argumentado hasta ahora, coincide con otras experiencias similares o previas de la Alcoianada (Álvarez-Herrero, 2023; Álvarez-Herrero y Hernández-Ortega, 2021; Villalustre y del Moral, 2018), pero, sin embargo, sorprende que la realización de la prueba de identificar plantas con la aplicación de RA, PlantNet, sea la peor valorada. Es cierto, que compite con otras 5 pruebas que desde el punto de vista y desde los intereses de un estudiante de secundaria son mucho más atractivas e interesantes que la de identificar y reconocer plantas de su entorno; pero ello se contraponen a un resultado anterior en el que se realizó la misma prueba (Álvarez-Herrero, 2023). Analizando las posibles razones que han podido originar esto, está en una posible menor importancia

y/o explicación de dicha prueba que se haya dado a los estudiantes por parte de sus docentes; ya que, en la edición anterior, sí se realizó una formación previa a los docentes participantes sobre las pruebas, mientras que en la actual edición no se realizó ninguna formación. De ahí que se insista en una necesaria formación en el uso e implementación de la RA en las aulas a los docentes, tanto docentes en activo como en formación, para que se haga un uso y una implementación eficaz (Alzahrani, 2020; López-Belmonte et al., 2023; Sáez-López et al., 2020).

6. Conclusiones y Líneas Futuras

De esta investigación, donde se lleva a cabo una yincana urbana con dispositivos móviles y uso de la RA con alumnado de educación secundaria, se constata que el uso y la implementación de la RA en la misma es valorada muy positivamente y también tienen los estudiantes la percepción de que se produce una mejora en su aprendizaje. Se trata pues de una práctica donde se combina el aprendizaje móvil o ubicuo mediante smartphones y el uso de la RA, siendo dicha combinación perfecta para lograr no sólo una mejora de la motivación del alumnado, sino que también se logra una mejora del aprendizaje y un desarrollo de numerosas competencias y habilidades.

Sin embargo, esta actividad también ha puesto de manifiesto que el profesorado que va a preparar a este alumnado para la realización de actividades como la aquí planteada, debe estar formado previamente en el uso e implementación en la educación (en las aulas y también fuera de ellas como aquí sucede) de la RA, ya que, si no, se corre el riesgo de que el uso que se haga de esta no sea valorado ni tampoco tomado en serio. Así mismo, también se llega a la conclusión de que las actividades propuestas en una yincana como la aquí descrita, deben de plantearse combinando aprendizaje y cuestiones lúdicas, pues si hay una gran parte de estas últimas, el aprendizaje queda diluido.

En próximas ediciones de esta yincana se pretende abordar estas dos carencias aquí comentadas. Por un lado, proporcionar una formación previa al profesorado participante en el uso e implementación de la RA, y, por otro lado, garantizar que se puede aprender y pasarlo bien, pero sin que ninguna de ambas cosas predomine sobre la otra, para que así no se diluya el aprendizaje, ni se aborrezca este por ser lo único que se fomenta en estas actividades.

Como líneas de futuro a investigar, está el llevar a cabo nuevas ediciones de la Alcoianada bajo estas premisas comentadas, y también proponer la realización de este tipo de actividades de itinerarios urbanos temáticos con el

uso de la RA pero dirigidos a estudiantes de otras etapas educativas, desde educación infantil, pasando por educación primaria y abordando también la educación de adultas y la educación universitaria. Evidentemente, su uso en cada una de estas etapas exigiría una adaptación de esta actividad para adecuarse a las características particulares de cada una de ellas.

Como limitaciones de esta investigación también se quiere apuntar a que los resultados solamente están basados en la percepción de los estudiantes participantes y esta podría haber sido contrastada con la opinión al respecto de los docentes participantes, bien mediante la recogida de esta por cuestionarios o por entrevistas a cada uno de ellos. También se recoge esta limitación para tenerla en cuenta en futuras investigaciones y así realizar otras recogidas de datos que permitan triangular y comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos para no quedarse en simples autopercepciones de los estudiantes participantes.

7. Referencias

- ÁLVAREZ-HERRERO, Juan-Francisco. 2023. «Urban Itineraries with Smartphones to Promote an Improvement in Environmental Awareness among Secondary School Students». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2009. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph20032009>
- ÁLVAREZ-HERRERO, Juan-Francisco, y HERNÁNDEZ-ORTEGA, José. 2021. «Itinerarios didácticos con smartphones para promover la educación ambiental y la competencia digital entre el alumnado de secundaria». *Digital Education Review*, 39, pp. 319-335. Disponible en: <https://doi.org/10.1344/DER.2021.39.319-335>
- ALZHRANI, Nouf Matar. 2020. «Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-learning Contexts». *Applied Sciences*, 10(16), 5660. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- AVILA-GARZON, Cecilia, BACCA-ACOSTA, Jorge, KINSHUK, DUARTE, Joan, y BETANCOURT, Juan. 2021. «Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research». *Contemporary Educational Technology*, 13(3), pp. 1-29. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1305893>
- AZUMA, Ronald T. 1997. «A Survey of Augmented Reality». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355-385. Disponible en: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

- BERNAL, Juan D., BACCA, Jorge, y DAZA, Julio M. 2019. «Una aplicación móvil de Realidad Aumentada para la enseñanza de la gestión de almacenes en logística [An Augmented Reality mobile application for teaching warehouse management in logistics]». En Serna, Edgar (Ed.) *Desarrollo e Innovación en Ingeniería*. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación, pp. 85-95. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3387679>
- BOZKURT, Aras. 2018. «Augmented Reality With Mobile and Ubiquitous Learning: Immersive, Enriched, Situated, and Seamless Learning Experiences». En *Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, edited by Information Resources Management Association. Hershey, PA: IGI Global, pp. 603-617. Disponible en: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5469-1.ch029>
- CANO, Brenda L., HERNÁNDEZ, Jaime E., y BACCA, Jorge. 2019. «Aplicación móvil con realidad aumentada para practicar las preposiciones de lugar en inglés: Estudio de usabilidad y aceptación [Mobile application with augmented reality to practice prepositions of place in English: Study of usability and acceptance]». En Serna, Edgar (Ed.) *Investigación Formativa en Ingeniería*. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación, pp. 22-31. Disponible en: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3387691>
- CHU, Hui-Chun, CHEN, Jun-Ming, HWANG, Gwo-Jen, y CHEN, Tsung-Wen. 2019. «Effects of formative assessment in an augmented reality approach to conducting ubiquitous learning activities for architecture courses». *Universal Access in the Information Society*, 18, pp. 221–230. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0588-y>
- COŞKUNSERÇE, Ozan. 2024. «Use of a mobile plant identification application and the out-of-school learning method in biodiversity education». *Ecology and Evolution*, 14(4), e10957. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ece3.10957>
- EL SAYED, Neven A. M., ZAYED, Hala H., y SHARAWY, Mohamed I. 2011. «ARSC: Augmented reality student card an augmented reality solution for the education field». *Computers & Education*, 56(4), pp. 1045-1061. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.019>
- ELSAFI, Abdelwahed. 2020. «Augmented Strategies for Mobile and Ubiquitous Learning Technologies». En Yu, Shengquan, Ally, Mohamed, y Tsinakos, Avgoustos (Eds.) *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum. Bridging Human and Machine: Future Education with Intelligence*. Singapore: Springer, pp. 245-260. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0618-5_15

- GARZÓN, Juan. 2021. «An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education». *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), 37, pp. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- GARZÓN, Juan, KINSHUK, BALDIRIS, Silvia, GUTIÉRREZ, Jaime, y PAVÓN, Juan. 2020. «How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis». *Educational Research Review*, 31. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- GONZÁLEZ BOTIJA, Fernando. 2019. «La prohibición del teléfono móvil en las escuelas en Francia». *Revista de administración pública*, 208, pp. 379-401. Disponible en: <https://doi.org/10.18042/cepc/rap.208.13>
- IBÁÑEZ, María Blanca, URIARTE, Aldo, ZATARAIN, Ramón, y BARRÓN, María Lucía. 2020. «Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course». *Computers & Education*, 145, 103734. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- KLOPFER, Eric. 2008. *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press.
- LAMPROPOULOS, Georgios, KERAMOPOULOS, Euclid, DIAMANTARAS, Konstantinos, y EVANGELIDIS, Georgios. 2022. «Augmented Reality and Virtual Reality in Education: Public Perspectives, Sentiments, Attitudes, and Discourses». *Education Sciences*, 12(11), 798. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/educsci12110798>
- LIN, Yi Hsien, CHANG, Shu-Hsuan, HUANG, Tien-Chi, LIN, Yu Ting, y CHEN, Yu Jie. 2019. «Augmented Reality Enhanced Ubiquitous-Learning in Museum». *International Journal of Information and Education Technology*, 9(8), pp. 543-547. Disponible en: <https://doi.org/10.18178/IJ-IET.2019.9.8.1263>
- LIU, Peiyao, y CHENXING, Xie. 2023. «Designing Between Virtuality and Reality: Improving Inclusiveness in Hybrid Spaces». En *The 41st ACM International Conference on Design of Communication (SIGDOC '23)*, October 26–28, 2023. Orlando, FL, USA. ACM, New York, NY, USA: ACM, pp. 184-190. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3615335.3623033>
- LÓPEZ-BELMONTE, Jesús, MORENO-GUERRERO, Antonio-José, LÓPEZ-NÚÑEZ, Juan-Antonio, e HINOJO-LUCENA, Francisco-Javier. 2023. «Augmented Reality in Education. A Scientific Mapping in Web of Science». *Interactive Learning Environments*, 31(4), pp. 1860–1874. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1859546>

- MAJEEED, Zainab H., y ALI, Huda A. 2020. «A review of augmented reality in educational applications». *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 7(62), pp. 20-27. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.19101/IJATEE.2019.650068>
- MARTÍN-JAIME, Juan Jesús, VELASCO-MARTÍNEZ, Leticia Concepción, ESTRADA-VIDAL, Ligia-Isabel, y TÓJAR-HURTADO, Juan-Carlos. 2022. «Diseño de itinerarios educativos para evaluar la sostenibilidad en las ciudades». En Gómez Jiménez, María Luisa (Ed.) *Ciudades circulares y viviendas saludables: régimen jurídico administrativo y proyección social*. Madrid: Dykinson, pp. 149-163.
- RADOSAVLJEVIC, Slavica, RADOSAVLJEVIC, Vitomir, y GRGUROVIC, Biljana. 2020. «The Potential of Implementing Augmented Reality into Vocational Higher Education through Mobile Learning». *Interactive Learning Environments*, 28(4), pp. 404-418. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1528286>
- RODRÍGUEZ, Jonathan, y HUANG, Ching-Yu. 2017. «An emerging study in augmented reality & geographical information system». *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 9(6), pp. 447-450. Disponible en: <https://doi.org/10.7763/IJCTE.2017.V9.1184>
- SÁEZ-LÓPEZ, José Manuel, CÓZAR-GUTIÉRREZ, Ramón, GONZÁLEZ-CALERO, José Antonio, y GÓMEZ CARRASCO, Cosme J. 2020. «Augmented Reality in Higher Education: An Evaluation Program in Initial Teacher Training». *Education Sciences* 10(2), 26. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/educsci10020026>
- SANMARTÍN, Olga R. 2023. «El gran fiasco de las pantallas en la educación». *La Lectura. El Mundo*. Disponible en: <https://bit.ly/fiascoPANTALLAS>
- TORRES, Ana. 2024. «El Consejo Escolar del Estado aprueba por unanimidad el veto de los móviles en primaria y su limitación en secundaria». *El País*. Disponible en: <https://bit.ly/CEEmoviles>
- TORRES-RUIZ, Miguel, MATA, Félix, ZAGAL, Roberto, GUZMÁN, Giovanni, QUINTERO, Rolando, y MORENO-IBARRA, Marco. 2020. «A recommender system to generate museum itineraries applying augmented reality and social-sensor mining techniques». *Virtual Reality*, 24(1), pp. 175-189. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0366-z>
- VILLAGRAN-VIZCARRA, Dafnis Cain, LUVIANO-CRUZ, David, PÉREZ-DOMÍNGUEZ, Luis Asunción, MÉNDEZ-GONZÁLEZ, Luis Carlos, y GARCIA-LUNA, Francesco. 2023. «Applications Analyses, Challenges and Development of Augmented Reality in Education, Industry, Marketing, Medicine, and Entertainment». *Applied Sciences*, 13(5), 2766. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app13052766>

- VILLALUSTRE MARTÍNEZ, Lourdes, y DEL MORAL PÉREZ, María Esther. 2018. «Geolocation and Augmented Reality for Ubiquitous Learning in Initial Teacher Education». *@tic-Revista D'Innovacio Educativa*, 21, pp. 40-48. Disponible en: <https://doi.org/10.7203/attic.21.12633>
- XIAO, Jun, Xu, Zhen, Yu, Ye, CAI, Shuo, y HANSEN, Preben. 2016. «The Design of Augmented Reality-Based Learning System Applied in U-Learning Environment». En El Rhalibi, Abdennour, Tian, Feng, Pan, Zhigeng, y Liu, Baoquan (Eds.) *E-Learning and Games. Edutainment 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9654. Switzerland: Springer, Cham., pp. 27-36. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40259-8_3

Propuesta de implementación de Laboratorios Docentes Remotos Virtuales para la mejora de la Educación en Ingeniería de los Procesos de Fabricación

5

Paula González-Suárez^a
José Alejandro González-Medina^a
Pedro Manuel Hernández-Castellano^a
Roberto Elías Araña Suárez^a

Grupo de Innovación Educativa Ingeniería de Fabricación,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria^a
paula.gonzalez131@alu.ulpgc.es; jose.gonzalez225@alu.ulpgc.es;
pedro.hernandez@ulpgc.es; roberto.arana@ulpgc.es

Resumen:

Hoy en día se observa un mayor desapego de los estudiantes con el sistema educativo tradicional, lo que provoca en muchos casos un abandono temprano de sus estudios. Esto, sumado a una era de continua transformación tecnológica debido a la revolución digital (Industria 4.0), ha afectado enormemente a la educación en ingeniería, viéndose en la necesidad de adaptarse a los nuevos tiempos. Es necesario actualizar las herramientas educativas que, de igual manera, atraigan a las nuevas generaciones y sean efectivas, formando a los alumnos en las TIC y adquiriendo competencias requeridas hoy en día en el mercado laboral. En esta situación, el empleo de laboratorios remotos, que flexibilizan la educación de contenidos técnicos prácticos, y gemelos digitales, que son capaces de recrear virtualmente sistemas físicos complejos, pueden ser de gran ayuda para mejorar la calidad educativa en el contexto de la ingeniería. Combinando estos conceptos, surge la idea de los laboratorios docentes remotos virtuales. Así, en el presente trabajo, se ha propuesto una metodología práctica para la implementación de un laboratorio docente remoto virtual, tomando como ejemplo para su desarrollo una máquina de corte y grabado láser. Con ello, se busca incentivar su empleo en contextos educativos reales, para así seguir investigando sus beneficios en la educación de los futuros ingenieros.

Palabras clave:

Laboratorios remotos, educación en ingeniería, gemelos digitales, Industria 4.0.

1. Introducción

El absentismo escolar y el abandono temprano de la educación es un tema muy investigado. Su relación directa con el fracaso escolar lo hace un asunto vital para un correcto desarrollo de las próximas generaciones, cada vez más envueltas en un mundo exigente para el cual las formas de desarrollo profesional anteriores no están sirviendo (Bayón-Calvo, Corrales-Herrero, y Olga Ogando 2017; González González 2014; Ribaya Mallada 2011; Vega-González 2013).

Así, se ha observado un aumento en la desconexión de los estudiantes con el sistema educativo convencional, generando dificultades en el proceso de enseñanza. A pesar de algunas mejoras con respecto a años anteriores, tanto España como la comunidad autónoma de Canarias no consiguen el objetivo de absentismo y abandono temprano fijado en el 9% (Ministerio-de-Educación-y-Formación-Profesional 2023a; Fernández-Mellizo 2022; Ministerio-de-Educación-y-Formación-Profesional 2023b). Como respuesta a esta situación, se han buscado modificaciones en las estrategias de enseñanza, con el objetivo de crear entornos de aprendizaje personalizados que fomenten la participación de los estudiantes.

En el ámbito específico de la Educación en Ingeniería, los laboratorios de prácticas son una parte fundamental que frecuentemente se enfrenta a limitaciones significativas (Pesa et al. 2014). En nuestro entorno actual, caracterizado por los cambios tecnológicos relacionados con la transformación digital, la importancia de esta faceta del aprendizaje y su alineación con el mundo laboral se vuelven aún más destacada. Estos laboratorios deben adaptarse al contexto de la denominada Industria 4.0, que se caracteriza por un mayor grado de flexibilidad e interconexión (Parrott y Warshaw 2017; Lee et al. 2018).

Ante estas condiciones, la exploración del potencial que brindan los laboratorios remotos podría ofrecer oportunidades para mejorar esta situación. Los laboratorios remotos son laboratorios físicos a los que se puede acceder de forma remota. Facilitan la creación de los mencionados entornos de aprendizaje personalizados, permitiendo a los estudiantes experimentar de manera interactiva y explorar conceptos científicos desde cualquier ubicación. Eliminan la necesidad de estar presentes físicamente en un laboratorio, lo que posibilita un enfoque sin restricciones de tiempo o recursos (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023).

De esta manera, la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) ha propuesto un proyecto de innovación educativa. Este se coordina en tres grupos, cada uno centrado en una asignatura de un grado de ingeniería impartido en la escuela. El

artículo se enfoca en la labor a realizada por el grupo encargado de la asignatura “Tecnologías de Desarrollo de Productos”, que forma parte del plan de estudios del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos (GIDIDP). El objetivo es mejorar las metodologías de aprendizaje activo mediante el uso de laboratorios remotos para incrementar la responsabilidad y el compromiso de los estudiantes con su proceso de aprendizaje. Como primer paso, se ha comenzado a desarrollar un laboratorio docente remoto virtual (LDRV) centrado en el corte y grabado láser. El proyecto se desarrollará en dos años, siendo lo descrito en este artículo los avances iniciales realizados durante el primero, enfocándose en la metodología de la generación de los LDRV, quedando aún pendiente su implementación en el aula para generar un análisis de resultados. Lo conseguido en este tiempo es un prototipo conceptual del funcionamiento que tendría el gemelo digital de la máquina y una propuesta de implementación del LDRV mediante Realidad Aumentada (RA).

2. Marco Teórico

En la presente sección serán expuestos los conceptos básicos relacionados con el tema. En él, se hablarán de metodologías educativas actuales, de la conexión entre el campo del diseño con la educación a través del *Learning Experiences Design*, de la educación en la ingeniería y sus retos, de los laboratorios docentes remotos virtuales, de los gemelos digitales y las posibilidades de innovación educativa que nos ofrece en conjunto.

2.1. Metodologías educativas

Podemos decir que la educación está conformada por tres pilares: el aprendizaje, la evaluación y la enseñanza (Wankat y Oreovicz 2015). Esta última, es justamente la comunicación de los contenidos a aprender y evaluar (Rajagopalan 2019). La tarea del profesor es, al final, posibilitar el acceso al contenido al estudiante mediante distintos medios, seleccionando y adaptando el material, estimulando su interés, dándole la oportunidad de ejercer su capacidad de estudio y monitoreando su progresión (Aguirre 2016). Como vemos, esta es la relación de, otra vez, tres elementos principales: el profesor, el alumno y el contenido.

El planteamiento de la relación de estos tres nodos es lo que determina las diferentes metodologías educativas. El papel del profesor o la linealidad de la enseñanza son objeto de debate de diferentes visiones. Una de las más en boga hoy en día es el constructivismo, el cual propone un sistema dialéctico,

donde el docente es un guía y facilitador del aprendizaje del alumno, que actúa de forma crítica y activa. En esta visión, en la cual nos centraremos, el conocimiento del alumno se construye a partir de saberes previos, el contacto con el docente y la interacción con sus compañeros (Pange y Pange 2011; Boghossian 2013).

La enseñanza se puede transmitir mediante diferentes medios que sirven como conductores de la experiencia que genera el aprendizaje. Se pueden clasificar de la siguiente forma (Rivilla y Mata 2009):

- **Reales:** Objetos de experiencia directa para el alumno. Algunos ejemplos son: plantas, animales, objetos de uso cotidiano, instalaciones urbanas, agrícolas o de servicio.
- **Escolares:** Objetos propios del centro educativo cuyo propósito es facilitar la enseñanza. Algunos ejemplos son: laboratorios, aulas de informática, bibliotecas, mediatecas, hemerotecas, gimnasios, laboratorios de idiomas, globos terráqueos o pizarras.
- **Simbólicos:** Son objetos que aproximan la realidad al estudiante mediante símbolos o imágenes. Algunos ejemplos son: textos, libros o mapas. En los incluidos como medios digitales, se puede hacer una subclasificación de la siguiente forma:
 - **Icónicos:** diapositivas, retroproyección, etc.
 - **Sonoros:** radio, discos, grabaciones, etc.
 - **Audiovisuales:** cine, video, televisión, etc.
 - **Interactivos:** robótica, multimedia, videojuegos, etc.

De esta forma, en la metodología educativa se establece la estructura de la enseñanza, y por consiguiente el uso de estos medios como herramientas, técnicas y formas de evaluación. Que se pueda poner en marcha una determinada metodología depende de la adecuación de esta al conjunto de elementos que intervienen en el proceso de educación. Así, debe tener (Rivilla y Mata 2009):

- Adecuación a la finalidad
- Adecuación al alumno
- Adecuación al contenido
- Adecuación al contexto

Las metodologías educativas se pueden clasificar en dos grandes bloques, las metodologías tradicionales, las que normalmente se llevan a cabo en el aula, centrada en el docente, teniendo una estructura vertical, autoritaria, verbalista y basada en el intelectualismo (Calle-Suárez y Quichimbo-Rosas 2021), y las metodologías innovadoras, en las cuales profundizaremos:

- **Metodologías educativas innovadoras:** también conocidas como metodologías activas, aunque hay de muchos tipos, todas coinciden en que se basan en poner al alumno como el punto central de la enseñanza, siendo más participativo (siguiendo la línea constructivista) (Quiroz 2017). Algunas de las más conocidas y usadas son las siguientes:
 - **Aula invertida (flipped classroom):** En esta metodología los elementos que componen una lección tradicional se invierten, los alumnos estudian los materiales didácticos en casa y luego se trabajan en clase, siendo apoyados por el profesor (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Aprendizaje basado en proyectos:** Consiste en adquirir los conocimientos mediante proyectos que den solución a problemas de la vida real. Tiene un enfoque práctico, estimulando el pensamiento crítico, la comunicación, la resolución de problemas y la colaboración (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020).
 - **Aprendizaje cooperativo:** Se basa en juntar a los estudiantes en grupos o equipos con objetivos educativos comunes. Busca mejorar aspectos como el respeto mutuo, el liderazgo compartido y el pensamiento crítico (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Gamificación:** Introduce las mecánicas y dinámicas de los juegos y videojuegos en un ambiente académico. Con ello, se busca conseguir los efectos del aprendizaje lúdico en el contenido formal (Contreras Espinosa y Eguía 2016).
 - **Aprendizaje basado en problemas:** En esta metodología el alumno genera su propio aprendizaje resolviendo problemas reales de su ambiente. Estos son problemas del entorno del estudiantes que requieren pensamiento crítico e investigación para ser resueltos (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez, y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Aprendizaje basado en pensamiento:** Intenta desarrollar en el alumno capacidades que vayan más allá de la memorización. Promueve que los estudiantes contextualicen, analicen, relacionen y ar-

gumenten. Con ello, no solo adquieren conocimientos, sino que desarrollan un pensamiento más eficaz (Swartz et al. 2008).

- **Aprendizaje servicio:** Consiste en combinar los procesos de aprendizaje con servicios a la comunidad en un proyecto bien articulado. Con ello, los alumnos aprenden a la vez que trabajan en las necesidades reales del entorno con la finalidad de mejorarlo (Quiroz 2017; Asociación-Centro-Promotor-de-Aprendizaje-Servicio 2019; Red-española-aprendizaje-servicio 2020).

2.2. Learning Experience Design (LXD)

El Diseño de Experiencias de Aprendizaje (*Learning Experience Design*, LXD o *LX design*) es la disciplina del diseño que se orienta en lograr experiencias de mayor calidad en el ámbito de la educación. Se diferencia de otras disciplinas en que sirve al único propósito del aprendizaje, desde una visión integral, completa y multidisciplinar. Busca asegurar que el viaje de aprendizaje sea agradable, atractivo, relevante e informativo. Este proceso creativo permite trabajar en situaciones con un alto nivel de incertidumbre inicial y lograr unos resultados finales claros y detallados. Tiene un enfoque centrado en la persona, en este caso el estudiante o aprendiz, y en las metas o resultados de su aprendizaje. Debe asegurarse de integrar la voz del estudiante e interactuar con él en un proceso de desarrollo compartido. Debe tener en cuenta las realidades, los comportamientos y preferencias de los estudiantes incluyendo el entorno donde ellos están aprendiendo (Tawfik et al. 2022; Schmidt y Huang 2022).

El diseño de experiencias de aprendizaje puede resultar un proceso impredecible, que además es inherente a cualquier tipo de aproximación creativa e innovadora. Se considera que este cambio metodológico es aplicable en cualquiera de las titulaciones que oferta la EIIC, y exportable y replicable a cualquiera de los centros de la ULPGC o de otras universidades en el ámbito nacional. Las principales fases a seguir en el LXD son (Schmidt et al. 2022; Glaser et al. 2022):

1. Cuestionar la necesidad del problema que se quiere resolver.
2. Investigar sobre las personas para las que quieres diseñar esa experiencia de aprendizaje y sobre el impacto que la misma tendrá en esas personas.
3. Diseñar la experiencia a partir de las ideas extraídas de un proceso de co-creación con múltiples perspectivas y adaptada al contexto en el que se quiere implantar.

4. Desarrollar la experiencia a nivel de prototipo que se adecuará al nivel de complejidad y escala que se considere conveniente.
5. Ensayar la experiencia de aprendizaje para determinar si el estudiante ha conseguido el objetivo de aprendizaje y se han logrado los resultados previstos.
6. Lanzar la experiencia de aprendizaje tras la revisión de los resultados y el rediseño de los aspectos a mejorar, si fuera necesario.

2.3. Educación en ingeniería

La Educación en la Ingeniería (*Engineering Education*) se define como la enseñanza de conocimientos, principios y habilidades relacionados con la práctica profesional de la ingeniería. Esta integra la investigación en ingeniería en su educación, para así acelerar la innovación tecnológica y educativa, mejorando la calidad y la diversidad de los futuros profesionales (Cheville 2014; López Álvarez 2019). Desde hace años, ha quedado patente que la planificación y la gestión estratégica de las carreras profesionales relacionadas con la investigación, el desarrollo y la ingeniería son fundamentales para el avance económico de un país de forma que este pueda competir con otros mercados (Hernández Medina, Báez Hernández y Carrasco Fuentes 2020). Esto hace que se cuestione si la manera actual de formar y motivar a estos estudiantes es la adecuada. Sin embargo, para que la intervención que se realice sea de calidad, es necesario realizar la misma desde la investigación.

En este contexto, surge un área emergente que es la Investigación en Educación en la Ingeniería (*Engineering Education Research*, EER), que se define como la investigación que aborda cómo los estudiantes y profesionales de todos los niveles de la ingeniería pueden adquirir las habilidades para ser profesionales exitosos. Permite aplicar el método científico para el análisis de la problemática asociada, para la definición de las propuestas de mejoras necesarias, y para la implementación y desarrollo de acciones que permitan alcanzar los objetivos que se establezcan (Barker, Brophy y Burrows 2006).

La educación en ingeniería busca y requiere desarrollar las competencias directamente relacionadas con la profesión y las necesarias para ejercer una ciudadanía activa y comprometida. Así, un ingeniero no solo debe aprender las nociones técnicas sino formarse éticamente, en el uso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) y la promoción de la sostenibilidad. Esto hoy en día no es un complemento, sino algo necesario para desarrollar la actividad profesional adecuadamente. Es así como se han ido desarrollando

ideas que cuestionan la forma de la educación en ingeniería desarrollada hasta ahora en muchas escuelas (Vega-González 2013; Torres Soler 2013; Cordova-Wentling y Price 2007).

Parte de este cuestionamiento viene dado por el cambio en la cultura organizacional de las empresas en nuestros tiempos. A partir de los años noventa hasta ahora, se pasó de un modelo de cultura organizacional del servicio y recompensa a largo plazo de los empleados de una empresa, pudiendo adquirir un trabajo de por vida en ella, teniendo un sistema de promoción sistemático por tiempo y fidelidad, a una cultura de venta con recompensa inmediata, pero sin seguridad a largo plazo para el empleado. Esto se ha manifestado en todas las profesiones, haciendo que los estudiantes egresados que tienen que introducirse en el mercado laboral tengan que enfrentarse a un reto más complejo. En el caso de la ingeniería, y en las ramas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) en general, genera una gran frustración debido a que las empresas cada vez demandan perfiles profesionales más altos en puestos de entrada (Vega-González 2013; Gilbert y Cordey-Hayes 1996).

Este cambio también se ha visto influenciado por la gran progresión tecnológica que estamos viviendo. Las industrias deben afrontar la digitalización, los tiempos de producción cada vez más cortos y la demanda de innovación en métodos y tecnologías para ser capaz de ser competitivos (Arinez et al. 2020; Kim et al. 2018; Rajesh, Prabhuswamy y Krishnasamy 2022; Terkowsky, Frye y May 2019). De esta manera, surge el concepto de Industria 4.0, una forma de denominar lo que algunos creen como la cuarta revolución industrial. Esta se caracteriza por nuevas tecnologías como los sistemas ciber-físicos, la ciberseguridad o el internet de las cosas (Mypati et al. 2023; Arinez et al. 2020). Si cambia la industria, los ingenieros que ejercerán su profesión en un futuro en ella también deben ser formados de otro modo.

Así, debemos ver cómo se está desarrollando la formación en ingeniería hoy en día. A nivel formativo, en una titulación en ingeniería se inicia impartiendo conocimientos generales de ciencias básicas o disciplinas fundamentales relacionadas con los conocimientos teóricos necesarios para comprender ideas más avanzadas que se dan posteriormente. Esto suele durar cuatro semestres. Tras esto, el alumno comienza a recibir una formación relacionada con las diferentes disciplinas de la ingeniería relacionadas con el grado estudiado, las cuales serán la columna vertebral de su educación como ingeniero. Esto también suele durar de dos a cuatro semestres. De seguido, cursará una serie de asignaturas obligatorias de ingeniería aplicada que orienta al alumno a nivel profesional. Del mismo modo, a lo largo de su formación, puede cursar

una serie de asignaturas optativas que dan una formación complementaria a asignaturas principales o que tratan temas tangenciales relacionadas con la titulación. Como último paso, se desarrollan prácticas profesionales que dan una experiencia laboral al alumno y el desarrollo, presentación y defensa de una tesina o proyecto (Trabajo de Fin de Grado) con el objetivo de demostrar las habilidades desarrolladas en la carrera. En algunos casos, también ha de hacerse un examen general de conocimientos (Vega-González 2013).

Esta formación resumida, se ha intentado adaptar a los nuevos tiempos, no solo dando conocimientos científicos y técnicos al alumno, sino intentando formarlo en las llamadas habilidades blandas y darle un mayor grado de experiencia práctica con la que poder desarrollar su currículo. Estos conocimientos se relacionan sobre todo con habilidades de comportamiento humano (Vega-González 2013; Cordova-Wentling y Price 2007): comunicación, trabajo en equipo, ética y autonomía moral, aprendizaje continuo, habilidades gerenciales.

En el estudio referenciado en esta última parte, “La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI” (Vega-González 2013), se proponen ideas básicas para una nueva propuesta de aproximación a estas características a seguir implantando en la educación en la ingeniería (Vega-González 2013):

- Los proyectos a desarrollar deben enfocarse en satisfacer las demandas de las organizaciones y clientes, es decir, es crucial aplicar los conceptos en un entorno del mundo real.
- Es fundamental fomentar la implicación de los estudiantes en las clases, lo que a su vez posibilita alcanzar un amplio espectro de resultados mensurables para trabajar.
- También es necesario obtener una comprensión completa del problema que el cliente desea abordar dentro del contexto económico y tecnológico de su empresa, así como entender los diversos aspectos y metas que busca al financiar el proyecto.

Recientemente ha surgido una nueva disciplina académica denominada Ingeniería para el Aprendizaje (*Learning Engineering*) que se orienta hacia una aplicación práctica de las ciencias del aprendizaje. Emplea metodologías de ingeniería de diseño centradas en la persona, para una toma de decisiones basada en evidencias fiables con el fin de apoyar al estudiante y a su desarrollo personal. Además del diseño y aplicación de experiencias de aprendizaje, la ingeniería del aprendizaje puede abordar otros problemas fuera de ese ámbito como descubrir las raíces de los problemas que afectan a los estudiantes. El

análisis de las condiciones externas a la propia experiencia de aprendizaje como las necesidades básicas, mentalidad del estudiante, entorno y contexto social que impacta en el aprendizaje, son también objeto de trabajo de esta disciplina. La tecnología no es lo esencial en la Ingeniería del Aprendizaje, pero sí se aprovechará esta para hacer una aplicación más eficiente y efectiva de las experiencias de aprendizaje. Éstas deben ser novedosas, flexibles, adaptativas e incluso personalizadas, que permitan crear un ecosistema de aprendizaje efectivo, enriquecedor y sostenible (ICICLE 2024).

2.4. Laboratorios docentes remotos virtuales (LDRV)

Los laboratorios han sido siempre esenciales en la educación de la ingeniería. Los ensayos, las investigaciones y el control de calidad fueron los precursores del desarrollo de numerosas tecnologías a lo largo de la historia. Su uso ha cambiado con el tiempo, y como muchos otros aspectos del desarrollo humano, la aparición de los ordenadores, y la revolución informática que los acompañó, ha transformado la experiencia ofrecida por los laboratorios y otros espacios de experimentación y exploración, como los talleres. La inclusión de las tecnologías que se han desarrollado a principios del siglo XXI, pilares de la Industria 4.0 (como la automatización, los sistemas ciber físicos y el internet de las cosas), ha permitido la aparición de un nuevo modelo de laboratorio: el laboratorio remoto (Tuttle 2021).

Los laboratorios remotos son laboratorios físicos a los cuales se puede acceder a distancia. Estos se basan en una dinámica servidor-cliente donde un usuario pide acceso a unos servicios determinados o contacta con un servidor a través de una red. Esencialmente, el laboratorio físico y el usuario del laboratorio están separados, pero los recursos que da el laboratorio son accesibles desde internet (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023). Los laboratorios remotos dan respuesta a la necesidad de los investigadores y estudiantes de acceder a instalaciones y recursos de calidad (Tuttle 2021; Nardi Da Silva et al. 2023).

La principal ventaja de esta nueva variante de laboratorio es la capacidad de hacer pruebas y experimentos, consiguiendo así conocimientos y resultados de investigación, sin tener la necesidad de estar emplazado físicamente en el sitio donde se dan esas posibilidades (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023). A parte de que, como veremos, ofrece unas grandes posibilidades formativas desde el punto de vista de la educación.

Los componentes de un laboratorio remoto son un cliente, un servidor, una red de conexión y una prueba o experimento a realizar (Aoudi 2001). A parte, debe presentar una serie de características de usabilidad que le permita ser efectivo. Algunas de estas pueden ser las siguientes:

- Disponibilidad: los laboratorios remotos deben estar disponibles en periodos de tiempo realistas y con conveniencia.
- Accesibilidad: deben poder ser accedidos desde todas partes del mundo.
- Actualidad: la tecnología usada debe estar actualizada dado que de lo contrario puede ocasionar problemas en su uso.

Un laboratorio remoto debe contar con muchas otras características, aunque estas suelen depender de la aplicación y objetivo de dicho laboratorio. Además, el formato de laboratorio también dependerá de su rango de actuación. Algunos de ellos hacen uso de la Realidad Virtual (RV), Realidad Extendida (RE) o la Realidad Aumentada (RA) para permitir la interacción de los usuarios con el equipamiento del laboratorio (Nardi Da Silva et al. 2023). No existe una única manera de implementar un laboratorio remoto, ya que debe siempre adaptarse a las necesidades y recursos más adecuados. Sin embargo, es importante tener un buen desarrollo del diseño UI/UX, contar con una buena herramienta de desarrollo de interacción virtual y realizar un correcto estudio ergonómico.

Si al concepto de laboratorio remoto le sumamos la idea del laboratorio docente, se abre un abanico de posibilidades educativas muy interesantes. Los laboratorios docentes son aulas acondicionadas con el propósito de realizar prácticas, pruebas y experimentos relacionados con la enseñanza. La aplicación de la Industria 4.0. no solo se limita a los laboratorios y talleres orientados a la investigación, fabricación o manufactura, sino también a aquellos con aplicación didácticas. Surge así el concepto Educación 4.0 donde se integran nuevas tecnologías en la búsqueda de un aprendizaje más eficaz mediante el fomento de la interacción entre todos los agentes del proceso de enseñanza y aprendizaje. La transformación y cambio de las condiciones industriales actuales tiene una repercusión directa en la formación recibida por los estudiantes de ingeniería, que deben enfrentarse a los desafíos presentes en la actualidad (Terkowsky, Frye y May 2019).

El ritmo en el que surgen estos avances tecnológicos dificulta que los contenidos formativos puedan adaptarse adecuadamente. Por lo tanto, unir el concepto del laboratorio docente con el de laboratorio remoto, creando el labora-

torio docente remoto, ofrece nuevas oportunidades de acercar al estudiantado las nuevas tecnologías y métodos empleados en la industria, junto con la capacidad de mejorar su educación y hacerla más atractiva. Adicionalmente, factores externos, como la pandemia COVID-19, forzaron a las instituciones a tener que adoptar estrategias de educación online que no acabaron de ser adecuadamente implementadas debido a la falta de tiempo, recursos y capacidad de adaptación (Nardi Da Silva et al. 2023). Tener una gama de recursos para poder garantizar la continuidad y calidad de la educación es una prioridad.

A esta serie de ideas se le ha de sumar que, particularmente en ingeniería, la educación práctica es estrictamente necesaria. Tener contacto de primera mano con maquinaria, materiales y hardware es esencial para ofrecer una educación completa (Rassudov and Korunets 2022; Tuttle 2021). Además, no es raro que las universidades se vean obligadas a enfrentarse a una gran falta de personal, tiempo y recursos para poder atender adecuadamente a estas necesidades educativas (Rassudov y Korunets 2022). De la misma forma, la realización de prácticas debe contemplar la seguridad de los estudiantes, la disponibilidad de los recursos físicos y del espacio disponible para realizarlo. La mala gestión y coordinación de las prácticas puede provocar que muchos estudiantes no terminan de asentar los conocimientos que se pretenden impartir en el laboratorio.

Ante todo esto, las TIC nos dan un camino donde apoyarnos para poder empezar a solventar esta serie de problemas. Como se comentó en el apartado anterior, ofrecen características que son positivas para la implantación en la enseñanza. Y, particularmente para los laboratorios remotos, dan la capacidad para su implementación de forma efectiva. Así, podemos decir que hemos llegado al concepto de laboratorio docente remoto virtual, siendo este llevado a cabo mediante las nuevas herramientas dadas por la Industria 4.0 y la interacción virtual.

Según los estudios mostrados en (Tuttle 2021), los resultados empíricos nos dicen que los laboratorios remotos tienen o superan los resultados educativos conseguidos con laboratorios puramente físicos. Esto no quiere decir que los laboratorios remotos puedan ser una sustitución completa de los laboratorios físicos, sino que estos deben trabajar conjuntamente, combinando el uso de ambos para que los estudiantes estén mejor preparados y comprendan más ampliamente la tecnología que va a ser impartida en la práctica de laboratorio (Argota Vega y Bron Fonseca 2019).

Entre las ventajas que puede ofrecer un laboratorio remoto virtual se encuentran las siguientes:

- Permite marcar a los estudiantes su propio ritmo de aprendizaje (Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)
- Da la capacidad de tener sesiones de aprendizaje más largas, y por lo cual, poder asentar mejor los conocimientos (Rassudov y Korunets 2022)
- Aporta flexibilidad al laboratorio y ahorro de recursos (Tuttle 2021)
- Permite la interacción del estudiante con equipamiento de investigación y máquinas complejas de forma segura (Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)
- Da libertad para la exploración y la experimentación (Argota Vega and Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)

Los LDRV permiten a los estudiantes experimentar con libertad y sin miedo, aprendiendo el manejo del equipamiento del laboratorio y creando su propio ritmo de aprendizaje. La implementación de este tipo de tecnología en las aulas universitarias puede llegar a ser un gran avance que permite a la educación superior ponerse en la vanguardia de la innovación educativa y la impartición de educación de calidad.

2.5. Gemelos digitales

En el contexto de la Industria 4.0, la educación y los laboratorios remotos, resulta imperativo hablar de los gemelos digitales. Este concepto hace referencia a un modelo de un espacio virtual que replica y predice el comportamiento de un sistema físico real (Parrott y Warshaw 2017; Chambers y Schwarz 2021; Wu et al. 2020; Tao et al. 2022). Los gemelos digitales son mucho más que simples modelos o prototipos virtuales, ya que recrean la funcionalidad, geometría, proceso de mantenimiento y comportamiento del sistema, permitiendo la simulación en tiempo real de tecnologías y procesos de fabricación (Parrott y Warshaw 2017; Wu et al. 2020).

El gemelo digital surge de un contexto donde aparecen nuevas necesidades, como una mayor competitividad comercial y la integración de los sistemas ciberfísicos, que ha propiciado el desarrollo de la Industria 4.0. Erróneamente, se suele confundir los términos de gemelo virtual y simulación. Las diferencias entre ambos residen fundamentalmente en la escala. Una simulación hace una predicción concreta de un proceso particular, mientras que un gemelo virtual consiste en una serie de conexiones, relaciones y limitaciones asociadas a un sistema, compuesta por muchos procesos y elementos.

Para poder construir un gemelo digital, se ha de empezar por el modelado del sistema. El modelado es el comienzo de la digitalización, y su propósito es representar el sistema físico de referencia. En su construcción geométrica, se determina su forma, estructura, tamaño, posición e interfaz de ensamblado. Por supuesto, para poder realizar esto es necesario primero hacer un estudio del sistema real para poder conocer todas sus partes y relaciones y saber sus limitaciones. Sin embargo, no es necesario hacer una réplica exacta del sistema de referencia, ya que el propósito del gemelo digital es la de replicar el comportamiento del sistema, no su aspecto. Por lo tanto, deberán incluirse todos aquellos elementos que influyan de forma inequívoca en el comportamiento que se desea replicar, intentando prescindir de elementos innecesarios con el objetivo de reducir el consumo computacional y optimizar los tiempos de carga y la transferencia de datos (Dassault Systemes 2020; Tao et al. 2022; Wu et al. 2020).

El ambiente en el que se desenvuelve el sistema físico también es de importancia, ya que la variación en sus condiciones puede afectar a su comportamiento. De no tener estas variables en cuenta y únicamente replicar o sintetizar el comportamiento del sistema, el gemelo digital puede llegar a hacer predicciones inexactas. Esto puede evitarse, tal y como se mencionó anteriormente, con un correcto análisis sistémico (Tao et al. 2022).

La aplicación de los gemelos digitales a los laboratorios remotos puede ser de gran utilidad, ya que permiten la interacción del usuario con el equipamiento del laboratorio a través de un modelo virtual y el acceso en diferido al mismo. Esto hace que el laboratorio docente remoto virtual sea aún más flexible si cabe, solucionando en parte las dificultades para mantener una conexión continua con este.

3. Propuesta Metodológica

La propuesta metodológica describe la implementación de un laboratorio docente remoto virtual en el contexto de la titulación “Grado en ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos”, vinculado a la asignatura “Tecnologías de desarrollo de productos”. Este se plantea como un laboratorio docente remoto virtual en diferido, haciendo uso de un gemelo digital que opera en un entorno similar a un juego.

3.1. Definición de objetivos

El objetivo principal del proyecto es mejorar las metodologías de aprendizaje activo mediante la introducción de un LDRV, teniendo el propósito de aumentar la implicación y compromiso de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje.

Es dentro del contexto de estas últimas metodologías donde se pretende innovar, ofreciendo un medio alternativo interactivo, el LDRV, donde poder aplicar metodologías activas de aprendizaje, como el aula invertida o la gamificación, entre otras. Además, se pretende alcanzar un nivel más alto de personalización en el proceso de enseñanza-aprendizaje de materias de ingeniería. En definitiva, usar nuevas metodologías, tecnologías y enfoques educativos que promuevan un aprendizaje significativo y enriquecido.

Para ello, se ha decidido que el contenido a trabajar en el LDRV de la asignatura sea el relacionado con el proceso de fabricación por corte y grabado láser. En el Taller Las Cocinas de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles se dispone de una máquina láser de CO₂, que será el equipo de referencia para generar un gemelo digital capaz de replicar sus funciones básicas, para que el estudiante pueda interactuar con ella. En este LDRV se podrá acceder a contenidos descriptivos de los fundamentos de este proceso de fabricación, y se permitirá operar con este equipo para su preparación, programación y ejecución de operaciones. Se definirán varios ensayos que el estudiante deberá realizar interactuando con el gemelo digital:

- Regulación distancia focal
- Distancia y velocidad de los patrones de corte
- Rasterizado de imágenes

Al final de los ensayos, el alumno deberá ser capaz de obtener una pieza similar a la que aparece en la figura 1, que integra diferentes tipos de operaciones realizadas con este equipo.



Figura 1. Imagen de pieza resultado de una práctica de corte y grabado láser.

3.2. Modelado del gemelo digital

La máquina láser que servirá como base para el gemelo digital es de la marca Widlaser, modelo C900. El primer paso en el desarrollo del gemelo digital implica comprender en su totalidad las características físicas, el uso y el comportamiento del equipo. La máquina tiene unas dimensiones de 1900x1500x1160 mm, con un peso de 450 kg y un área de trabajo de 1300x900x150 mm. Se trata de una máquina de corte láser de CO2 con una potencia de 120 W.

En esta tecnología, la generación del láser ocurre al estimular eléctricamente el gas CO2 contenido dentro de un tubo de vidrio, provocando la emisión de fotones por parte del gas, que se reflejan entre dos espejos y que genera el haz láser. Este haz es dirigido hacia el cabezal mediante una serie de espejos y allí es focalizado mediante una lente para alcanzar la alta densidad de energía que la operación a realizar requiere. El cabezal está montado en una mesa de coordenadas de dos dimensiones que permite desplazarlo en todo el plano de trabajo, y está equipado con un marco mecánico que genera su movimiento. El calor generado por el láser provoca la evaporación o fusión del material sobre el cual incide, lo que resulta en el corte o grabado, dependiendo de la frecuencia, potencia y velocidad de avance del láser (Groover et al. 2007; Kalpakjian et al. 2014; Swift y Booker 2013).

Dado que el láser no es un elemento tangible ni cuenta con ningún mecanismo más allá del responsable del movimiento de la máquina, no es necesario replicar ningún componente físico más allá de la estructura. Por lo tanto, el modelo se limitará a simular su mecanismo de funcionamiento, lo que simplifica

el gemelo digital. El objetivo de la simplificación es la creación de un modelo optimizado y poco pesado, que no consuma grandes recursos. Para llevar a cabo esta tarea, se emplearán el software CAD Autodesk Fusion 360 y el programa de modelado poligonal Blender. Con el fin de trabajar una mayor precisión y comodidad, se utilizará un modelo 3D fruto de un escaneado tridimensional para obtener una referencia digital con la que comenzar a modelar.

De esta manera, la máquina se simplificará en tres componentes distintivos: la estructura, el sistema de movimiento y el cabezal de corte. Durante la creación del entorno virtual, se limitará el movimiento de las distintas partes del mecanismo para asegurar una representación precisa de las capacidades de la máquina. El sistema de movimiento se compone del marco y su sistema de soporte, mientras que el cabezal puede desplazarse gracias a una correa que le permite moverse sobre el área de trabajo. Por lo tanto, es necesario modelar la correa y su eje. Las restricciones son fundamentales en la modelización del sistema de movimiento, ya que definen las capacidades físicas del modelo 3D.

El cabezal puede ser desglosado en la boquilla y el soporte de la cabeza. Esta área será la más destacada en el gemelo digital y, por ende, debe ser recreada con la mayor precisión posible para asegurar su similitud con la máquina original. Además, se creará una representación aproximada del contenedor de CO₂ que se ubicará en la parte posterior de la máquina, ofreciendo una oportunidad didáctica para observar de manera segura la generación del láser. Sin embargo, componentes internos como la electrónica, la unidad de refrigeración y los generadores de energía serán excluidos debido a que no tienen gran potencial didáctico y solo aumentarían la complejidad del modelo.

Así, se desarrollará un modelo virtual que sea preciso y al mismo tiempo simplificado. Se eliminarán los sistemas superfluos, tales como los ventiladores de extracción de gases, el compresor de aire, y el equipo de refrigeración de agua, con el fin de reducir el peso del modelo 3D. Esto generará tiempos de carga más breves y ocupará menos espacio de almacenamiento.

3.3. Entorno del LDRV

El siguiente paso implica la implementación de este modelo virtual en un entorno que permita la interacción con el usuario y la recreación de todas las características y fenómenos físicos deseados. El gemelo digital debe ser desarrollado en un entorno accesible para el estudiantado, lo que posibilitará a los alumnos hacer uso de él. Varios estudios mencionados en (Nardi Da Silva et al. 2023) sugieren el uso de motores de juego, como Unity o Unreal, para el

desarrollo de LDRV. Estos programas permiten crear entornos virtuales similares a los videojuegos (figura 2), lo que proporciona experiencias dinámicas e inmersivas en una variedad de dispositivos y plataformas.

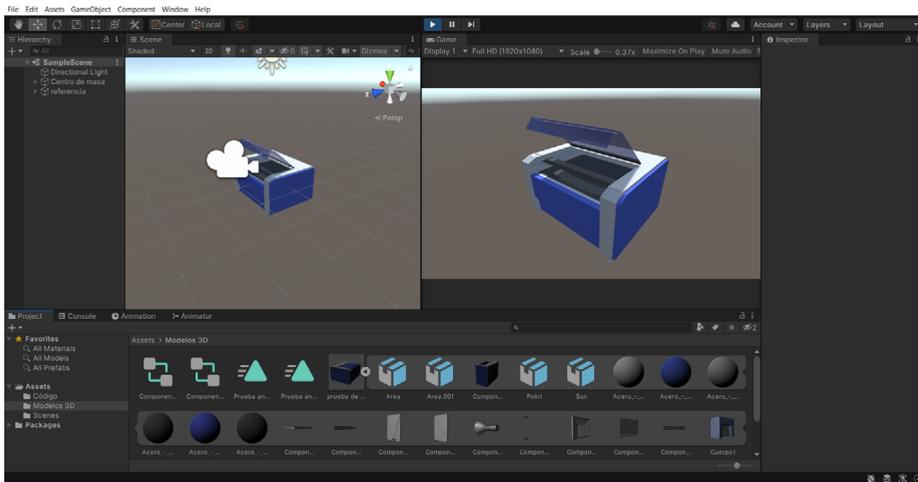


Figura 2. Captura de pantalla del comienzo de integración del modelo en el entorno de Unity.

Se ha decidido utilizar Unity como el motor de desarrollo para el entorno del LDRV en este proyecto. Unity es un software económico y accesible para aquellos que se inician en el desarrollo, con una amplia gama de tutoriales y cursos disponibles para el aprendizaje. Además, cuenta con un módulo específico para aplicaciones industriales llamado Unity Industry (Unity 2024b), que facilita el desarrollo de experiencias 3D de tipo industrial en tiempo real. Además, Unity proporciona herramientas especializadas para la creación de gemelos digital (Unity 2024a), y permite la reutilización de entornos para otros proyectos, lo que puede resultar en un ahorro de recursos.

Dado que se están proporcionando solo los aspectos metodológicos del desarrollo de un LDRV, no se explorará en detalle el proceso de creación de un gemelo digital en Unity. No obstante, se han definido requisitos de diseño basados en las características y recursos disponibles para este proyecto:

- Optimizado y rentable: el entorno creado en Unity debe estar altamente optimizado para minimizar tanto los costos computacionales como los tiempos de carga.

- Interfaz de usuario intuitiva: el entorno debe ser intuitivo y accesible, lo que permitirá una fácil orientación y comprensión tanto para los estudiantes como para los profesores.
- Interactivo: El entorno debe posibilitar que los estudiantes interactúen con el gemelo digital y los parámetros establecidos.
- Multiplataforma: El entorno debe posibilitar el acceso desde una variedad de dispositivos y plataformas, como teléfonos móviles, computadoras personales y plataformas web.
- Múltiples usuarios en paralelo: El entorno debe ser capaz de atender a varios usuarios simultáneamente para asegurar que más de un estudiante pueda acceder al laboratorio docente remoto virtual al mismo tiempo.
- Vinculado a GIDIDP: la interfaz de usuario debe posibilitar la integración del contenido teórico y didáctico disponible en la plataforma Moodle que es el gestor de contenidos de aprendizaje implantado en la ULPGC.

De esta forma, a partir de estas especificaciones de partida se podrá elaborar el LDRV adecuado a los contenidos que se quieren abordar y para los usuarios a los que va a ir dirigido principalmente. Teniendo el modelo del gemelo digital y la forma de implementación en un software rentable, queda por establecer algunas características del sistema y la interfaz con la cual interactuará el usuario, para terminar de definir la experiencia de aprendizaje propuesta para este LDRV.

3.5. Definición de las características del sistema

Como se indicó previamente, uno de los requisitos de diseño del LDRV debe ser su capacidad multiplataforma. Dado que los estudiantes no siempre tienen acceso a una computadora de escritorio, a menudo acceden a plataformas académicas utilizando dispositivos móviles. Por consiguiente, se sugiere que toda la información esencial del LDRV se almacene en un servidor de computación en la nube, mientras que la interfaz de usuario se base en sitios web HTML. Esto permitirá a los estudiantes acceder al laboratorio utilizando cualquier dispositivo, ya sea un teléfono móvil, una tableta o una computadora personal, sin necesidad de instalar software adicional.

Además, la ciberseguridad es uno de los fundamentos de la Industria 4.0, por lo que es imperativo que cada plataforma de software empleada por la

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) esté protegida contra accesos no autorizados. Por ende, la plataforma que facilita el acceso al LDRV debe contar con un sistema de autenticación.

3.6. Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario (UI) debe ser sencilla, práctica y fácil de navegar. Después de la pantalla de inicio de sesión de la ULPGC, la interfaz propuesta debe motivar al usuario a iniciar la actividad. Se ha planteado presentar inicialmente dos opciones. La primera que permita dirigir al estudiante hacia un recurso didáctico en el que se sintetizan las nociones básicas sobre la tecnología del corte y grabado láser. La segunda opción permitirá acceder directamente al entorno práctico y el usuario encontrará un tutorial breve sobre cómo moverse y operar en este entorno. Una vez visualizado u omitido el tutorial, se mostrará la pantalla principal del LDRV.

En esta pantalla presentará una versión simplificada de una herramienta de programación asistida por ordenador (CAM) para esta tecnología, similar a la que se emplea la actividad cotidiana del taller. En este entorno, se ofrecerá la opción de seleccionar entre varias piezas de ejemplo, con diferente nivel de complejidad. Una vez elegida la pieza de trabajo, el usuario tendrá la capacidad de establecer los parámetros operativos del proceso, entre diferentes alternativas que se le proponen. Una vez definidos estos parámetros, se podrá pasar a la siguiente pantalla, donde se presentará el gemelo digital y el usuario podrá interactuar con él. Los estudiantes podrán manejar la máquina a través de un controlador similar a la que dispone la máquina en realidad, y tendrán la capacidad de abrir y cerrar la puerta de acceso al espacio de trabajo, así como de mover los diferentes ejes de la máquina y ajustar la distancia focal.

Aquí entrará la posibilidad de elegir si el entorno querido es el entorno 3D estándar del ordenador o la realidad aumentada. En el primer caso, el mecanismo de navegación debe imitar a los ya existentes en los softwares de modelado 3D, pues resultará muy intuitivo para alumnos acostumbrados al uso de estas herramientas. Se podrían sintetizar en los siguientes modos:

- Desplazamiento orbital alrededor de la máquina haciendo clic derecho y desplazando el ratón sobre la superficie de la mesa.
- Desplazamiento de paneo haciendo clic en la rueda central del ratón y desplazándolo sobre la superficie de la mesa.
- Zoom moviendo la rueda del ratón

En el caso de la realidad aumentada, esta estaría orientada a su uso en dispositivos móviles. Se utilizaría la cámara frontal de este para localizar el modelo digital en la superficie plana que se tuviera en frente. La forma de navegar por este entorno sería parecida a lo descrito anteriormente, pero utilizando la pantalla táctil para hacer el movimiento orbital, el paneo y el zoom.

Esta última forma de uso estaría orientada a un empleo que no se limitaría a estar fuera de las instalaciones educativas, pudiéndose integrar en la clase como una forma de explicar los contenidos más cercana a los alumnos. A parte, fomentaría el trabajo cooperativo impulsando la interacción y el aprendizaje entre pares en una situación previa al acceso al laboratorio.

Por supuesto, como se había establecido previamente, también se podrá utilizar el dispositivo móvil para acceder a un entorno 3D estándar, teniendo el ambiente que se vería en el ordenador, pero la forma de navegación descrita para la realidad aumentada.

Una vez realizada la preparación previa requerida, se podrá lanzar la ejecución del programa que haya elaborado el estudiante. El usuario podrá ver cómo trabaja tanto la máquina virtual como la real. Esto último se conseguirá a través de un conjunto de vídeos que se grabarán de las diferentes posibles acciones que tomará la máquina. Estos se ejecutarán de forma aleatoria según las posibilidades de que ocurran los diferentes fenómenos. El usuario tendrá la opción de seleccionar entre varios puntos de vista para observar la ejecución del proceso.

Posteriormente, se presentará el resultado obtenido, junto con los parámetros de entrada seleccionados. El estudiante podrá analizar ese resultado y consultar una retroalimentación con la valoración argumentada del resultado alcanzado. Una propuesta de la interfaz de usuario se muestra en las figuras 3 y 4. Una prueba básica de implementación realizada se puede ver en la figura 5.



Figura 3. Pantalla de selección de parámetros de la UI del laboratorio remoto.



Figura 4. Representación en plataforma móvil del gemelo digital en su proyección RA.

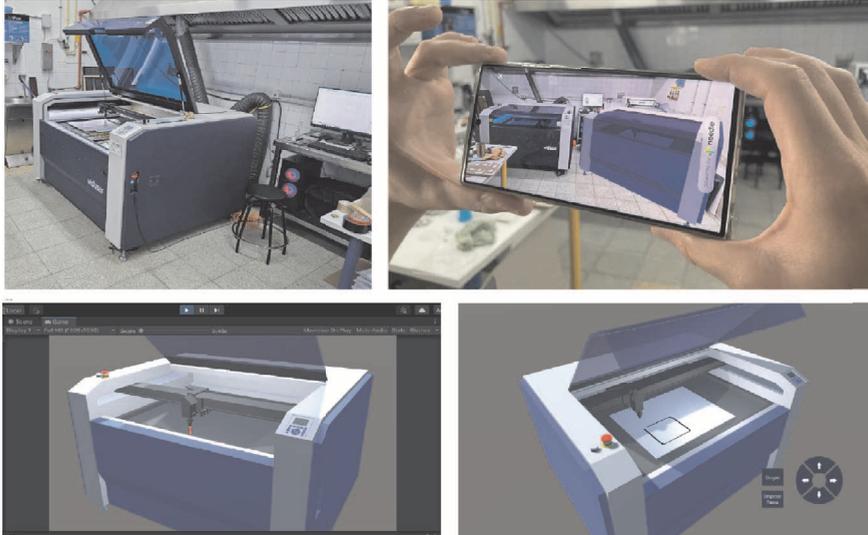


Figura 5. Mosaico (de izquierda a derecha) con una imagen de la máquina real, una prueba de proyección RA del gemelo digital usando el SDK (Software Development Kit) Needle Engine, la implementación del rayo láser en el modelo y un patrón simple generado con el gemelo digital.

3.8. Métodos de evaluación

Una vez desarrollado el LDRV propuesto, éste debe ser analizado y evaluado en detalle para determinar su grado de adecuación y efectividad en un entorno educativo. Se plantearía un experimento que se introduciría en la asignatura “Tecnología de Desarrollo de Productos” de GIDIDP, con un grupo de control de unos 15 estudiantes que realizarían la práctica de laboratorio de forma tradicional y otro grupo experimental de tamaño similar que usarían el LDRV planteado, comparando datos recogidos de ambos para realizar un análisis de los resultados. Para llevar a cabo esta evaluación, se proponen diversos métodos:

- Utilización de cuestionarios estandarizados, como el Cuestionario de Experiencia del Curso (CEQ), para recopilar datos sobre la percepción y satisfacción tanto de docentes como de estudiantes.
- Observaciones directas en el aula para registrar el nivel de participación, interacción de los estudiantes, dificultades, propuestas de mejora, para el uso adecuado del laboratorio docente remoto virtual.

- Implementación de pruebas de evaluación específicas del desempeño del estudiante, desarrolladas con herramientas de evaluación adaptadas a los objetivos de aprendizaje esperados.
- Realización de entrevistas individuales y grupales con estudiantes para obtener información más detallada y cualitativa sobre su experiencia de aprendizaje.
- Registro de indicadores cuantitativos basados en variables relevantes como el tiempo de interacción con el LDRV, número de intentos en los ensayos propuestos, entre otros.

Otras herramientas de evaluación podrán ser complementados posteriormente, siempre y cuando se consideren apropiados y con un costo computacional razonable. Estas pruebas de evaluación se realizarán una vez obtenido un LDRV de corte y grabado láser lo suficientemente complejo como para que tenga el contenido didáctico necesario para que los datos sean relevantes.

4. Discusión

A pesar de que los estudios abalan la eficacia de los laboratorios docentes remotos virtuales, como se ha referenciado en apartados anteriores (Tuttle 2021), su implantación y efectividad debe ser comprobada en el contexto específico de cada caso, al ser una herramienta muy novedosa. Disponer de cada vez más laboratorios de este estilo introducidos en el sistema, lograr obtener datos para ir analizando los efectos a largo plazo y sus necesidades de evolución y mejora. A parte, nos permitirá seguir trazando paralelismos entre los cursos educativos ya existentes, viendo en que aspectos los laboratorios docentes remotos virtuales son capaces de sustituirlos y en qué aspectos son solo un complemento más a algo, por ahora, más efectivo.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que WebGL, la plataforma gráfica con la que Unity exporta para la web, en la actualidad no garantiza la completa compatibilidad con dispositivos móviles. Esto está causado por la carga gráfica que conlleva, siendo más común que funcione en dispositivos de alta gama (Unity 2021), por lo que habrá que hacer pruebas con diferentes tipos de estos dispositivos para asegurar su correcto funcionamiento. Aunque esta empresa está trabajando para solucionar estos problemas, hay que estar al tanto del desarrollo de otros motores como Unreal, por si llegan a ofrecer nuevas funcionalidades que puedan ser de interés para este laboratorio remoto. De la misma forma, hay que estudiar el uso de SDK (*Software Development Kit*)

con Unity, los cuales facilitan el desarrollo de esta clase de proyectos. Un ejemplo que ayuda a la integración de elementos 3D VR o AR en la web y que sean accesibles es *Needle Engine* (Needle Tools 2022).

Enlazando con la posibilidad de necesitar dispositivos de alta gama, otro punto de discusión es el uso de tecnología costosa y no tan accesible para el público mayoritario como lo es la realidad virtual. Es cierto que esta es cada vez más accesible, pudiéndose utilizar incluso dispositivos móviles como soporte para ella, junto con una estructura ergonómicamente adecuada para usar el dispositivo como unas gafas de realidad virtual. Sin embargo, al tratarse de producto orientado a instituciones educativas públicas, la accesibilidad económica en el uso del LDRV debe ser una prioridad. Por tanto, es más factible la implementación de nuevas tecnologías de interacción digital mediante la realidad aumentada y un dispositivo móvil, que mediante la realidad virtual y los periféricos necesarios para ello. A pesar de esto, tampoco se ha de descartar, pudiendo investigarse en un futuro otras formas de poder implementar la realidad virtual de forma más económica.

5. Conclusiones y Líneas Futuras

En este trabajo se ha realizado una aproximación a líneas de innovación educativa emergentes que ofrecen las nuevas tecnologías. Estas ofrecen oportunidades de mejora de los recursos educativos actuales, pudiéndose aplicarse de forma efectiva a la educación en ingeniería. Manteniendo el enfoque sistemático y tecnológico proveniente justamente de las ramas técnicas, pueden generarse grandes avances y sinergias tanto en la educación de la ingeniería como en la aplicación de la ingeniería para el aprendizaje.

La implementación planificada de un laboratorio remoto equipado con tecnología de gemelos digitales tiene el potencial de transformar las metodologías de enseñanza de la ingeniería en la EIIIC. Esta iniciativa considera cuidadosamente los recursos disponibles, priorizando la optimización y la eficiencia, y se alinea con el compromiso de la ULPGC con la innovación y la transformación digital en las aulas y laboratorios. Los estudiantes tendrán la oportunidad de participar en entornos inmersivos del mundo real, lo que les permitirá ampliar su comprensión práctica, y desarrollarán habilidades necesarias para su futuro desarrollo profesional en un contexto de continua evolución tecnológica. Asimismo, se espera que esta propuesta de laboratorio remoto sea el punto de partida para una serie de cambios y estrategias innovadoras que contribuyan a mejorar la calidad de la educación en ingeniería tanto en la ULPGC como en otras universidades públicas españolas. Al adoptar este enfoque, las universi-

dades tienen la posibilidad de transformar la experiencia educativa en prácticas de laboratorio para los estudiantes de ingeniería, preparándolos de manera más efectiva para los desafíos que tendrán que enfrentar en su desarrollo personal y profesional.

Como líneas futuras de acción se ha planteado la implementación de nuevas formas de interacción, como la realidad virtual, la realidad mixta o la realidad aumentada. Estas ofrecen una mejor adaptabilidad al entorno educativo presencial en las aulas, siendo útiles cuando no se dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo la práctica de laboratorio real. También, se explorará su uso como apoyo complementario a las prácticas presenciales en los laboratorios físicos, pudiendo ofrecer una información mucha más amplia y enriquecida del equipamiento empleado en dichas sesiones. De la misma forma, se pretende analizar la aplicación de algunas herramientas de inteligencia artificial para mejorar los resultados obtenidos de los gemelos digitales. También se pretende aplicar estos laboratorios remotos en actividades de aprendizaje no formal, en formación permanente, como manuales de uso de maquinaria, o para actividades de mantenimiento y solución de problemas.

Referencias

- AGUIRRE, Jonathan. 2016. «Jonathan Aguirre 1 y Claudia De Laurentis 2». *Revista Entramados-Educación y Sociedad*, 3. pp.143–53.
- AUDI, Samer M. 2001. «Remote Labs: Design & Implementation Issues». Tesis de Maestría, Florida Atlantic University. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/250189888?sourcetype=Dissertations&Theses>
- ARGOTA VEGA, Luis Enrique y BRON FONSECA, Bárbara. 2019. «Estudio Sobre Evaluación de Competencias En La Plataforma de Laboratorios Remotos». *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 12 (2). pp. 54–66. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu>
- ARINEZ, Jorge F., QING CHANG, Robert X. GAO, Chengying Xu y JIANJING ZHANG. 2020. «Artificial Intelligence in Advanced Manufacturing: Current Status and Future Outlook». *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME* 142 (11). <https://doi.org/10.1115/1.4047855>
- ASOCIACIÓN-CENTRO-PROMOTOR-DE-APRENDIZAJE-SERVICIO. 2019. «Aprendizaje Servicio». Asociación Centro Promotor de Aprendizaje Servicio. 2019. Disponible en: <https://aprenentatgeservei.cat/>

- BARKER, Lecia Jane, BROPHY, Sean P. y BURROWS, Veronica A. 2006. «The Research Agenda for the New Discipline of Engineering Education». *Journal of Engineering Education*, 95 (4). pp. 259–61.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00900.x>
- BAYÓN-CALVO, Siro, CORRALES-HERRERO, Helena y OGANDO CANABAL, Olga. 2017. «Los Factores Explicativos Del Abandono Temprano de La Educación y La Formación En Las Regiones Españolas».
- BOGHOSSIAN, Peter. 2013. «Pedagogy." *Educational Philosophy and Theory*». 38 (6). <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2006.00226.x>
- CALLE-SUÁRES, Carlos Andrés y QUICHIMBO-ROSAS, Adriana del Rocío. 2021. «Presencia de Metodologías Tradicionales En La Educación Del Ecuador». 7. pp. 1205–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2164>
- CHAMBERS, Keith y SCHWARZ, Michael. 2021. «Manufacturing Operations Transformation».
- CHEVILLE, Alan. 2014. «Defining Engineering Education». 24.357.1-24.357.24. <https://doi.org/10.18260/1-2—20248>
- CONTRERAS ESPINOSA, Ruth S. y EGUIA, Jose Luis. 2016. *Gamificación En Aulas Universitarias*. Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.
- CORDOVA-WENTLING, Rose Mary y PRICE, Raymond. 2007. «Human Behavior Skills in Engineering Education». *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2—1690>
- DASSAULT SYSTEMES. 2020. *Vaya Más Allá Del Gemelo Digital*. Dassault Systemes.
- FERNÁNDEZ-MELLIZO, María. 2022. *EAU_Informe_abandono*. Disponible en: https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2022/11/EAU-Informe_Ejecutivo_abandono_fin2_comenmtadoMinistro.pdf
- GILBERT, Myrna y CORDEY-HAYES, Martyn. 1996. «Understanding the Process of Knowledge Transfer to Achieve Successful Technological Innovation». *Technovation*, 16 (6). pp. 301–12. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(96\)00012-0](https://doi.org/10.1016/0166-4972(96)00012-0)
- GLASER, Noah, ALZOUBI, Dana, EARNSHAW, Yvonne, SHAFFER, Elisa L. y YANG, Mohan. 2022. «Formative Design and Development of a Three Dimensional Collaborative Virtual Learning Environment Through Learning Experience Design Methods». *Journal of Formative Design in Learning*. pp. 63–76. <https://doi.org/10.1007/s41686-022-00072-2>
- GROOVER, Mikell P, BARRIENTOS MORALES, Antonio, LEÓN CÁRDENAS, Javier y REYES ROSALES, Rosendo. 2007. *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. 3ª. México: McGraw-Hill. Disponible en: <https://go.exlibris.link/tpWYc7rz>

- HERNÁNDEZ MEDINA, Carlos Alberto, BÁEZ HERNÁNDEZ, Alexander y CARRASCO FUENTES, Magdalys Alibet. 2020. «Impacto Económico y Social de La Ciencia y La Tecnología En El Desarrollo». *Revista de Ciencia y Tecnología*, 34: 107–14. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.34.015>
- ICICLE. 2024. «ICICLE - Home». 2024. Disponible en: <https://sagroups.ieee.org/icicle/>
- KALPAKJIAN, Serope, SCHMID, Steven R, MURRIETA MURRIETA, Jesús Elmer, FIGUEROA LÓPEZ, Ulises y SANDOVAL PALAFOX, Francisco Javier. 2014. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología: Ingeniería y Tecnología de Materiales*. 7th ed. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07429a&AN=ulpgc.706034&site=eds-live>
- KIM, Dong Hyeon, KIM, Thomas J.Y., WANG, Xinlin, KIM, Mincheol, QUAN, Ying Jun, OH, Jin Woo, MIN, Soo Hong, et al. 2018. «Smart Machining Process Using Machine Learning: A Review and Perspective on Machining Industry». *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 5 (4). pp. 555–68. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0057-y>
- LEE, Jay, HOSSEIN DAVARI, Jaskaran Singh y PANDHARE Vibhor. 2018. «Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems». *Manufacturing Letters*, 18. pp. 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
- LÓPEZ ÁLVAREZ, David. 2019. «La Educación En Ingeniería, Un Campo de Investigación Lleno de Futuro». *XXV Jornadas Sobre La Enseñanza Universitaria de La Informática: Murcia, Del 3 Al 5 de Julio de 2019: Actas 4*. pp. 215–22. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/166390/496-3074-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINISTERIO-DE-EDUCACIÓN-Y-FORMACIÓN-PROFESIONAL-Y-DEPORTES. 2023. «Sistema estatal de indicadores de la educación 2023». pp. 85–86. Disponible en: https://www.libreria.educacion.gob.es/libro/sistema-estatal-de-indicadores-de-la-educacion-2023_182384/
- MINISTERIO-DE-EDUCACIÓN-FORMACIÓN-PROFESIONAL-Y-DEPORTES. 2023. «La Tasa de Abandono Educativo Temprano Se Mantiene Estable Con Un 13,9% En 2022». Disponible en: <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/prensa/actualidad/2023/01/20230127-aet.html>
- MYPATI, Omkar, MUKHERJEE, Avishek, MISHRA, Debasish, PAL, Surjya Kanta, CHAKRABARTI, Partha Pratim y PAL, Arpan. 2023. «A Critical Review on Applications of Artificial Intelligence in Manufacturing». *Artificial Intelligence Review*, 56 (October). pp. 661–768. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10535-y>

- NARDI DA SILVA, Isabela, GARCÍA-ZUBÍA, Javier, HERNÁNDEZ-JAYO, Unai, BOSCO, João y ALVES, Mota. 2023. «Extended Remote Laboratories: A Systematic Review of the Literature from 2000 to 2022». *IEEE Access* PP.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.DOI>
- NAVARRERE SOLÓRZANO, David Alejandro, RODRÍGUEZ GÁMEZ, María y MOYA MARTÍNEZ, María Elena. 2020. «Active Methodologies in the Classrooms». *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, no. February.
<https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I5/PR2020566>
- NEEDLE TOOLS. 2022. «Needle Engine Documentation». Disponible en:
<https://engine.needle.tools/docs/>
- PANGE, Apostolia, y PANGE, Jenny. 2011. «Is E-learning Based On Learning Theories? A Literature Review». *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 5 (8). pp. 932–36.
- PARROTT, Aaron y WARSHAW, Lane. 2017. «Industry 4.0 and the Digital Twin». *Deloitte University Press*.
- PESA, Marta, BRAVO, Silvia Del Valle, PÉREZ, Silvia y VILLAFUERTE, Manuel. 2014. «Las Actividades de Laboratorio En La Formación de Ingenieros: Propuesta Para El Aprendizaje de Los Fenómenos de Conducción Eléctrica». *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31 (3). pp. 642.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n3p642>
- QUIROZ, Juan Silva. 2017. «Una Propuesta de Modelo Para Introducir Metodologías Activas En Educación Superior». 17 (73). pp. 15.
- RAJAGOPALAN, Isola. 2019. «The Concept of Teaching». *Journal of Philosophy of Education*, 7 (2). pp. 7–38.
<https://doi.org/https://doi.org/10.34293/education.v7i2.329>
- RAJESH, A. S., PRABHUSWAMY, M. S. y KRISHNASAMY, Srinivasan. 2022. «Smart Manufacturing through Machine Learning: A Review, Perspective, and Future Directions to the Machining Industry». *Journal of Engineering (United Kingdom)* 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9735862>
- RASSUDOV, Lev y KORUNETS, Alina. 2022. «Virtual Labs: An Effective Engineering Education Tool for Remote Learning and Not Only». In *Proceedings - International Workshop on Electric Drives, IWED*. Vol. 2022-January. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
<https://doi.org/10.1109/IWED54598.2022.9722375>

- RED-ESPAÑOLA-APRENDIZAJE-SERVICIO. 2020. «¿Qué Es? - Aprendizaje-Servicio». *Red Española Aprendizaje-Servicio*. 2020. Disponible en: <https://www.aprendizajeservicio.net/que-es-el-aps/>
- RIBAYA MALLADA, Francisco Javier. 2011. «La Gestión Del Absentismo Escolar». pp. 579–96.
- RIVILLA, Antonio Medina y MATA, Francisco Salvador. 2009. *Didáctica General*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- SCHMIDT, Matthew, GLASER, Noah, RIEDY, Tina, RIETTA, Carmen, HUSZTI, Heather, WAGNER, Janelle, SMITH, Gigi, et al. 2022. «Learning Experience Design of an MHealth Intervention for Parents of Children with Epilepsy». *International Journal of Medical Informatics*, 160 (September 2021). 104671. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104671>
- SCHMIDT, Matthew y HUANG, Rui. 2022. «Defining Learning Experience Design: Voices from the Field of Learning Design & Technology». *TechTrends*, 66 (2). pp. 141–58. <https://doi.org/10.1007/s11528-021-00656-y>
- SWARTZ, Robert J., COSTA, Arthur L., BEYER, Barry K y REAGAN, Rebecca. 2008. *El Aprendizaje Pensamiento*. Ediciones SM.
- SWIFT, K. G y BOOKER, J. D. 2013. *Manufacturing Process Selection Handbook*. Butterworth-Heinemann.
- TAO, Fei, XIAO, Bin, QI, Qinglin, CHENG, Jiangfeng y Ji, Ping. 2022. «Digital Twin Modeling». *Journal of Manufacturing Systems*, 64 (July). pp. 372–89. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.015>
- TAWFIK, Andrew A, GATEWOOD, Jessica, GISH, Jaclyn J. y HAMPTON, Andrew J. 2022. «Toward a Definition of Learning Experience Design». *Technology, Knowledge and Learning*, 27 (1). pp. 309–34. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09482-2>
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M^a Teresa. 2014. «Absentismo Escolar: Posibles Respuestas Desde El Centro Educativo School Absenteeism: Some Possible Actions from the School Introducción». 12 (2). pp. 5–27.
- TERKOWSKY, Claudius, FRYE, Silke y MAY, Dominik. 2019. «Online Engineering Education for Manufacturing Technology: Is a Remote Experiment a Suitable Tool to Teach Competences for 'Working 4.0'?» *European Journal of Education*, 54 (4). pp. 577–90. <https://doi.org/10.1111/ejed.12368>
- TORRES SOLER, Luis Carlos. 2013. «Educación En Ingeniería e Ingeniería En Educación». 9 (17). pp. 103–9. <https://doi.org/10.26564/19001355.32>

- TUTTLE, Steven Walter. 2021. «Information Preferences of Engineering Educators Faced with Remote Laboratory Adoption Decisions». *University of Technology Sydney*.
- UNITY. 2021. «Compatibilidad del navegador con WebGL - Unity Manual». 2021. Disponible en:
<https://docs.unity3d.com/es/2021.1/Manual/webgl-browsercompatibility.html>
- UNITY. 2024. «Experiencias 3D en tiempo real para la industria». 2024. Disponible en: <https://unity.com/es/industry>
- UNITY. 2024. «Unity Industry». 2024. Disponible en:
<https://unity.com/es/products/unity-industry>
- VEGA-GONZÁLEZ, Luis Roberto. 2013. «La Educación En Ingeniería En El Contexto Global: Propuesta Para La Formación de Ingenieros En El Primer Cuarto Del Siglo XXI». *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14 (2). pp. 177-90.
[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72235-2](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72235-2)
- WANKAT, Phillip C y OREOVICZ, Frank S. 2015. *Teaching Engineering, Second Edition*. Second edi. Purdue University Press Books.
- WU, Jiaju, YANG, Yonghui, CHENG, X. U.N., ZUO, Hongfu y CHENG, Zheng. 2020. «The Development of Digital Twin Technology Review». *Proceedings - 2020 Chinese Automation Congress, CAC 2020*, 4901-6. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CAC51589.2020.9327756>
- ZAMORA MUSA, Ronald. 2012. «Laboratorios Remotos: Actualidad y Tendencias Futuras». *Scientia et Technica Año XVII*, 51. pp. 113-18.

Aula Inmersiva De Aprendizaje (AIDA): Experiencia Práctica de Uso del Metaverso en Ciencias de la Salud 6

M.A. Rodríguez-Flrido^a; M. Maynar^a; B. Mompeó^b; C. Sosa^b;
S. Sacchini^b; C.N. Hernández-Flores^e; J.A. Ramírez^b; P. L. Castro^b

Laboratorio MOTIVA de Simulación y Formación basada en
Tecnología del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno Infantil^a
Grupo de Innovación educativa "Simulación para la formación en CCS" (ULPGC)^b

Cátedra de Tecnologías Médicas (ULPGC)^c

Grupo de Patología y Tecnología Médica (Instituto Universitario
de Investigaciones Biomédicas y Sanitarias de la ULPGC)^d

Departamento de Matemáticas (ULPGC)^e

marf@motivando.me; mmaynar@hotmail.com; blanca.mompeo@ulpgc.es;
carmen.sosa@ulpgc.es; simona.sacchini@ulpgc.es; carmennieves.hdezflores@ulpgc.es;
juanandres.ramirez@ulpgc.es; pedro.castro@ulpgc.es

Resumen:

El metaverso ha emergido como un prometedor recurso pedagógico en el ámbito de las Ciencias de la Salud. A través de la realidad virtual y aumentada, esta herramienta permite simular entornos clínicos realistas, facilitando así la adquisición de habilidades prácticas por parte de los estudiantes. En este trabajo se presenta el uso práctico de este concepto mediante la implementación de un Aula Inmersiva De Aprendizaje (AIDA) en los laboratorios docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Este aula, configurada como un entorno en realidad virtual que se incorpora a los laboratorios de prácticas de Anatomía e Histología, representa un contenido en el metaverso en el que grupos de estudiantes pueden interactuar de manera colaborativa y realizar actividades de disección y visualización histológica supervisadas por los docentes. Se evaluó la efectividad de esta innovadora metodología en el aprendizaje de estudiantes de Enfermería y Medicina, analizando sus percepciones sobre la utilidad de este entorno virtual en su formación académica. Los resultados obtenidos, basados en un cuestionario aplicado a 240 estudiantes, sugieren que la integración del metaverso en la enseñanza de las Ciencias de la Salud representa un avance significativo en la formación de futuros profesionales.

Palabras clave:

Metaverso, Tecnología Inmersiva, Medicina, Anatomía, Histología, Realidad Virtual, Realidad Aumentada.

1. Introducción

En los últimos años, las prácticas de los estudios universitarios en las Ciencias de la Salud se han visto afectadas por actualizaciones de la norma ministerial (Ministerio de Sanidad, 2017) o causas extraordinarias (p.ej. la COVID) (Ahmed et al., 2020). En estas circunstancias, las Universidades han tenido que hacer evolucionar sus programas de prácticas y pensar en nuevos modelos que permitan abordar esta nueva situación (Castro et al., 2022; Lewis et al., 2024).

Nuestros años de experiencia docente nos permiten afirmar que, en general, los estudiantes de Ciencias de la Salud buscan activamente oportunidades de aprendizaje práctico que les proporcionen una experiencia cercana a la atención al enfermo, favoreciendo así el desarrollo de las competencias propias de su disciplina. Por ello, los métodos basados en simulación son una buena herramienta educativa que permite motivar a los estudiantes y dar soporte docente al profesorado.

En este marco, según diversos estudios (Barteit et al., 2021; Sandrone, 2022; Bansal et al., 2022; Massetti et al., 2023; Ahuja et al., 2023), el metaverso, entendido como un entorno virtual colaborativo e inmersivo, ha demostrado ser una herramienta valiosa en el ámbito de la educación sanitaria. Permite elaborar métodos pedagógicos constructivistas y de aprendizaje basados en la experiencia, creando escenarios sanitarios sintéticos que emulan visualmente entornos reales en los que los estudiantes, que se sienten inmersos en ellos, realizan y desarrollan tareas que aumentan su entendimiento del contenido académico o perciben aspectos educativos que, sin la propia realización de la actividad, son difíciles de adquirir de la manera tradicional.

Por tanto, el metaverso permite generar un entorno sintético y seguro donde el estudiante de grado pueda introducirse y acceder a una simulación virtual inmersiva preparada para la docencia en Ciencias de la Salud.

Sin embargo, esta idea, que es factible tecnológicamente, presenta algunos retos de implementación y uso docente en los ámbitos educativos de Ciencias de la Salud.

El estudiante de Ciencias de la Salud actual, aunque es un nativo digital y está familiarizado con el uso de tecnología en todo su entorno social y educativo, suele presentar problemas a la hora de gestionar y manejar tecnologías basadas en computador (p.ej. tecnologías inmersivas) (Avidan et al., 2021). En concreto, en el caso del metaverso, las tecnologías que se utilizan para su implementación (p.ej. realidad virtual, realidad aumentada, dispositivos hápticos, etc.) disponen de un alto contenido tecnológico y su control y manejo no es

del todo evidente. Es por ello qué, generalmente, cuando se usan este tipo de tecnologías en el aula, surgen muchos inconvenientes de uso en la dinámica de las clases, debido a su propia complejidad. Se invierte mucho tiempo en la puesta en marcha de la tecnología, en la capacitación de los estudiantes para su uso y, finalmente, en su aprovechamiento como recurso para aprender el contenido de la asignatura correspondiente (Elston et al., 2023).

Aunque los estudiantes y docentes de Ciencias de la Salud suelen estar entusiasmados con el uso en clase de este tipo de entornos, su implementación rutinaria en el aula es compleja y requiere de soporte técnico continuado para su uso habitual en las prácticas (Elston et al., 2023). Esta circunstancia provoca que muchos docentes no se sientan seguros o duden a la hora de incorporar este tipo de tecnologías en su docencia.

En este sentido, en este estudio presentamos un caso práctico de implementación del metaverso en la formación de los futuros profesionales de la salud, sirviendo como modelo innovador para otros docentes.

1.1. El Metaverso en las Ciencias de la Salud

En la actualidad, los estudiantes universitarios están familiarizados con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y su utilización en los procesos de aprendizaje teórico y práctico (Lewis et al., 2024).

Sin embargo, para poder implementar la idea de metaverso, se requiere, como se señala en la sección anterior, del uso de tecnologías avanzadas y emergentes que necesitan de una cierta capacitación de uso y manejo. El estudiante de Ciencias de Salud, aunque potencialmente interesado y entusiasmado con estas tecnologías, no suele presentar especial interés en el funcionamiento, capacidad y aprendizaje de las mismas, pues su interés formativo gira en torno al enfermo y todo lo que se refiere al aprendizaje de su titulación (Avidan et al., 2021). Por tanto, forzar el uso de estas tecnologías en Ciencias de la Salud puede ser contraproducente, dado que gran parte del tiempo de clase se dedicaría a resolver las incidencias con la propia tecnología y los estudiantes y docentes podrían llegar a cansarse, pues se reduce el tiempo destinado a la enseñanza de los contenidos académicos propiamente dichos (Elston et al., 2023).

Esto no suele ocurrir en otras titulaciones ajenas a las Ciencias de la Salud, donde el perfil de estudiante es propiamente técnico y, por tanto, el interés por conocer, aprender y manejar este tipo de tecnologías es inherente (p.ej. ingeniería informática), o en aquellos estudiantes de titulaciones más trans-

versales en los que la tecnología, en sí misma, es un aliciente para la docencia (p.ej. geografía, historia, etc.).

En este contexto, y basándonos en nuestra experiencia previa en la utilización de tecnología de simulación virtual en la docencia de las Ciencias de la Salud (Ballesteros-Ruiz et al., 2013), hemos encontrado que el metaverso puede ser utilizado de manera eficiente con estudiantes de Ciencias de la Salud si la tecnología que lo implementa respeta las siguientes características (Rodriguez-Florido et al., 2024):

1. Naturalización (los interfaces son adaptados a la percepción física que tiene el estudiante),
2. Identificación (cada estudiante debe estar unívocamente identificado en el metaverso para identificarse en primera persona y como participante de un escenario colaborativo),
3. Posicionamiento (el estudiante debe poder ubicarse sin complicaciones ni efectos adversos en el escenario del metaverso),
4. Medición (el estudiante debe ser monitorizado mediante medida de métricas docentes que parametrizan su actividad en el metaverso),
5. Colaboración (los estudiantes deben poder comunicarse e interactuar en grupo para realizar su actividad práctica) y
6. Control (el docente, al igual que en el espacio físico, debe tener acceso y control de toda la actividad que se realiza en el metaverso).

1.2. Contribución del Capítulo

Históricamente, la disección de cadáveres ha sido un recurso muy estimado para la enseñanza de la Anatomía Humana, proporcionando conocimiento tridimensional y de la variabilidad anatómica. Sin embargo, la escasez de donaciones y las consideraciones sanitarias asociadas a su manipulación (Adamović et al., 2021) han limitado su disponibilidad en muchas instituciones académicas.

Igualmente, la Histología requiere de un suministro constante de muestras biológicas de tejido humano, las cuales pueden resultar escasas o de calidad variable, afectando así al aprendizaje de los estudiantes.

El metaverso, como recurso docente, permite proporcionar, con diferentes niveles de profundidad, interacción y realismo (Jingjie et al., 2020; Liimatainen et al., 2021; Lobachev et al., 2021; Gloy et al., 2022; Moro C., 2023), cuerpos y tejidos virtuales reutilizables, inagotables y adaptados a los fines educativos que se deseen.

En este capítulo presentamos un caso práctico que muestra la aplicación del metaverso en el ámbito de las Ciencias de la Salud, específicamente en las asignaturas de Anatomía e Histología. Además, aparte de mostrar nuestra experiencia, este trabajo aspira a servir como modelo para que otros docentes estudien las posibilidades que el metaverso les ofrece como herramienta pedagógica para sus prácticas educativas en este ámbito.

En nuestro caso, hemos implementado en el metaverso una sala de disección anatómica mediante la creación de un entorno virtual inmersivo en el que los estudiantes pueden incorporarse e interactuar de manera colaborativa para manipular un modelo virtual de cadáver. A este recurso lo hemos denominado Aula Inmersiva De Aprendizaje (AIDA).

2. Material y Métodos

Para desarrollar este trabajo se requiere de desarrollo tecnológico, la creación de unidades docentes dentro de las asignaturas en las que esta tecnología se desee utilizar y la colaboración activa de los docentes.

2.1. Desarrollo Tecnológico

Para realizar este tipo de experiencias se requiere del desarrollo de aplicativos software integrados con tecnología inmersiva que implementen el escenario virtual dentro del metaverso. En nuestro caso, hemos desarrollado un aplicativo adaptado a nuestros objetivos docentes en Anatomía Humana e Histología, utilizando motores gráficos, lenguajes de programación y modelos virtuales de código abierto.

En concreto, para crear nuestra aula AIDA, implementamos una aplicación que se adaptara al perfil de estudiantes con el que se va trabajar y donde la experiencia de usuario favoreciera el uso de este tipo de tecnología en el aprendizaje de contenidos sanitarios. Detalles sobre su diseño pueden ser consultados en (Rodríguez-Florida 2024).

A fines prácticos, para los docentes de Anatomía Humana e Histología, el aplicativo se configura con cuatro gafas de realidad virtual de cualquier marca comercial, un ordenador de mesa o portátil, con una tarjeta gráfica convencional (p.ej. Intel(R) UHD Graphics 620), un procesador promedio (p.ej. Intel(R) Core™ i7-8550U GPU @ 1.80 GHz 1.99 GHz) y una memoria RAM de 16 Gb, y un router estándar para crear una red wifi local sobre la que se conectan todos los dispositivos en una red inalámbrica común.

En esta configuración, los estudiantes y el docente se introducirán en la sala de disección virtual del metaverso (AIDA). En general, los estudiantes utilizando gafas de realidad virtual y el docente monitorizando la actividad desde el ordenador de escritorio.

En el caso de que fuera de interés, la señal de vídeo del ordenador de mesa o portátil puede ser transmitida a un proyector, o sistema multimedia, externo para mostrar la vista general del escenario en el metaverso a otros estudiantes que están en el laboratorio de prácticas presencial.

Además, AIDA dispone de pizarras virtuales donde los estudiantes pueden observar descripciones, guías o instrucciones sobre la actividad práctica a realizar en el cadáver virtual y tres funcionalidades (véase figura 1) para los mandos de realidad virtual en el metaverso.



Figura 1: De izquierda a derecha, se muestran los modos de corte, selección y captura de los mandos de realidad virtual que utilizan los estudiantes en el metaverso.

2.2. Contenidos Docentes

El aula AIDA dispone de varias unidades docentes asociadas a varias asignaturas de Anatomía Humana y de Histología de Sistemas. En la tabla 1 se muestran las asignaturas y disecciones con las que se realizaron las experiencias prácticas incluidas en este trabajo. AIDA era un recurso pedagógico más integrado en las sesiones prácticas de laboratorio de estas asignaturas y los contenidos docentes fueron elaborados por los profesores de cada una de estas asignaturas.

Tabla 1. Relación de asignaturas integradas en la experiencia y contenidos docentes realizados dentro del metaverso.

Asignatura	Grado	Año Académico	Créditos	Número de estudiantes	Contenido de la Unidad Docente
Anatomía	Enfermería	1º	6	131	Disección de la cabeza
Anatomía Humana II	Medicina	1º	6	169	Disección superficial del tórax
Anatomía Humana III	Medicina	2º	9	150	Disección parcial del abdomen
Histología de Sistemas	Medicina	2º	6	160	Histología de las Vías Respiratorias

En el caso de la asignatura de Anatomía, del grado en Enfermería, la unidad didáctica consistió en una disección por planos desde la piel hasta la identificación de estructuras importantes como músculos, huesos, meninges, encéfalo, nervios, arterias y venas. Se identificaron estructuras claves como: algunos salientes óseos localizados en la cara interna de la base del cráneo (procesos clinoides anterior y posterior, silla turca, foramen oval y redondo mayor, etc.), estructuras nerviosas (por ej. ganglio del nervio trigémino), etc. Posteriormente, se trabajó el cráneo desde la osteología de la cabeza, identificando, como piezas desmontables, aquellos que lo componen.

En la figura 2 se muestra una captura, dentro de AIDA, de uno de los pasos de la disección por planos de la cabeza.



Figura 2: Disección por planos de la cabeza realizada para la asignatura de Anatomía en el grado de Enfermería.

El interés de la disección de la cabeza se debe a la complejidad de esta región anatómica asociada al limitado acceso al material cadavérico, así como a material tridimensional e interactivo que permita a los estudiantes, de forma inmersiva, entender la anatomía de la cabeza, complementando así los recursos docentes, como material óseo y maquetas, que ya se usan la docencia práctica.

Para Anatomía Humana II, asignatura impartida en el segundo semestre del primer curso del grado de Medicina y que incluye el estudio del sistema músculo-esquelético, se consideró útil introducir las primeras fases de una disección de la pared anterior del tórax. En esta región se aborda el componente osteomuscular, vascularización e inervación superficial del tórax, contenidos correspondientes a la asignatura. En el procedimiento docente se incluyen los primeros pasos de una disección de la zona: la señalización de las líneas de sección más adecuadas para la disección de la pared torácica, la retirada de la piel para acceder a varias zonas: fascias superficial y profunda, vasos y nervios superficiales y varios músculos (platisma, pectoral mayor, pectoral menor, serrato anterior y subclavio). También se mostraban, para su identificación, las ramas deltoidea y pectoral de la arteria toracoacromial y la vena cefálica.

En la figura 3, se puede observar una vista del escenario de disección utilizado durante las sesiones prácticas.



Figura 3: Vista de la disección parcial de la zona del tórax utilizada en la asignatura de Anatomía Humana II del grado de Medicina.

En Anatomía Humana III, asignatura impartida en el segundo curso del grado de Medicina, que incluye en su temario la esplacnología y la neuroanatomía, seleccionamos una zona de disección de complicado acceso dentro de la cavidad abdominal, y por tanto, de difícil asimilación por parte de los estudiantes. En esta unidad se plantea la identificación de la disposición de los

omentos mayor y menor con sus diferentes partes, así como el acceso a los mismos.

En la figura 4, se muestra una visión interior de la zona anatómica utilizada en la docencia.



Figura 4: Escenario de disección utilizado en la asignatura de Anatomía Humana III del segundo curso del grado de Medicina.

En cuanto a la asignatura de Histología de Sistemas se creó una unidad docente que pretende extender los conocimientos desde la identificación del tejido a nivel microscópico a su ubicación anatómica en el sistema del cuerpo humano en estudio. Incluir el recurso AIDA permite que, a través del uso del metaverso, se puedan observar las estructuras macroscópicas y microscópicas de los tejidos y órganos del cuerpo humano de forma relacionada.

En la figura 5 se representa el escenario que se ha diseñado con el fin de extraer el árbol bronquial y estudiar, histológicamente, los tejidos del sistema respiratorio que lo constituyen en relación a su posición anatómica en la vía aérea.

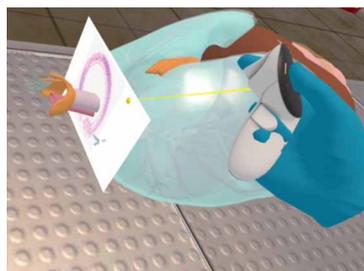


Figura 5: Escenario incluido en AIDA para estudiar la histología en la vía aérea.

2.3. Dinámica de la Docencia y Medidas de Resultado

Las unidades docentes mencionadas en la sección anterior se diseñaron con el fin de educar a los estudiantes en los protocolos de disección anatómica en diferentes regiones del cuerpo humano y reforzar su conocimiento de la ubicación anatómica de los tejidos histológicos. Para ello, los docentes, en el contexto de los contenidos de cada asignatura (tabla 1), elaboraron una secuencia “paso a paso” de cada unidad que se incorporaron como contenido en el aula AIDA.

Los estudiantes, inmersos en el metaverso y observando las pizarras virtuales, seguían secuencialmente los pasos de la actividad, utilizando los mandos de realidad virtual como herramientas de selección, corte y captura de los tejidos anatómicos modelados, de manera que pudieran interaccionar con ellos (diseccionar, señalar y retirar). Véase las figuras 1 y 6 para mejor comprensión de la dinámica de interacción.

Por su parte, los docentes, observando toda la actividad dentro del metaverso desde el ordenador de mesa, podían ayudar, guiar o corregir a los estudiantes, al tiempo que monitorizar al grupo de 4 estudiantes que estaban realizando ese contenido en el laboratorio de prácticas.

Por otra parte, consideramos de interés formar a unos cuantos estudiantes voluntarios que pudieran ayudar y dar soporte al docente durante las sesiones prácticas. A nuestro entender esta manera de proceder es bastante efectiva y permite que los estudiantes sean guiados, si hubiera alguna incidencia, por sus iguales. Véase la figura 6 a modo de ilustración de esta situación.



Figura 6: Captura de un momento de las sesiones prácticas en el laboratorio de anatomía.

Las sesiones prácticas realizadas para el estudio fueron organizadas por los docentes de cada una de las asignaturas y los estudiantes se agrupaban en

equipos de 4 que iban rotando por el contenido académico impartido desde AIDA.

La metodología utilizada durante las experiencias prácticas dentro del metaverso sigue siempre el mismo protocolo: Se conecta todo el sistema a una red wifi común y se introduce a los estudiantes, en equipos de cuatro miembros, en el recurso AIDA mediante el uso de gafas y mandos de realidad virtual. El docente, que se conecta desde el ordenador que ejecuta el aplicativo de escritorio, gestiona, controla y monitoriza a los estudiantes que participan en la experiencia, así como el desarrollo y puntuación en las actividades prácticas dentro de este entorno.

El docente también puede participar en primera persona en el metaverso. Para ello, utilizando unas gafas de realidad virtual se puede sumergir en AIDA y realizar la gestión de la actividad práctica dentro del metaverso mediante un cuadro de mandos virtual (tipo tablet virtual) en el que puede acceder a los mismos controles que utiliza desde el ordenador de escritorio. De hecho, el rol del docente se puede duplicar, pudiendo actuar uno de los docentes en el metaverso, con gafas de realidad virtual y con acceso a la tablet virtual de control, y otro en la aplicación de escritorio en el ordenador en el mundo físico.

Este proceso se repite tantas veces como equipos de cuatro estudiantes estén disponibles en la sesión práctica, que cuenta, además, con otros contenidos prácticos utilizados habitualmente en la docencia de las asignaturas. Ambas metodologías, la física y la del metaverso, conviven en las sesiones prácticas (véase figura 6 a modo de ejemplo descriptivo).

Posteriormente de la actividad práctica, con objeto de tener una medida de resultado en cada una de las asignaturas, los estudiantes realizaron un cuestionario, análogo al utilizado en (Rodríguez-Florido 2024), en el que se les preguntaba por varias cuestiones del uso práctico del recurso docente (AIDA) en el metaverso:

- Presencia: Cuestiones referentes a la capacidad del entorno en el metaverso para crear la sensación del usuario de estar presente en el escenario representado.
- Inmersión: Capacidad del entorno en el metaverso para generar, mediante las prestaciones de realidad virtual inmersiva, la ilusión de estar dentro de una sala de disección.
- Concentración: Capacidad del entorno en el metaverso para crear un estado de concentración plena que favorece la sensación de control, entretenimiento y aprendizaje de los contenidos.

- Manejo del entorno: Habilidad del usuario para manejarse con el entorno tecnológico que implementa el escenario en el metaverso.
- Emocional: Capacidad del entorno en el metaverso de generar la sensación de decepción, frustración, ansiedad, miedo, etc.
- Entusiasmo tecnológico: Satisfacción de los estudiantes para repetir, o recomendar, el uso del metaverso.
- Valoración: Valoración global del estudiante sobre su experiencia en el metaverso.

El cuestionario, similar para todas las sesiones prácticas de las asignaturas involucradas y grados tratados en la experiencia (tabla 1), también contemplaba un par de apartados de respuesta binaria (Sí/No) y otro de efectos adversos de la tecnología:

- Captación de la atención: Capacidad del entorno en el metaverso para captar la atención completa de los estudiantes participantes.
- Familiaridad: Cuestiones referentes a la familiaridad que tienen los estudiantes de ciencias de la salud con el metaverso y la tecnología subyacente en realidad virtual.
- Efectos adversos: Cuestiones referentes a los efectos adversos (mareos, ansiedad, sudoración, etc.) que pudiera sufrir el estudiante al realizar su sesión práctica en el metaverso.

3. Resultados

El cuestionario fue completado por 122 estudiantes de Anatomía en Enfermería, 57 estudiantes de Anatomía Humana III y 61 de Anatomía Humana II en Medicina. La asignatura de Histología de Sistemas del grado de Medicina, aunque incluida en la experiencia de forma experimental, no contribuye con datos de cuestionarios de los estudiantes.

En esta sección mostramos los resultados de los cuestionarios procesados conjuntamente: 240 estudiantes sanitarios. Nótese que no distinguimos si el estudiante es de un grado u otro de Ciencias de la Salud o de una asignatura u otra, pues lo que pretendemos es mostrar, por lo argumentado en la introducción de nuestro capítulo, una fotografía de lo que se obtiene con un estudiante genérico en ciencias de la salud.

Para medir la validez del cuestionario se utilizó el alpha de Cronbach y se calcularon intervalos de confianza al 95% utilizando *bootstrap*. El programa

estadístico que se utilizó fue R. Su valor total es de 0.88 [0.85;0.90]. En la tabla 2 representamos los valores de Cronbach para cada una de las subescalas de la encuesta, con los intervalos de confianza al 95%.

Tabla 2. Valores de la alpha de Cronbach para cada subescala del cuestionario.

Subescalas	Alpha de Cronbach	N° de ítems	IC95%.low	IC95%.upper
Presencia	0.85	6	0.80	0.88
Inmersión	0.86	4	0.82	0.89
Concentración	0.83	8	0.78	0.86
Manejo del Entorno	0.86	3	0.83	0.89
Emocional	0.85	8	0.80	0.88
Entusiasmo Tecnológico	0.85	3	0.81	0.88
Valoración	0.85	4	0.81	0.88

En la figura 7, se muestran, mediante diagramas *boxplot*, los valores medios de cada una de las subescalas codificadas de 1 a 5. Nótese que en las preguntas de la subescala denominada “emocional”, los valores más bajos en la escala son los que asignan una mejor evaluación. Los puntos negros aislados son valores singulares que se obtienen de las observaciones.

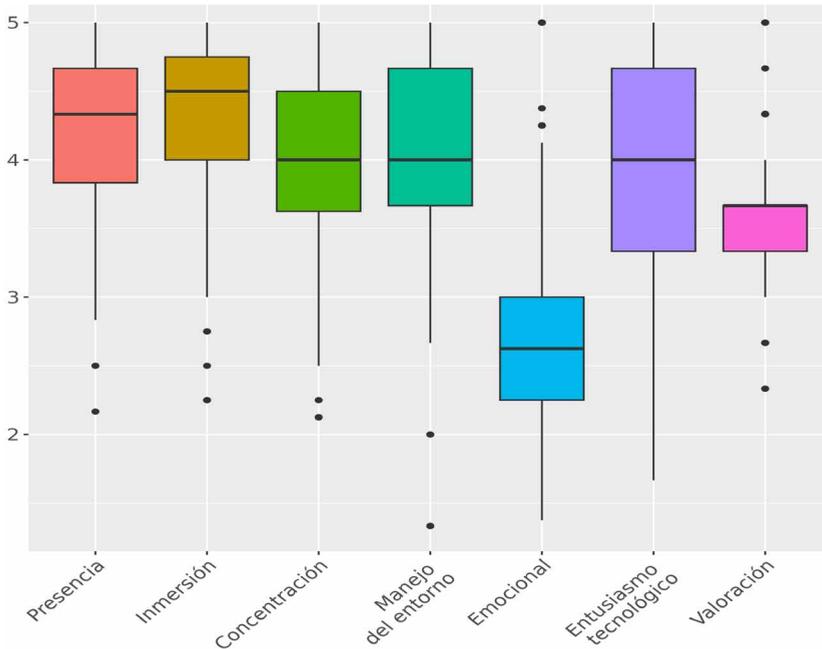


Figura 7: Gráfica boxplot de los valores medios de las diferentes subescalas.

En cuanto a las cuestiones con respuesta binaria (Sí/No), relativas a las escalas de “captación de la atención” y la “familiaridad” los resultados obtenidos fueron:

- Captación de la atención: En promedio, el 90.0% de los estudiantes sanitarios declara afirmativamente que la calidad de la escena en el metaverso facilitaba su atención. Y el 73.4% de los estudiantes sanitarios declara que la utilización de los mandos de realidad virtual no les afectaba para realizar la práctica.
- Familiaridad: En promedio, el 50.0% de los estudiantes sanitarios declara no haber usado entornos en el metaverso previamente. El 96.0% de los estudiantes en Ciencias de la Salud declara no ser usuarios habituales de entornos en el metaverso. Y el 98.3% de los estudiantes sanitarios declara no tener sistemas de realidad virtual o inmersivos.

Respecto a la sección de “efectos adversos”, el 67.9% declara no haber sufrido mareos durante la experiencia en el metaverso. Un 89.2% de los estudian-

tes sanitarios declara no sufrir de dolor de cabeza durante la experiencia en el metaverso. El 72.2% declara no haber sufrido fatiga visual en la experiencia. Un 85.6% declara no sudar más de lo habitual en el metaverso y un 88.8% declara no sufrir de vértigo en el metaverso.

En todas las experiencias, cada docente responsable de la actividad práctica (uno por asignatura) utilizó el recurso AIDA integrado con el resto de contenidos académicos que impartían en sus clases. Además, fueron los responsables de realizar el cuestionario a sus alumnos, encontrando diferentes niveles de participación por parte de los estudiantes.

4. Discusión

El cuestionario realizado supera los tests estadísticos de validez para cada subescala de cuestiones, lo que nos permite obtener valiosas evidencias científicas de nuestro estudio.

En concreto, de los resultados mostrados en la sección anterior, podemos observar que la evaluación general (véase figura 7) del uso de un Aula Inmersiva De Aprendizaje (AIDA) en la dinámica de las prácticas de asignaturas de Ciencias de la Salud es bastante positiva, estando los valores de cada una de las subescalas por encima de 3, en una escala de 1-5 para cada cuestión planteada, siendo el caso de la subescala “emocional” evaluada positivamente para valores más cercanos al 1, dado que en esta escala las cuestiones iban asociadas a sentimientos de nerviosismo, miedo, estrés, etc. y los estudiantes no responden valores elevados a estas emociones dentro del entorno.

Los estudiantes, tanto de la titulación de Enfermería como de Medicina, valoran positivamente el uso del metaverso en sus sesiones prácticas y no declaran la experiencia como negativa, o distorsionante, de su aprendizaje. Por tanto, recursos en el metaverso como AIDA nos ofrecen una ventana de oportunidad para complementar los contenidos docentes tradicionales e incorporar medios interactivos que emulen el acceso a recursos limitados (p.ej. el cadáver, muestras de tejido humano, etc.) o, en su defecto, de interacción con el enfermo.

En las cuestiones de respuesta binaria (Sí/No) se puede observar que un alto porcentaje de los estudiantes valora positivamente el uso del metaverso en su experiencia práctica y, confirmando lo que ya enunciamos en nuestra sección de introducción, su relación y familiaridad con la tecnología subyacente al metaverso es limitada, no siendo esto una barrera para poder, como se refleja en la figura 7, realizar la sesión práctica utilizando dicho concepto.

Es evidente que la adaptación de la tecnología que hemos propuesto en nuestro grupo y referenciada en la primera parte de este capítulo, consigue que el metaverso pueda ser utilizado de manera eficiente en la docencia con estudiantes de Ciencias de la Salud.

Nótese, en la subescala de “familiaridad”, que el estudiante de Ciencias de la Salud no muestra realmente interés, tal y como considerábamos de premisa de partida, en el tipo de tecnología que subyace bajo el concepto del metaverso, pero, si creamos un entorno transparente (tipo AIDA) para ellos, su utilización en el ámbito docente es muy potente: podemos acercar recursos limitados o “el enfermo” al estudiante de Ciencias de la Salud.

En cuanto al resultado de un 50% de uso de este tipo de tecnologías inmersivas o experiencias en el metaverso previas que declaran los estudiantes, se debe considerar que los estudiantes del grado en Medicina llevan utilizando este tipo de experiencias en nuestros trabajos previos de investigación (Rodríguez-Flrido et al., 2024). De hecho, si se observan los resultados por separado, Enfermería versus Medicina, se encuentra que son los estudiantes de Medicina los que declaran haber usado anteriormente este tipo de entornos.

Respecto a los “efectos adversos”, los resultados observados del cuestionario también indican que nuestro diseño de la tecnología minimiza sensaciones adversas frecuentes en este tipo de entornos. Destacar que en el caso de la sensación de mareo, el porcentaje de no haber sufrido ese efecto es un poco más bajo (67.9%) porque algunos estudiantes declaran haber sufrido mareos y luego, en una escala de 0-10 para evaluar el nivel de sensación de este efecto adverso, indican 0. Por tanto, la sensación de mareo es mínima en nuestra población de estudio.

Este estudio es una extensión de nuestro trabajo de investigación previo en la valoración de la viabilidad del uso de este tipo de tecnologías en los entornos de Ciencias de la Salud. Constituye una transferencia práctica a la docencia habitual en la facultad de nuestra Universidad y a nuestro entender, demuestra que el metaverso contribuirá a la docencia en Ciencias de la Salud como en su día lo hicieran las aplicaciones web, aportando un valor diferencial en los métodos y procesos docentes (Lewis et al., 2024). En concreto, para el caso de las Ciencias de la Salud, es una herramienta muy potente que conseguirá acercar “el enfermo”, o recursos limitados (p.ej. el cadáver, muestras de tejidos, etc.), al estudiante.

5. Consideraciones finales, líneas futuras y conclusión

El metaverso abre una nueva era en el ámbito de la educación sanitaria. Nuestras experiencias en la formación de estudiantes de Ciencias de la Salud así lo evidencian y nos hacen pensar en una etapa revolucionaria y motivadora para mejorar la formación de los futuros profesionales sanitarios.

Las asignaturas básicas de los grados de Ciencias de la Salud constituyen la base sobre la que forjar los conocimientos clínicos. Una estimulante metodología docente catalizará los procesos de aprendizaje y el interés de los estudiantes por dichas disciplinas. El metaverso ofrece una ventana de oportunidad para conseguir este objetivo y en nuestro trabajo mostramos una experiencia práctica en este sentido.

Nuestros resultados corroboran nuestras premisas de partida y los antecedentes mostrados en la literatura científica. Por tanto, podemos concluir, que el metaverso no sólo es útil en la educación de las Ciencias de la Salud, sino que, además, es necesario incluirlo como recurso docente habitual. En nuestra Universidad, a través de esta aula AIDA, pretendemos que así sea y se consolide como una herramienta docente habitual para los docentes de nuestra Facultad de Ciencias de la Salud.

Sin embargo, quedan muchas acciones que realizar y su inclusión pasa por ir abordándolas paulatinamente. En esta línea, debemos destacar varias de las acciones que, basados en AIDA, queremos ir trabajando en los próximos meses.

En primer lugar, tenemos que incluir en este estudio, los resultados que podamos obtener de la asignatura de Histología de Sistemas, aumentando así la muestra de estudiantes y el espectro de asignaturas básicas en las Ciencias de la Salud.

Posteriormente, sobre este soporte, y creada la cultura de uso por parte de los docentes y estudiantes en los primeros cursos de las titulaciones de Grado, abordaremos, incluyendo otro tipo de tecnologías inmersivas (p.ej. sensación háptica) y emergentes actualmente (p.ej. la inteligencia artificial), las prácticas clínicas en los centros asistenciales. El metaverso nos ofrece multitud de posibilidades para mejorar, complementar y optimizar el tiempo docente que los estudiantes pasan en los centros sanitarios durante su formación profesional. Del mismo modo, facilita el acceso de los estudiantes a este tipo de recursos (AIDA) incluyéndose dentro de la oferta de material didáctico que dispone la biblioteca de la facultad.

Otra ventaja, nada despreciable, del metaverso es que, al estar implementada en base a tecnología, permite monitorizar y parametrizar toda la actividad

del estudiante dentro del entorno virtual. Esto permitirá evaluar académicamente, y de forma objetiva, los conocimientos y destrezas de cada estudiante y utilizarlos para su calificación final, tal y como hacemos, desde hace mucho tiempo en nuestro grupo, con otro tipo de tecnologías de simulación para la formación y entrenamiento de los residentes (Ballesteros-Ruiz 2013). En concreto, con los resultados académicos de los datos utilizados en este capítulo, pretendemos realizar un nuevo trabajo que estudie la relación entre las medidas que hemos obtenido y las calificaciones de los estudiantes en la asignatura.

Además, como consideración adicional, consideramos de interés ir incluyendo, dada la acelerada evolución tecnológica asociada al metaverso, los diferentes dispositivos, *gadgets* y prestaciones que se ofrecen en el mercado. Para ello, y con el objeto de garantizar su éxito y utilidad en la educación de las Ciencias de la Salud, tendremos en cuenta la característica de “naturalización” de esta tecnología.

En conclusión, en este capítulo mostramos una experiencia práctica de un recurso docente en el metaverso para la docencia en Ciencias de la Salud. El trabajo describe los conceptos básicos y aporta la bibliografía científica necesaria para profundizar en ellos, evidenciando la versatilidad de la tecnología para ser utilizada como un recurso convencional en las prácticas de Ciencias de la Salud. Por tanto, este capítulo puede ser utilizado como texto de consulta para otros docentes, Universidades o Centros Educativos en Ciencias de la Salud, donde este tipo de recurso pueda ser de interés.

6. Referencias

- ADAMOVIĆ D., ZORAN Č., SAVKA A., MILENA S., BORIS O., SLOBODAN M., MIRJANA VOJINOVIĆ M., 2021. «Occupational Exposure to Formaldehyde and Cancer Risk Assessment in an Anatomy Laboratory», *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (21), 11198.
<https://doi.org/10.3390/ijerph182111198>
- AHMED, H., ALLAF, M., ELGHAZALY, H., 2020. «COVID-19 and medical education». *Lancet Infect. Dis.* 20, 777–778.
- AHUJA, A. S., POLASCIK, B. W., DODDAPANENI, D., BYRNES, E. S., SRIDHAR, J., 2023. «The digital metaverse: Applications in artificial intelligence, medical education, and integrative health». *Integrative Medicine Research*, 12(1), 100917.
- AVIDAN A., WEISSMAN C., YAFFA ZISK-RONY R, 2021. «Interest in technology among medical students early in their clinical experience», *International Journal*

- of *Medical Informatics*, 153, 104512,
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104512>
- BALLESTEROS-RUIZ, J., MAYNAR, M., RODRIGUEZ-FLORIDO, M.A., 2013. «Training Surgical Skills under Accredited Education: Our Regional Experience», *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, pp. 209–217.
- BANSAL G., RAJGOPAL K., CHAMOLA V., XIONG Z., NIVATO D., 2022. «Healthcare in Metaverse: A Survey on Current Metaverse Applications in Healthcare». *IEEE Access*, 10, 119914-119946, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3219845.
- BARTEIT S., LANFERMANN L., BÄRNIGHAUSEN T., NEUHANN F., BEIERSMANN C., 2021. «Augmented, Mixed, and Virtual Reality-Based Head-Mounted Devices for Medical Education: Systematic Review», in: *JMIR Serious Games*, 9(3). url: <https://games.jmir.org/2021/3/e29080> doi: 10.2196/29080
- CASTRO P.L., MAYNAR M., RODRIGUEZ-FLORIDO M.A. 2022. «Tecnología Inmersiva para la educación en Ciencias de la Salud en situación de COVID-19. Experiencia práctica en docencia en Anatomía para el Grado de Medicina», in: *Book Chapter. Vía Docendi - Innovación Educativa*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Eds), 165-176, 978-84-9042-445-2.
- ELSTON, P., CANALE, G. P., AIL, G., FISHER, N., & MAHENDRAN, M., 2023. «Twelve tips for teaching in virtual reality». *Medical Teacher*, 46(4), 495–499.
<https://doi.org/10.1080/0142159x.2023.2285396>
- GLOY I., WEYHE P., NERENZ E., KALUSCHKE M., USLAR V., ZACHMANN G., WEYHE D., 2022. «Immersive Anatomy Atlas: Learning Factual Medical Knowledge in a Virtual Reality Environment». *Anatomical Science Education* 15 (2): 360-368
<https://doi.org/10.1002/ase.2095>
- JINGJIE Z., XINLIANG X., HUALIN J., YI D., 2020. «The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a metaanalysis of randomized controlled studies». *BMC Medical Education* 20:127, doi:10.1186/s12909-020-1994-z
- LEWIS K.O., POPOV V., FATIMA S.S., 2024. «From static web to metaverse: reinventing medical education in the post-pandemic era». *Ann Med*. 56(1):2305694. doi:10.1080/07853890.2024.2305694. PMID: 38261592; PMCID: PMC10810636.
- LIIMATAINEN, K., LATONEN, L., VALKONEN, M., KARTASALO, K., RUUSUVUORI, P.. 2021. «Virtual reality for 3D histology: multi-scale visualization of organs with interactive feature exploration». *BMC cancer*, 21, 1-14.
- LOBACHEV, O., BERTHOLD, M., PFEFFER, H., GUTHE, M., STEINIGER, B. S., 2021. «Inspection of histological 3D reconstructions in virtual reality». *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 628449.

- MASSETTI M., CHIARIELLO G.A., 2023. «The metaverse in medicine». *Eur Heart J Suppl.* 25(Suppl B):B104-B107. doi:10.1093/eurheartjsupp/suad083. PMID: 37091647; PMCID: PMC10120971.
- MINISTERIO DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES E IGUALDAD, 2017. «Orden SSI/81/2017, de 19 de enero, por la que se publica el Acuerdo de la Comisión de Recursos Humanos del Sistema Nacional de Salud, por el que se aprueba el protocolo mediante el que se determinan pautas básicas destinadas a asegurar y proteger el derecho a la intimidad del paciente por los alumnos y residentes en Ciencias de la Salud», in: *Boletín Oficial del Estado del 6 de febrero*. pp. 8277.
- MORO, C., 2023. «Utilizing the metaverse in anatomy and physiology». *Anatomical Sciences Education*, 16, 574–581. <https://doi.org/10.1002/ase.2244>
- RODRIGUEZ-FLORIDO M.A., REYES-CABRERA J.J., MELIÁN A., HERNÁNDEZ-FLORES C.N., RUIZ-ALZOLA J., MAYNAR M., 2024. «Feasibility of Teaching and Assessing Medical Students in the Metaverse: Design and Features for its Learning Efficiency». *J. New Approaches Educ. Res.*, 13, 9. <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00009-6>
- SANDRONE S., 2022. «Medical education in the metaverse». *Nat Med* 28, 2456–2457.

7. Agradecimientos

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto de innovación educativa de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria PIE 2022-39 cofinanciado por la Unión Europea a través de los fondos *NextGenerationEU*, dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

También ha estado enmarcado dentro del proyecto “Contribuyendo a la cohesión e internacionalización de la Macaronesia para impulsar los Objetivos del Desarrollo Sostenible con las TICs y la I+D+i biomédica” (MAC2/1.1b/352) financiado por la Segunda Convocatoria del Programa Operativo de Cooperación Territorial INTERREG V-A Madeira-Azores-Canarias (MAC) 2014-2020, UE. En especial, los autores quieren agradecer la colaboración de los miembros del grupo: Alejandro Martí, Clara Peña Bello, José Carlos Mateo y Pablo Castellano.

Los autores también quieren agradecer el soporte y apoyo de las empresas miembro de la Cátedra de Tecnologías Médicas de la ULPGC (ctm.ulpgc.es) para realizar trabajos y acciones como la expuestas en este capítulo, así como

el soporte de la Fundación Canaria Ágora y la participación activa de los estudiantes y docentes de las asignaturas implicadas. En especial a los miembros del grupo, José Juan Reyes Cabrera y Dácil Melián Carrillo.

La educación enfrenta desafíos constantes y se está transformando con la incorporación de entornos virtuales, centrados en la administración de recursos y la participación interactiva del estudiante. Herramientas como la realidad extendida (XR), que incluye realidad virtual, aumentada y mixta están revolucionando el proceso de enseñanza-aprendizaje

La realidad extendida crea entornos inmersivos que permiten experiencias prácticas y simulaciones realistas en diversos campos. Además, la realidad aumentada superpone imágenes y datos digitales al entorno real, enriqueciendo la experiencia educativa. Esto facilita el aprendizaje activo y la retención de información mediante la estimulación cognitiva, sensorial y emocional. La realidad extendida también fomenta la colaboración y el trabajo en equipo, ya que permite a los estudiantes interactuar en un entorno virtual compartido, independientemente de su ubicación geográfica. Esto es especialmente útil en programas de educación a distancia, donde los estudiantes pueden participar en laboratorios virtuales y proyectos colaborativos sin necesidad de estar físicamente presentes

En resumen, la realidad extendida está transformando la educación al proporcionar herramientas innovadoras que mejoran la participación, la comprensión y la retención de información. Al integrar estas tecnologías en el aula, se prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del futuro con habilidades prácticas y conocimientos sólidos.

