

Realidad aumentada y educación inclusiva para la comunidad sorda: Una revisión sistemática

Rita Valenzuela-Romero¹, Miryam Vera-Alcázar², Florencia Herrera-Córdova³

rvalenzuelar@unsa.edu.pe; mveraa@unsa.edu.pe; 04432420.fherrera@unam.edu.pe

¹ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Avenida Venezuela S/N, Arequipa, 0400, Arequipa- Perú

² Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Avenida Venezuela S/N, Arequipa, 0400, Arequipa- Perú

³La Universidad Nacional de Moquegua, Pacocha 18611,Moquegua ,18001,Moquegua-Perú

DOI: 10.17013/risti.57.72-84

Resumen: La realidad aumentada (RA) ha surgido como una innovadora tecnología con el potencial de revolucionar la enseñanza de la lengua de señas, ofreciendo una experiencia educativa más interactiva, inmersiva y accesible. Este artículo pretende mostrar el análisis de estudios previos sobre el uso de la RA en la instrucción de la lengua de señas, destacando tanto los beneficios como los retos que presenta. A través de una revisión sistemática de la literatura, se evaluaron estudios relevantes, seleccionándose los que cumplían con las preguntas de investigación, criterios de inclusión y exclusión, y disponían del texto completo para ser evaluados. Del total de trabajos examinados el 70% de las aplicaciones de RA fueron programadas específicamente para este propósito. Uno de los mayores beneficios del uso de la RA en la enseñanza de la lengua de señas es la colaboración inclusiva y no solo una herramienta en procesos educativos para la comunidad sorda.

Palabras-clave: Realidad aumentada (RA); diseño de aplicaciones RA; innovación tecnológica en RA; colaboración y tecnologías inmersivas para personas sordas.

Augmented reality and inclusive education for the deaf community: A systematic review

Abstract: Augmented reality (AR) has emerged as an innovative technology with the potential to revolutionize sign language teaching, offering a more interactive, immersive and accessible educational experience. This article aims to identify and analyze previous studies on the use of AR in sign language instruction, highlighting both the benefits and challenges it presents. Through a systematic review of the literature, relevant studies were evaluated, selecting those that met the research questions, inclusion and exclusion criteria, and had the full text available to be evaluated. Of the total works examined, 70% of the AR applications were programmed specifically for this purpose. One of the greatest benefits of using AR in sign language teaching is inclusive collaboration, not just a tool in educational processes for the deaf community.

Keywords: Augmented reality (AR); AR application design; technological innovation in AR; collaboration and immersive technologies for deaf people.

1. Introducción

En la sociedad contemporánea, la igualdad de oportunidades para todas las personas es un valor fundamental (Bragg et al., 2019). En este contexto, la enseñanza de la lengua de señas se ha convertido en un área crucial para garantizar la comunicación efectiva y la plena participación de las personas sordas o con discapacidad auditiva en la vida cotidiana y en el ámbito educativo (Matthew L. Hall y Wyatte, 2019).

La integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, ha revolucionado la forma en que abordamos la enseñanza de la lengua de señas, ofreciendo nuevas perspectivas y oportunidades de aprendizaje (Goldin-Meadow & Brentari, 2017).

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que integra componentes virtuales en el entorno físico, proporcionando una experiencia enriquecida y participativa (Soogund & Joseph, 2019). Su implementación en la enseñanza de la lengua de señas ha suscitado un creciente interés en la comunidad académica. Numerosos estudios y expertos han explorado las ventajas y el potencial de la RA como recurso pedagógico para la educación en la lengua de señas (Mohd Rum & Boilis, 2021).

La implementación de la realidad aumentada puede realizarse mediante diversos dispositivos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Estos dispositivos abarcan desde teléfonos inteligentes y tablets, hasta gafas inteligentes, tabletas gráficas, lápices digitales, hologramas y equipos de proyección. Aunque los visores de realidad virtual están diseñados principalmente para la VR, algunos modelos también poseen capacidades de realidad aumentada (Zhan et al., 2020).

Además de los dispositivos específicos, las aplicaciones móviles y el software de escritorio también desempeñan un papel crucial en la aplicación de la realidad aumentada. La elección del dispositivo para enseñar el lenguaje de señas depende de varios factores, como la accesibilidad, la comodidad y el nivel de inmersión requerido. Cada uno de estos dispositivos tiene el potencial de enriquecer la experiencia de aprendizaje y facilitar la comunicación efectiva en el mundo de las personas sordas o con discapacidad auditiva (Salar et al., 2020).

En la investigación en mención llevamos a cabo una revisión sistemática de artículos relacionados con el uso de la realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas. Nuestro objetivo es resaltar estudios que exploren la utilización de herramientas y tecnologías de realidad aumentada para la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas, así como los beneficios de su implementación en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos y los desafíos tecnológicos que se presentan.

La importancia de tratar este tema radica en que la realidad aumentada tiene el potencial de transformar la forma en que se enseña la lengua de señas, haciendo el aprendizaje más interactivo y accesible. Esta tecnología puede facilitar una educación más inclusiva y efectiva para las personas sordas, permitiéndoles interactuar con el material educativo de maneras innovadoras. Además, al identificar los desafíos tecnológicos, es posible

desarrollar soluciones que mejoren aún más la experiencia de aprendizaje y contribuyan a la inclusión y accesibilidad en el ámbito educativo. La realidad aumentada (RA) ofrece un conjunto de potencialidades transformadoras para la enseñanza de la lengua de señas. Entre sus principales ventajas destaca su capacidad para crear experiencias de aprendizaje inmersivas y visualmente enriquecidas. A diferencia de los métodos tradicionales basados en videos o ilustraciones estáticas, la RA permite proyectar avatares tridimensionales interactivos que demuestran con precisión la configuración manual, el movimiento y los componentes no manuales de las señas (Mohd Rum & Boilis, 2021). Esta característica resulta particularmente valiosa, ya que la lengua de señas es una modalidad lingüística viso-gestual donde los detalles espaciales y cinéticos son determinantes.

2. Metodología de la revisión

La revisión fue un medio útil para sintetizar el trabajo existente en la literatura. Se llevó a cabo mediante un procedimiento sistemático para obtener los múltiples beneficios que nos proporciona una visión completa del estado del arte sobre el tema de investigación, así como nos permitió identificar brechas relevantes en la literatura y así recopilar evidencias para encargar investigaciones adicionales, evitando así la duplicación de esfuerzos.

Con el objetivo de encontrar estudios primarios relacionados al uso de la realidad aumentada y la enseñanza de la lengua de señas, hemos propuesto las preguntas de investigación (PI) que se describen en la Tabla 1. Así mismo para recuperar estudios primarios, hemos utilizado como estrategia un proceso de búsqueda automatizada realizado en tres bases de datos electrónicas (ver la Tabla 2). Además, hemos tenido en cuenta otros criterios importantes, como: (i) cobertura de la base de datos electrónica; (ii) facilidad para construir la búsqueda a través de campos y comandos disponibles en la base de datos electrónica; (iii) calidad de los resultados, que está relacionada con la precisión de los resultados obtenidos por el procedimiento de búsqueda automatizada; y (iv) versatilidad para exportar resultados (Dieste et al., 2009).

Basándonos en las preguntas de investigación definidas, se identificaron inicialmente dos términos clave principales, a saber, “realidad aumentada” y “lenguaje de señas”. Además, se consideraron posibles variaciones como sinónimos, texto en inglés y formas singulares/plurales, lo que resultó en la siguiente cadena de búsqueda:

(“enseñanza de lengua de señas” OR “sign language teaching”) AND (“realidad aumentada” OR “Augmented reality in deafpeople” OR “Augmented Reality Applications” OR “Augmented Reality Development” OR “Augmented Reality in Education” OR “Augmented RealityTechnology” OR “Augmented Visualizations” OR “Designing augmented reality” OR “Mixed Reality” OR “aplicaciones de realidad aumentada” OR “augmented reality” OR “desarrollo de realidad aumentada” OR “diseño de realidad aumentada” OR “realidad aumentada en educación” OR “realidad mixta” OR “tecnología de realidad aumentada” OR “visualizaciones aumentadas”)

Figura 1 – Términos clave

Aquí los términos clave principales se conectaron mediante el operador lógico AND. A su vez, se conectaron las posibles variaciones y sinónimos mediante el operador lógico OR.

Pregunta de investigación	Objetivo
<i>PI1: ¿Qué herramientas y tecnologías de realidad aumentada están disponibles actualmente para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos?</i>	Identificar las herramientas y tecnologías de realidad aumentada que se utilizan o están disponibles para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos
<i>PI2: ¿Cuáles son los beneficios de la implementación de aplicaciones de realidad aumentada en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos?</i>	Velar el nivel de aceptación y usabilidad de estas tecnologías en estudiantes y en la educación de la comunidad sorda en entornos inclusivos.
<i>PI3: ¿Qué desafíos tecnológicos deben superarse para implementar con éxito aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas?</i>	Identificar y analizar los obstáculos técnicos, pedagógicos y de accesibilidad en la implementación de la realidad aumentada (RA) como herramienta para la enseñanza de la lengua de señas

Tabla 1 – Preguntas de investigación y objetivos

Base de datos	URL
<i>Google Scholar</i>	https://scholar.google.com
<i>ISI Web of Science</i>	http://www.isiknowledge.com
<i>Scopus</i>	http://www.scopus.com

Tabla 2 – Bases de datos electrónicas usadas en el proceso de búsqueda automatizada

1. Se han considerado los siguientes criterios de inclusión (CI):
 - CI1: Estudios que abordan el uso de herramientas y tecnologías de realidad aumentada para la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos
 - CI2: Estudios que indican los beneficios de la implementación de la realidad aumentada en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos
 - CI3: Estudios que indican los desafíos tecnológicos de la realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas
2. Se consideran los siguientes criterios de exclusión (CE):
 - CE1: Estudios duplicados
 - CE2: Estudios que no aborden temas de realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas
 - CE3: Estudios que no fueron publicados en los últimos 5 años
 - CE4: Estudios que no sean en inglés o español
 - CE5: Estudios secundarios o terciarios

En esta revisión sistemática, un determinado estudio primario se considera relevante si no cumple ninguno de los criterios de exclusión mencionados anteriormente y cumple al menos uno de los criterios de inclusión. Cabe mencionar que tuvimos presente la calidad de los artículos seleccionados por ello los estudios primarios incluyeron estudios cuantitativos y cualitativos para los cuales se establecieron criterios de evaluación de calidad (QA) basados en las siguientes preguntas:

- QA1: ¿El objetivo está claramente definido?
- QA2: ¿El estudio realizó por lo menos un experimento para validar la respuesta?
- QA3: ¿Se identifican claramente qué herramientas y tecnologías de realidad aumentada están disponibles actualmente para la enseñanza de la lengua de señas?
- QA4: ¿Se identifican claramente cuáles son los beneficios de la realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas?

La calificación de las preguntas se muestran en la Tabla 3.

Descripción	Peso
Sí	1.0
Parcialmente	0.5
No	0.0

Tabla 3 –Peso de las preguntas de calidad

3. Proceso de selección

Los estudios primarios fueron examinados, seleccionados y evaluados de acuerdo con el protocolo establecido, lo que resultó en un conjunto de estudios posiblemente relevantes.

La cadena de búsqueda genérica experimentó ajustes ligeros con el propósito de adecuarse a las particularidades de cada motor de búsqueda en cada una de las bases de datos electrónicas. Luego, se llevó a cabo el procedimiento de búsqueda automatizada en las bases de datos electrónicas seleccionadas, buscando todos los estudios que coincidieran con la cadena de búsqueda adaptada. Después de recuperar los estudios de las bases de datos electrónicas, se eliminaron los estudios indexados en más de una base de datos y luego se filtraron los estudios en función de los criterios de selección en función de la información disponible en el título, el resumen y las palabras clave.

La Figura 2 muestra los pasos para seleccionar los estudios primarios relevantes. Después de eliminar los estudios recuperados por dos o más bases de datos electrónicas, se evaluaron 92 estudios en función de su título, resumen y palabras clave, de acuerdo con los criterios de selección, lo que resultó en un conjunto de 27 estudios potencialmente relevantes. Se revisaron aquellos a los que se tenía acceso al documento completo y se aplicaron nuevamente los criterios de selección. Como resultado, se seleccionaron 10 estudios primarios como relevantes para esta revisión sistemática. Cabe aclarar que se encontraron muchos más artículos referentes a la realidad aumentada y la

enseñanza de la lengua de señas, pero en muchos de ellos solo se tenía acceso al resumen y no al contexto completo.

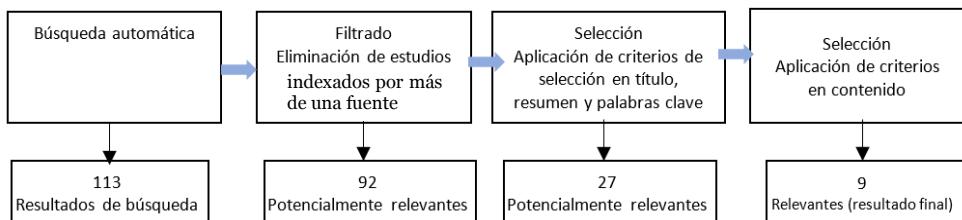


Figura 2 – Pasos de selección de estudios primarios

4. Resultados

Los resultados a mostrar parten de la revisión sistemática de la literatura realizada, teniendo en cuenta las preguntas de investigación y los datos extraídos/sintetizados. Primero, realizaremos una breve visión general de los estudios primarios seleccionados y luego las respuestas a cada pregunta de investigación basadas en el análisis de dichos estudios.

A. Revisión de los estudios primarios realizados

De los estudios seleccionados, tenemos que cuatro El análisis de la literatura revela que los estudios seleccionados provienen de diversas fuentes bibliográficas, destacándose cuatro publicaciones indexadas en ISI Web of Science, tres recuperadas mediante Google Scholar y dos encontradas en Scopus. Esta distribución evidencia un abordaje multidisciplinario del tema, aunque también sugiere cierta fragmentación en la disponibilidad de los estudios, ya que muchos solo estaban accesibles mediante resúmenes, limitando el análisis en profundidad. Además en cuanto a la distribución temporal, se identificó un artículo del año 2019, dos de 2021, cuatro de 2022 y dos de 2023. Esta tendencia indica un crecimiento progresivo en la investigación sobre realidad aumentada (RA) y enseñanza de lenguas de señas, particularmente en los últimos tres años, lo que podría asociarse al avance tecnológico y al mayor interés en metodologías educativas inclusivas. Por otro lado, respecto a los canales de publicación, tres estudios fueron presentados en conferencias, mientras que seis se publicaron en journals académicos.

Esto refleja un equilibrio entre la difusión en espacios de discusión inmediata como congresos y la validación mediante revistas especializadas. Sin embargo, un desafío recurrente fue la falta de acceso al contenido completo en varias fuentes, lo cual restringe la capacidad de evaluar aspectos metodológicos o resultados con mayor rigor.

También podemos ver algunas implicaciones y limitaciones ya que, aunque los hallazgos confirman el potencial de la Realidad aumentada en la enseñanza

de lenguas de señas, la escasez de artículos con acceso abierto especialmente en journals de alto impacto señala una barrera para la síntesis crítica. Futuras revisiones podrían beneficiarse de estrategias como la solicitud de documentos a autores o el uso de repositorios institucionales. Además, sería pertinente profundizar en estudios experimentales que contrasten la eficacia pedagógica de estas herramientas.

Año de publicación	Conferencia	Journal	Total, general
Año 2019		1	1
ISI Web of Science		1	1
Año 2020		1	1
Google Scholar		1	1
Año 2021	1	1	2
Google Scholar		1	1
Scopus	1		1
Año 2022	2	2	4
Google Scholar		1	1
ISI Web of Science	1	1	2
Scopus	1		1
Año 2023		2	2
Google Scholar		1	1
ISI Web of Science		1	1
Total, general	3	7	10

Tabla 4 – Revisión de los estudios primarios realizados

Se muestra la cantidad de artículos por fuente:

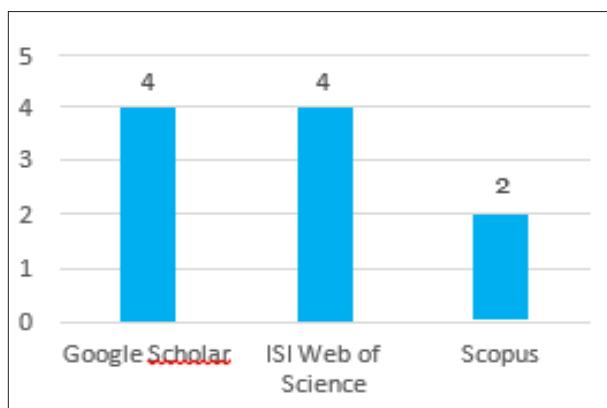


Figura. 3 – Cantidad de artículos por fuente

B. PI1 - Herramientas y tecnologías de realidad aumentada

La revisión de la literatura permitió identificar diversas herramientas y tecnologías de realidad aumentada (RA) empleadas en la enseñanza y aprendizaje de lenguas de señas, destacando aplicaciones móviles y soluciones basadas en marcadores. Un hallazgo relevante fue que el 90% de los estudios analizados utilizaron dispositivos móviles con sistema operativo Android como plataforma principal para implementar estas herramientas, lo que sugiere una preferencia por su accesibilidad, costo asequible y flexibilidad en entornos educativos. Según los datos reportados, estas aplicaciones alcanzaron una tasa de éxito superior al 90% en términos de eficacia pedagógica, lo que refuerza el potencial de la RA como recurso didáctico en este campo. Un caso destacado fue el estudio S6 (Huancá & Puño-Quispe, 2022), donde se evaluó el impacto de la RA en estudiantes de quinto grado de primaria mediante un diseño pretest-posttest. Los resultados mostraron una diferencia significativa en las medias, con un incremento en el promedio de rendimiento de 49.36 a 75.32 puntos después de la intervención. Este avance no solo corrobora la efectividad de la RA en la percepción del aprendizaje, sino que también resalta su capacidad para mejorar el desempeño académico en contextos reales.

En cuanto al desarrollo técnico de estas aplicaciones, se observó que el 70% fueron programadas en C#, un lenguaje robusto y ampliamente utilizado en el desarrollo de soluciones interactivas. Asimismo, dos de los trabajos revisados (S2 y S8) reportaron el uso de Unity y Blender para la creación de modelos 3D y la integración de funcionalidades de RA. Estas herramientas demostraron ser esenciales para diseñar entornos inmersivos y facilitar la interacción usuario-aplicación, lo que podría explicar parte del éxito obtenido en los resultados académicos. A pesar de los hallazgos positivos, es importante considerar ciertas limitaciones como el sesgo tecnológico ya que la predominancia de Android en los estudios podría excluir evidencia sobre otras plataformas como por ejemplo iOS que también podrían ser efectivas. Otra limitación es la generalización de resultados ya que la mayoría de las pruebas se realizaron en contextos educativos específicos; se requieren más estudios en diversidad de poblaciones y niveles educativos. Finalmente, también se vería lo que es la sostenibilidad ya que no se analizó la escalabilidad o costos a largo plazo de estas soluciones.

Futuras investigaciones podrían explorar el impacto comparativo de distintas herramientas como la Realidad aumentada sin marcadores o lenguajes de programación, así como evaluar la retención del aprendizaje que se tiene a mediano plazo.

C. PI2 - Beneficios de la implementación de aplicaciones de realidad aumentada en entornos educativos inclusivos.

La mayoría de los artículos revisados indican que un beneficio del uso de la realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas es la colaboración inclusiva, ya que puede facilitar la colaboración entre estudiantes sordos y oyentes al proporcionar herramientas de comunicación efectivas y experiencias de

aprendizaje compartidas (estudios S1, S2, S3, S6, S8)¹. Además, las aplicaciones de realidad aumentada permiten la personalización del aprendizaje al adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes sordos, permitiendo un aprendizaje más personalizado y efectivo (S1,S2,S9, S10)².

Tienen accesibilidad mejorada ya que las aplicaciones de RA pueden hacer que el contenido educativo sea más accesible para estudiantes sordos al proporcionar información visual y signos de lengua de señas, lo que facilita la comprensión y participación (S1,S2,S6)³.

Estimulan la creatividad e incrementan la concentración (S1)

D. PI3 – Desafíos tecnológicos

En algunos artículos concluían que los estudiantes deben tener acceso a dispositivos móviles compatibles con la realidad aumentada y conexiones de alta velocidad (estudios S8, S9, S10)⁴. La compatibilidad de plataformas es fundamental: las aplicaciones de realidad aumentada deben ser operativas en una amplia variedad de dispositivos móviles y sistemas operativos para llegar al mayor número posible de estudiantes. Asegurar esta compatibilidad es esencial para maximizar el acceso y la eficacia de las herramientas educativas de RA, permitiendo que un mayor número de estudiantes se beneficie de estas innovadoras tecnologías de aprendizaje. La diversidad de dispositivos y sistemas operativos subraya la necesidad de desarrollar soluciones versátiles que puedan adaptarse a diferentes entornos tecnológicos, promoviendo una educación más inclusiva y accesible para todos. El costo y la accesibilidad de los dispositivos de realidad aumentada representan desafíos significativos. Estos equipos pueden resultar onerosos, y no todos los dispositivos móviles son compatibles con esta tecnología. Aparatos como las gafas inteligentes y los hologramas suelen tener un precio elevado, lo cual limita su disponibilidad para una gran parte de la población. Además, la capacidad de muchos dispositivos móviles para soportar aplicaciones de realidad aumentada varía considerablemente, restringiendo su uso en contextos educativos y personales. Estas limitaciones tecnológicas nos llevan a reflexionar sobre la necesidad de desarrollar soluciones más asequibles y accesibles, permitiendo que un mayor número de personas puedan aprovechar los beneficios de la realidad aumentada (Zhan et al., 2020).

La accesibilidad es un aspecto crucial: los estudios sugieren que garantizar que las soluciones de RA sean accesibles para todos los estudiantes, incluidos aquellos con discapacidades, puede requerir esfuerzos adicionales en términos de diseño y desarrollo. Es fundamental que estas tecnologías se diseñen pensando en la inclusión, lo que implica un compromiso con la creación de herramientas que sean utilizables desde el ámbito de la lingüística aplicada, sin excepción. Al abordar estos desafíos de accesibilidad, se

¹ Consultar anexo A

² Consultar anexo A

³ Consultar anexo A

⁴ Consultar anexo A

pueden desarrollar soluciones de RA que verdaderamente beneficien a una población estudiantil diversa y promuevan una educación más equitativa.

4. Conclusiones

Al hacer la revisión de los artículos observamos que el dispositivo móvil es una de las herramientas más comunes para experimentar la realidad aumentada debido a su ubicuidad y facilidad de acceso. Los smartphones y tabletas modernos están equipados con cámaras de alta calidad y sensores que permiten interactuar con aplicaciones de realidad aumentada de manera efectiva. Además, su portabilidad los hace convenientes para llevar a cualquier lugar y usar en diversas situaciones. Sin embargo, si bien los dispositivos móviles son muy populares para la realidad aumentada, no necesariamente son la mejor herramienta en todos los contextos.

La elección de la herramienta adecuada para la realidad aumentada depende de los objetivos específicos y las necesidades de los lingüistas y usuario. Por lo tanto, la elección entre un dispositivo móvil y otros dispositivos de realidad aumentada dependerá de factores como la aplicación específica, el presupuesto, la comodidad y la inmersión requerida. Los dispositivos móviles son una excelente opción para muchas aplicaciones de realidad aumentada, pero no son la única opción disponible.

Según la literatura revisada, las aplicaciones de realidad aumentada ofrecen a los estudiantes la oportunidad de practicar y experimentar la lengua de señas de una manera interactiva y práctica, mejorando significativamente su retención y comprensión de los conceptos. Además, algunas de estas aplicaciones están diseñadas para adaptarse al nivel de habilidad individual de cada estudiante, permitiendo un aprendizaje personalizado y a su propio ritmo. Este enfoque individualizado es lingüísticamente beneficioso para el desarrollo de competencias en la lengua de señas, facilitando un proceso de aprendizaje más efectivo y accesible de habilidades psicolingüísticas.

La educación inmersiva ha demostrado ser una herramienta valiosa para la enseñanza de la lengua de señas, especialmente cuando se emplean dispositivos tecnológicos avanzados como la realidad aumentada (RA). Estos dispositivos permiten una experiencia de aprendizaje más interactiva y accesible, facilitando la inclusión de la comunidad sorda en los procesos educativos. La implementación de la RA y otras tecnologías inmersivas en la enseñanza de la lengua de señas no solo mejora la retención y comprensión de los estudiantes, sino que también fomenta una colaboración más inclusiva y efectiva. A pesar de algunos desafíos técnicos y la necesidad de más estudios completos, el creciente interés y los resultados positivos indican que estas tecnologías tienen un futuro prometedor en la educación inclusiva.

La implementación de la realidad aumentada (RA) en la enseñanza de lenguas de señas representa un avance pedagógico transformador, con ventajas tangibles que redefinen la educación inclusiva. Como demuestran los estudios analizados, esta tecnología no solo mejora significativamente los resultados de aprendizaje con casos documentados donde los promedios estudiantiles aumentaron hasta en 26 puntos porcentuales, sino que también rompe barreras comunicativas al ofrecer representaciones visuales interactivas accesibles tanto para estudiantes sordos como oyentes. Su efectividad radica en la capacidad de crear entornos inmersivos que estimulan el aprendizaje multisensorial,

combinando la accesibilidad de plataformas móviles como Android con herramientas de desarrollo asequibles (Unity, Blender). Más allá de sus beneficios técnicos, la RA emerge como un “igualador social” debido a que al integrarse en las aulas de educación regular, fomenta la participación activa de toda la comunidad educativa y promueve valores de empatía e inclusión.

El verdadero impacto de esta tecnología trasciende lo académico, posicionándose como catalizador de un cambio estructural en la educación. La viabilidad económica de sus soluciones -demostrada por la predominancia de aplicaciones desarrolladas en C# para dispositivos móviles de bajo costo- la convierte en una alternativa escalable para instituciones con recursos limitados. Además, su naturaleza innovadora está inspirando a profesionales de la lingüística y pedagogía a reinventar sus metodologías, creando un efecto multiplicador en el campo educativo. Los resultados no mienten: cuando herramientas como las aplicaciones basadas en marcadores se implementan sistemáticamente, no solo mejoran los indicadores de aprendizaje, sino que transforman las percepciones sobre la educación especial, alineándose perfectamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este contexto, la adopción de la Realidad Aumentada deja de ser una opción tecnológica para convertirse en un imperativo ético para cualquier institución comprometida con la verdadera equidad educativa.

Referencias

- Carrecedo, J.P., & Martínez, C, L. (2020). Realidad aumentada: una alternativa metodológica en la educación primaria nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7(2), 102–108.
- Chen, C-H., Lee, I-J., & Lin, L-Y. (2019). Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions. *Computers and Human Behaviour*, 16, 477–485. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.033>
- Chen, Ch.-H., Lee, I.-J., & Lin, L.-Y (2020). Augmented reality-based self-facial modeling to promote the emotional expression and social skills of adolescents with autism spectrumdisorders. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 396–403. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.10.015>
- Cheng, J., & Chang, C. (2021). Using computers in early childhood classrooms: teachers? attitudes, skills and practices. *Journal of Early Childhood Research*, 4(2), 269–288.
- Chiang, T.-H.-C., Yang, S.-J.-H., & Hwang, G.-J. (2019). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural
- Cózar, R., del Moya, M., Hernández, J.A., & Hernández, J.R. (2020). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las ciencias sociales. Una experiencia con el uso de realidad aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, 27, 138–153.

- Dieste, O., Grimán, A., & Juristo, N. (2020). Developing search strategies for detecting relevant experiments. *Empirical Software Engineering*, 14(5), 513-539. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9091-7>
- Goldin-Meadow, S., & Brentari, D. (2021). Gesture, sign, and language: The coming of age of sign language and gesture studies. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e46. <https://doi.org/10.1017/S0140525X15001247>
- Huanca, A. C., & Puño-Quispe, L. (2022). Aplicación de la realidad aumentada en la percepción de aprendizaje en estudiantes de primaria. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3784>
- Hsu, T. C. (2017). Learning english with augmented reality: Do learning styles matter? *Computers and Education*, 106, 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.007>
- Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Pearl Brereton, O. (2020). Using mapping studies as the basis for further research – A participant- observer case study. *Information and Software Technology*, 53(6), 638-651. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.011>
- Hall, M. L., & Wyatte, C. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*, 39(4), 367-395. <https://doi.org/10.1177/0142723719834102>
- Ministerio de Educación del Perú. (2018). Tipología y caracterización de las escuelas privadas en el Perú. *Estudios breves* 39(3), 1-39.
- Mohd Rum, S. N., & Boilis, B. I. (2021). Sign Language Communication through Augmented Reality and Speech Recognition (LEARNSIGN). *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(4), 125-130. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218>
- Salar, R., Arici, F., Caliklar, S., & Yilmaz, R. M. (2020). A Model for Augmented Reality Immersion Experiences of University Students Studying in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 257-271. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09810-x>
- Science Inquiry Activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365. Recuperado de http://www.ifets.info/journals/17_4/24.pdf
- Zhan, T., Yin, K., Xiong, J., He, Z., & Wu, S.-T. (2020). Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Perspectives and Challenges. *iScience*, 23(8), 101397. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101397>

Anexo A. Estudios seleccionados

ID	REFERENCIA
S1	<i>Aditama, P.W, Putra, P.S.U, Yusa, I.M.M, Putra, I.N.T.A.(2021) Designing augmented reality sibi sign language as a learning media . (2021 Recuperado 30 de septiembre de 2023, de</i>
S2	<i>Bastos, I., Angelo, M., & Loula, A. (2019, agosto 29). Recognition of Static Gestures Applied to Brazilian Sign Language (Libras) . https://doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2015.26</i>
S3	<i>Cabanillas-Carbonell, M., Cusi-Ruiz, P., Prudencio-Galvez, D., & Salazar, J. L. H. (2022). Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language. <i>International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)</i>, 16(11), Article 11. https://doi.org/10.3991/ijim.v16i11.29717</i>
S4	<i>Ghoul, O. E., & Othman, A. (2022). Virtual reality for educating Sign Language using signing avatar: The future of creative learning for deaf students. <i>2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)</i> , 1269-1274. https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766692</i>
S5	<i>Huanca, A. C., & Puño-Quispe, L. (2022). Aplicación de la realidad aumentada en la percepción de aprendizaje en estudiantes de primaria. <i>SciELO Preprints</i>. https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3784</i>
S6	<i>Isuiza Pérez, D. D., Asto Huamán, L., Arangüena Yllanes, M. R., & Diaz Dumont, J. R. (2020). Aplicación Móvil educativa para facilitar el aprendizaje de la Lengua de Señas del Perú en personas sordomudas. <i>TAYACAJA</i>, 3(2).</i>
S7	<i>Mohd Rum, S. N., & Boilis, B. I. (2021). Sign Language Communication through Augmented Reality and Speech Recognition (LEARNSIGN). <i>International Journal of Engineering Trends and Technology</i> , 69(4), 125-130. https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218</i>
S8	<i>Perisanou, M., Economides, A. A., & Nikou, S. A. (2023). Teachers' Views on Integrating Augmented Reality in Education: Needs, Opportunities, Challenges and Recommendations. <i>Future Internet</i> , 15 (1), Article 1. https://doi.org/10.3390/fi15010020</i>
S9	<i>Rocha, T., Pinto, T., Carvalho, D., Martins, P., & Barroso, J. (2022). Designing augmented reality cards as an educational resource to teach Portuguese Sign Language. <i>2022 Third International Conference on Digital Creation in Arts, Media and Technology (ARTeFACTo)</i> , 1-6. https://doi.org/10.1109/ARTeFACTo57448.2022.10061261</i>
S10	<i>Sun, X., Zhou, S., Zhang, Y., Wang, Q., & Wen, S.-j. (2022). Investigating Augmented Reality as a mode of representation for hearing and hearing-impaired preschool children. <i>International Journal of Child-Computer Interaction</i>, 34, 100523. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100523</i>