

# EFICACIA DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA REHABILITACIÓN MOTORA POST ACV

## Effectiveness of Virtual Reality in Post-Stroke Motor Rehabilitation

## Eficácia da Realidade Virtual na Reabilitação Motora Pós-AVC

Jordy Alexis Díaz López \*, <https://orcid.org/0009-0003-5128-3805>  
 Antony Joel Alban Villegas, <https://orcid.org/0009-0004-4515-5986>  
 Sylvia Lorena Ríos Palacios, <https://orcid.org/0009-0000-3212-6976>  
 Lisbeth Josefina Reales Chacón, <https://orcid.org/0000-0002-4242-3429>  
 Edwin Gilberto Choca Alcoser, <https://orcid.org/0000-0003-4889-5395>

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador

\*Autor para correspondencia. email [jordy.diaz@unach.edu.ec](mailto:jordy.diaz@unach.edu.ec)

**Para citar este artículo:** Díaz López, J. A., Alban Villegas, A. J., Ríos Palacios, S. L., Reales Chacón, L. J. y Choca Alcoser, E. G. (2025). Eficacia de la Realidad Virtual en la Rehabilitación Motora Post ACV. *Maestro y Sociedad*, 22(2), 1509-1516. <https://maestrosociedad.uo.edu.ec>

### RESUMEN

**Introducción:** El ACV, que afecta a millones de personas anualmente, provoca déficits en las extremidades superiores y limita la funcionalidad en actividades diarias. En este contexto, la RV emerge como una herramienta innovadora, capaz de mejorar la destreza manual y la función motora, a través de entornos controlados que facilitan la práctica de tareas motoras con retroalimentación en tiempo real. **Metodología:** Revisión sistemática de la literatura, enfoque cuantitativo-retrospectivo, aplicando directrices de PRISMA. Búsqueda en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, CINAHL, PEDro y Cochrane Library. Se incluyeron estudios publicados entre 2020 y 2025 que evaluaron adultos post-ACV en fase subaguda o crónica, con intervención en RV para rehabilitación motora. Se excluyeron estudios con baja calidad metodológica, poblaciones en fase aguda, otros diagnósticos neurológicos o sin datos cuantitativos. **Resultados:** Los resultados obtenidos indican que la RV, especialmente cuando se combina con terapias convencionales, mejora significativamente las capacidades motoras y funcionales, siendo más efectiva en intervenciones de mayor duración (más de 15 horas o más de un mes). **Discusión:** Se resalta que, aunque la RV no sustituye completamente a la terapia convencional, su integración mejora los resultados clínicos, especialmente cuando se combina con otras técnicas como la estimulación con ráfagas theta intermitentes (iTBS). **Conclusiones:** La RV es una herramienta eficaz y accesible para la rehabilitación post-ACV, con un bajo costo y fácil implementación en entornos clínicos, pero se requiere más investigación para estandarizar su aplicación y optimizar los protocolos terapéuticos.

**Palabras clave:** realidad virtual, rehabilitación, actividad motora, accidente cerebrovascular.

### ABSTRACT

**Introduction:** Stroke, which affects millions of people annually, causes upper limb deficits and limits functionality in daily activities. In this context, VR emerges as an innovative tool, capable of improving manual dexterity and motor function through controlled environments that facilitate the practice of motor tasks with real-time feedback. **Methodology:** Systematic literature review, quantitative-retrospective approach, applying PRISMA guidelines. Search in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, CINAHL, PEDro and Cochrane Library. Studies published between 2020 and 2025 that evaluated post-stroke adults in the subacute or chronic phase, with VR intervention for motor rehabilitation were included. Studies with low methodological quality, populations in the acute phase, other neurological diagnoses, or without quantitative data were excluded. **Results:** The results obtained indicate that VR, especially when combined with conventional therapies, significantly improves motor and functional abilities, being more effective in longer interventions (more than 15 hours or more than a month). **Discussion:** It is highlighted that, although VR does not completely replace conventional therapy, its integration improves clinical outcomes, especially when combined with other techniques

such as intermittent theta burst stimulation (iTBS). Conclusions: VR is an effective and accessible tool for post-stroke rehabilitation, with a low cost and easy implementation in clinical settings, but further research is required to standardize its application and optimize therapeutic protocols.

Keywords: Virtual reality, rehabilitation, motor activity, stroke.

## RESUMO

**Introdução:** O Acidente Vascular Cerebral (AVC), que afeta milhões de pessoas anualmente, causa déficits nos membros superiores e limita a funcionalidade nas atividades diárias. Nesse contexto, a RV surge como uma ferramenta inovadora, capaz de aprimorar a destreza manual e a função motora por meio de ambientes controlados que facilitam a prática de tarefas motoras com feedback em tempo real. **Metodologia:** Revisão sistemática da literatura, abordagem quantitativa-retrospectiva, aplicando as diretrizes PRISMA. Busca no PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, CINAHL, PEDro e Cochrane Library. Foram incluídos estudos publicados entre 2020 e 2025 que avaliaram adultos pós-AVC na fase subaguda ou crônica, com intervenção de RV para reabilitação motora. Foram excluídos estudos com baixa qualidade metodológica, populações na fase aguda, outros diagnósticos neurológicos ou sem dados quantitativos. **Resultados:** Os resultados obtidos indicam que a RV, principalmente quando combinada com terapias convencionais, melhora significativamente as habilidades motoras e funcionais, sendo mais eficaz em intervenções mais longas (mais de 15 horas ou mais de um mês). **Discussão:** Destaca-se que, embora a RV não substitua completamente a terapia convencional, sua integração melhora os desfechos clínicos, especialmente quando combinada com outras técnicas, como a estimulação intermitente teta (iTBS). **Conclusões:** A RV é uma ferramenta eficaz e acessível para a reabilitação pós-AVC, com baixo custo e fácil implementação em ambientes clínicos, mas mais pesquisas são necessárias para padronizar sua aplicação e otimizar os protocolos terapêuticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** realidade virtual, reabilitação, atividade motora, acidente vascular cerebral.

Recibido: 21/1/2025    Aprobado: 28/3/2025

## INTRODUCCIÓN

El accidente cerebro vascular (ACV) constituye aquel trastorno en los cuales se daña un área del cerebro en forma permanente o transitoria. Cada año, 15 millones de personas en todo el mundo lo padecen, de ellos 5 millones fallecen y otros 5 millones quedan con discapacidad permanente (Villaroel, García, González y Modroño, 2025). Se ha determinado que la prevalencia de este tipo de afectación ronda los 1.200 pacientes por 100.000 habitantes y la incidencia, de 200 por 100.000 habitantes por año, destacando que el 80% de los pacientes afectados presentan déficits en las extremidades superiores y uso disminuido de la mano parética en las actividades de la vida diaria (Khan, Imman, Muneer, Al Jerdi, 2024). Aunque los enfoques tradicionales de rehabilitación han demostrado resultados positivos, enfrentan importantes limitaciones relacionadas con la adherencia terapéutica, la motivación del paciente y la intensidad necesaria para inducir cambios neuroplásticos significativos.

En este contexto, la realidad virtual (RV) emerge como una herramienta tecnológica innovadora con potencial para transformar los procesos de rehabilitación neurológica post-ACV. Esta tecnología permite la creación de entornos controlados donde el paciente puede practicar tareas motoras específicas con diferentes niveles de complejidad, adaptados a sus capacidades y limitaciones. La integración de estímulos visuales, auditivos y, en algunos casos, táctiles, junto con elementos de gamificación y retroalimentación en tiempo real, potencia los mecanismos neuroplásticos fundamentales para la reorganización cortical y la recuperación funcional (Hao, Xie, Harp, Chen, Chun Sin, 2022). La persona que reciba esta rehabilitación está expuesta a una retroalimentación visual, con dispositivos de realidad virtual (RV), monitor de computadora o cualquier tipo de pantalla, y puede interactuar con el entorno virtual (EV) mediante múltiples mecanismos (Chen et al., 2021).

A pesar de la evidencia que respalda el uso de la RV en neurorrehabilitación, persisten importantes vacíos de conocimiento que limitan su implementación clínica generalizada, la ausencia de consenso sobre los mecanismos precisos mediante los cuales la RV potencia la recuperación motora, así como la falta de directrices estandarizadas para su aplicación terapéutica. La heterogeneidad metodológica respecto a los protocolos de intervención, tipos de sistemas de RV utilizados (inmersivos vs. no immersivos) y parámetros de dosificación óptimos dificulta establecer conclusiones definitivas sobre su eficacia en comparación con métodos convencionales. (Khan, Imman, Muneer, Al Jerdi, 2024)

El objetivo principal de esta revisión sistemática consiste en proporcionar evidencia científica actualizada que

fundamente la implementación de tecnologías de realidad virtual en la práctica clínica neurorrehabilitadora, evaluando su eficacia, accesibilidad y costo-efectividad potencial como herramientas terapéuticas complementarias, para así orientar decisiones clínicas informadas sobre su integración óptima en el abordaje multidisciplinario de la recuperación funcional post-accidente cerebrovascular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Investigación realizada tipo revisión sistemática de la literatura con un enfoque cuantitativo-restrospectivo, aplicando las directrices de la declaración PRISMA. Esta revisión se centró en evaluar la eficacia de las intervenciones basadas en realidad virtual (RV) para la rehabilitación motora en pacientes post-ACV.

Para la elaboración de la búsqueda se utilizarán buscadores como PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, CINAHL, PEDro y Cochrane Library. Donde se obtuvo 30 artículos en total, 18 de PubMed y 12 de Scopus antes de proceder a la selección de artículos, se definieron criterios inclusión y exclusión.

Para la búsqueda se utiliza términos MeSH y palabras clave como: "stroke", "cerebrovascular accident", "virtual reality", "motor rehabilitation", "physical therapy" en inglés, y sus equivalentes en español, portugués y francés, se incluyendo los operadores (AND y OR) como se muestra a continuación ("stroke" OR "cerebrovascular accident") AND ("virtual reality") AND ("motor rehabilitation" OR "physical therapy").

### Criterios de inclusión

Ensayos controlados aleatorizados (ECA), estudios comparativos, revisiones sistemáticas y artículos originales deberán haber sido publicados entre enero de 2020 y enero de 2025 en revistas científicas indexadas, la población de interés serán adultos mayores de 18 años con diagnóstico médico confirmado de accidente cerebrovascular (ACV), en fase subaguda (entre dos semanas y seis meses) o crónica (más de seis meses), investigaciones que evalúen el uso de realidad virtual (inmersiva o no) aplicada a la rehabilitación motora de las extremidades superiores o inferiores y que sean publicados en inglés, español, portugués o francés, y que cuenten con texto completo de acceso libre.

### Criterios de exclusión

Estudios observacionales, series y reportes de caso único, así como revisiones narrativas. Estudios con participantes en fase aguda de ACV (menos de dos semanas) ni con diagnóstico adicional de trastornos neurológicos como esclerosis múltiple, traumatismo craneoencefálico o enfermedad de Parkinson, aquellos con participantes que presenten deterioro cognitivo severo, investigaciones donde la realidad virtual se utilice principalmente para diagnóstico o evaluación, ni aquellas que no enfoquen la intervención en la rehabilitación motora, estudios que no reporten datos cuantitativos de los resultados motores pre y post-intervención (medias, desviaciones estándar o medianas) o que no detallen el protocolo de intervención (duración, frecuencia, intensidad, tipo de ejercicios). Finalmente, estudios con baja calidad metodológica (puntuación PEDro menor a 4).

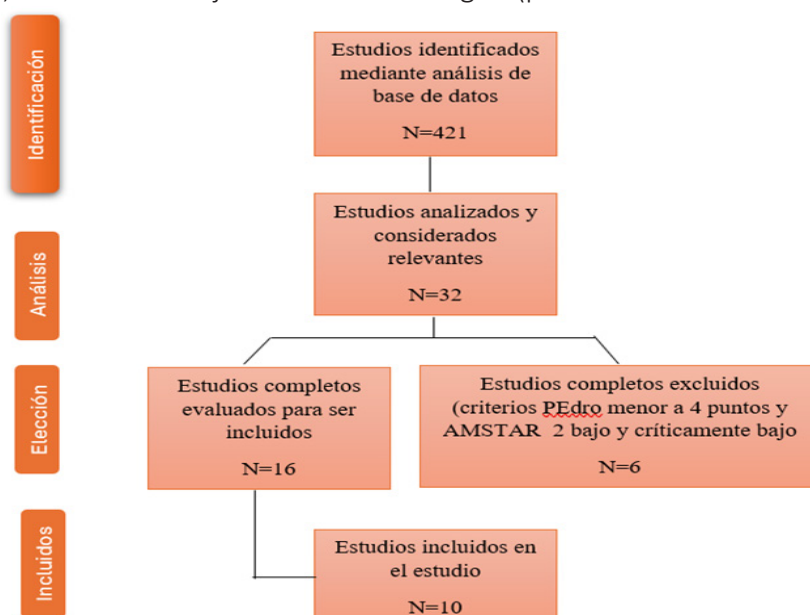


Figura 1 Diagrama de Flujo

## RESULTADOS

Título/Autor/ Año/País	Metodología	Conclusiones	Aporte
Deficiencias en pacientes con accidente cerebrovascular: un estudio sistemático Terapia de realidad virtual para la motricidad de las extremidades superiores Revisión y metaanálisis. Rebeca Villarroel, Bárbara Rachel García Ramos, José Luis González Mora, Cristián Modroño. 2025 España	<p>En la revisión sistemática y metaanálisis se efectuaron búsquedas bibliográficas en diversas bases de datos científicas, incluyendo la Biblioteca Digital IEEE, PubMed, SciELO, Scopus, PEDro, Web of Sciences y ScienceDirect, abarcando publicaciones hasta diciembre de 2023. Para la evaluación de la calidad metodológica se implementaron herramientas estandarizadas: la Colaboración Cochrane, la escala PEDro, OCEBM y el sistema GRADE.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>El metaanálisis, reveló una mejoría significativa en la función motora tras la terapia de Realidad Virtual (RV) en comparación con tratamientos control en pacientes con ictus (<math>Z = 4,13</math>; <math>P &lt; 0,0001</math>; <math>SMD = 5,24</math>; <math>IC\ 95\% = 2,76-7,73</math>; <math>P &lt; 0,05</math>). Se observó heterogeneidad moderada y significativa entre los estudios (<math>I^2 = 75\%</math>; <math>Tau^2 = 24,43</math>; <math>Chi^2 = 106,47</math>; <math>P &lt; 0,00001</math>).</p> <p>Pacientes en fase aguda-subaguda: efectos significativos (13 estudios, <math>Z = 3,36</math>; <math>P = 0,0008</math>)</p> <p><b>Función motora:</b></p> <p>Intervenciones <math>\leq 4</math> semanas: efectos significativos (18 estudios, <math>Z = 3,19</math>; <math>P = 0,001</math>)</p> <p>Intervenciones <math>&gt; 4</math> semanas: efectos significativos (8 estudios, <math>Z = 2,64</math>; <math>P = 0,008</math>)</p> <p>Juegos interactivos con sensores: efectos significativos (21 estudios, <math>Z = 2,93</math>; <math>P = 0,003</math>)</p> <p>Juegos interactivos manuales: efectos significativos (7 estudios, <math>Z = 3,22</math>; <math>P = 0,001</math>)</p> <p>Juegos comerciales: efectos significativos (15 estudios, <math>Z = 2,44</math>; <math>P = 0,01</math>)</p> <p>Juegos no comerciales: efectos significativos (13 estudios, <math>Z = 4,37</math>; <math>P &lt; 0,0001</math>)</p>	La realidad virtual (RV) no inmersiva representa una herramienta complementaria valiosa en fisioterapia para la recuperación motora post-ictus, demostrando beneficios significativos en función motora, destreza manual y actividades cotidianas. Aunque no constituye una opción independiente completamente efectiva, su integración en protocolos tradicionales de rehabilitación ofrece ventajas considerables.	El metaanálisis demuestra que la terapia con Realidad Virtual (RV) produce una mejora significativa en la función motora de las extremidades superiores en pacientes con ictus, con un tamaño del efecto considerable ( $SMD = 5,24$ ; $IC\ 95\%: 2,76-7,73$ ; $p < 0,0001$ ). Cuantitativamente, los beneficios se mantienen tanto en intervenciones de corta ( $\leq 4$ semanas) como de larga duración ( $> 4$ semanas), y cualitativamente se confirma su eficacia en distintas fases del ictus, especialmente en la etapa aguda-subaguda ( $p = 0,0008$ ).
Realidad virtual en la recuperación del ictus: una metaanálisis de revisiones sistemáticas. Ammar Khan, Yahia Z. Imam, Mohamed Muneer, Salman Al Jerdi y Sumanjit K. Gill. 2024 Qatar	<p><b>Metodología</b></p> <p>Metaanálisis basado en una búsqueda sistemática en siete bases de datos. La síntesis de datos se llevó a cabo de forma descriptiva, priorizando las revisiones sistemáticas de alta calidad, cuya evaluación metodológica se realizó con la herramienta AMSTAR-2.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>Duración de intervención RV:</p> <p>Más de 15 horas de intervención RV tiene mejoras significativas en destreza manual (BBT), <math>DME\ 0,92</math>; <math>IC\ del\ 95\%: 0,35-1,49</math>; <math>P = 0,002</math>.</p> <p>Menos de 15 horas de intervención RV no evidencia mejoras significativas en destreza manual, <math>DME-0,10</math>; <math>IC\ del\ 95\%: -0,35\ a\ 0,15</math>; <math>P = 0,45</math></p> <p>Duración de terapia de ejercicio con asistencia RV:</p> <p>Más de un mes mejoras significativas en destreza manual (TCM), <math>DME\ 0,97</math>; <math>IC\ del\ 95\%: 0,06-1,89</math>; <math>P = 0,04</math></p> <p>Menos de un mes sin mejoras significativas en destreza manual, <math>DME\ 0,02</math>; <math>IC\ del\ 95\%: -0,22\ a\ 0,26</math>; <math>P = 0,84</math>.</p>	La realidad virtual es una tecnología prometedora que puede sumarse a nuestro arsenal de rehabilitación y ayudar a la recuperación del paciente después de un accidente cerebrovascular. Esta visión general demuestra que la RV es un complemento seguro y eficaz a la terapia convencional para la recuperación después de un accidente cerebrovascular en diferentes dominios funcionales. Es especialmente beneficiosa cuando se usa en combinación con la TC. Existe evidencia clara que respalda el uso de la rehabilitación de RV en combinación con la TC o sola para el uso del deterioro de los músculos esqueléticos y lumbares después de un accidente cerebrovascular. Por ahora, hay implicaciones clínicas que se pueden derivar de esta metarevisión y es utilizar de forma rutinaria la rehabilitación de RV (VE, CG, videojuegos) para pacientes con deterioro de los músculos esqueléticos y lumbares después de un accidente cerebrovascular.	Los hallazgos del estudio evidencian que tanto la duración como la intensidad de la intervención con Realidad Virtual (RV) influyen significativamente en la recuperación de la destreza manual post-ictus. Cuantitativamente, se observan mejoras significativas cuando la intervención supera las 15 horas ( $DME\ 0,92$ ; $IC\ 95\%: 0,35-1,49$ ; $p = 0,002$ ) y cuando la terapia asistida con RV se extiende por más de un mes ( $DME\ 0,97$ ; $IC\ 95\%: 0,06-1,89$ ; $p = 0,04$ ). En contraste, intervenciones de menor duración no muestran efectos estadísticamente significativos.

Eficacia aumentada de la estimulación intermitente con ráfagas theta en el entrenamiento de ciclismo basado en realidad virtual para la función de las extremidades superiores en pacientes con accidente cerebrovascular: un ensayo controlado aleatorizado, doble ciego. Yu Hsin Chen, Chia Ling Chen, Ying Zu Huang, Hsieh Ching Chen, Chung Yao Chen, Ching Yi Wu y Keh Chung Lin. 2021 Taiwán	<p>Ensayo controlado aleatorizado con 23 pacientes post-ictus que recibieron 15 sesiones de iTBS o estimulación simulada con terapia de realidad virtual. Se evaluó la función motora mediante FMA-UE y MAS-UE (medidas primarias), complementadas con ARAT, NHPT, BBT, MAL y SIS (medidas secundarias). El análisis incluyó pruebas de Wilcoxon para efectividad y Mann-Whitney para comparación entre grupos.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>FMA-UE: Mejora significativa en ambos grupos (control: <math>p=0,003</math>; iTBS: <math>p=0,021</math>), sin diferencias significativas entre grupos (<math>p=0,174</math>)</p> <p>MAS-UE: Mejora significativa solo en grupo iTBS+VCT (<math>p=0,004</math>), con diferencia significativa frente al grupo control (<math>p=0,007</math>)</p> <p>ARAT: Mejora significativa en ambos grupos (control: <math>p=0,027</math>; iTBS: <math>p=0,025</math>), sin diferencias significativas entre grupos (<math>p=0,225</math>)</p> <p>Solo el dominio GM mostró mejora significativa en ambos grupos</p> <p>MCID alcanzada por 4 pacientes del grupo iTBS+VCT vs 1 del grupo control</p> <p>BBT: Mejora significativa solo en grupo iTBS+VCT (<math>p=0,029</math>), sin diferencias significativas entre grupos (<math>p=0,130</math>)</p> <p>MCID alcanzada por 4 pacientes del grupo iTBS+VCT vs 2 del grupo control</p> <p>NHPT: Mejora significativa solo en grupo iTBS+VCT (<math>p=0,023</math>), sin diferencias significativas entre grupos (<math>p=0,106</math>)</p>	La aplicación de iTBS sobre el hemisferio ipsilesional aumentó la eficacia de la terapia de rehabilitación vascular (VCT) para reducir la espasticidad, aumentar el uso real de la extremidad superior afectada y mejorar la participación en la vida diaria. Además, ningún paciente experimentó efectos secundarios agudos significativos tras recibir iTBS. En conclusión, iTBS puede ser una opción terapéutica prometedora y segura como terapia adyuvante, que podría potenciar los efectos terapéuticos de la neurorrehabilitación en pacientes con ictus. Se justifica un estudio a mayor escala para verificar los resultados.	Este estudio evidenció que la combinación de iTBS con realidad virtual (VCT) potencia la recuperación motora post-ictus, con mejoras significativas en MAS-UE ( $p=0,004$ ), BBT ( $p=0,029$ ) y NHPT ( $p=0,023$ ), solo en el grupo experimental. Aunque ambos grupos mejoraron en FMA-UE y ARAT, no hubo diferencias significativas entre ellos. El grupo iTBS+VCT alcanzó más frecuentemente el MCID, sugiriendo una mayor efectividad clínica del abordaje combinado.
Examen de la efectividad de la terapia de realidad virtual, aumentada y mixta (VAMR) para la recuperación de las extremidades superiores y las actividades de la vida diaria en pacientes con accidente cerebrovascular: una revisión sistemática y un metanálisis. Sze Chit Leong, Yuk Ming Tang, Fong Mei Toh y Kenneth NK Fong. 2022 Hong Kong	<p>Revisión sistemática y metanálisis de 50 ensayos controlados aleatorizados extraídos de las bases de datos ScienceDirect, PubMed, IEEE Xplore y Web of Science. Se compararon intervenciones con realidad virtual, aumentada y mixta (VAMR) frente a la rehabilitación convencional. El análisis estadístico utilizó modelos de efectos fijos y aleatorios, según el nivel de heterogeneidad entre los estudios.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>Los resultados utilizados para evaluar la recuperación de extremidades superiores (MMS) y las actividades de la vida diaria (AVD) en la rehabilitación del ictus fueron la evaluación Fugl-Meyer para extremidades superiores (FMA-UE), seguida de la prueba de caja y bloques (BBT), la prueba de función motora de Wolf (WMFT) y la medida de independencia funcional (FIM). La Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) demostraron:</p> <p>Efecto positivo significativo en la mejora de la FMA-UE para el deterioro de las MMS (36 estudios, DM = 3,91; IC del 95% = 1,70-6,12; <math>p=0,0005</math>)</p> <p>Efecto positivo significativo en la FIM para las AVD (10 estudios, DM = 4,25; IC del 95% = 1,47-7,03; <math>p=0,003</math>)</p> <p>Sin efecto significativo en la BBT ni la WMFT para las pruebas de función de las MMS (16 estudios, DM = 2,07; IC del 95% = -0,58-4,72; <math>p=0,13</math>)</p>	La rehabilitación del ictus basada en VAMR ha crecido rápidamente en los últimos años, y estas terapias se consideran beneficiosas y presentan ventajas significativas. Nuestro estudio examinó los tipos de intervenciones de VAMR utilizadas en la rehabilitación del ictus, identificó las medidas de resultado más utilizadas y evaluó el efecto de las intervenciones de VAMR en comparación con la terapia tradicional. En conclusión, la VAMR tiene un efecto positivo significativo en la mejora del deterioro de los músculos de la cabeza (medido mediante la FMA-UE) y las funciones diarias (medidas mediante la FIM), pero no en las pruebas de función de los músculos de la cabeza (medidas mediante la BBT y la WMFT).	Este estudio muestra que las tecnologías VAMR tienen un impacto positivo significativo en la recuperación motora post-ictus, especialmente en la reducción del deterioro de extremidades superiores (FMA-UE: DM = 3,91; IC 95%: 1,70-6,12; $p=0,0005$ ) y en la mejora de la funcionalidad en las actividades de la vida diaria (FIM: DM = 4,25; IC 95%: 1,47-7,03; $p=0,003$ ). Sin embargo, no se evidenciaron efectos significativos en pruebas de función motora fina como BBT y WMFT ( $p=0,13$ ), lo que sugiere mayor eficacia de VAMR en recuperación global que en tareas específicas de destreza manual.
Rehabilitación temprana post-ictus para la función motora de las extremidades superiores mediante realidad virtual y exoesqueleto: igualmente eficaz en pacientes mayores Tereza Gueye, Miriama Dedkova, Vladimir Rogalewicz, Marcela Grunerova-Lippertova, Yvona Angerova 2020 República Checa	<p>Mediante un diseño de estudio controlado aleatorizado, se asignó a los participantes, dentro de los 30 días posteriores a un ictus con paresia del brazo, a uno de dos grupos como complemento a un programa diario de rehabilitación. Uno de estos fue un grupo de intervención (Armeo IG, <math>n=25</math>; edad media de 66,5 años), que recibió 45 minutos de terapia de realidad virtual (TRV), y el otro, un grupo control (Armeo CG, <math>n=25</math>; edad media de 68,1 años), que recibió 45 minutos de fisioterapia convencional. Se aplicaron la Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA), la Medida de Independencia Funcional (FIM) y la Escala de Evaluación Fugl-Mayer de Extremidades Superiores (FMA-UE) antes y después de un programa de tres semanas compuesto por 12 sesiones terapéuticas. Los resultados fueron comparados entre los participantes menores de 65 años y aquellos de 65 años o más.</p> <p>Se observó una mejora significativamente mayor en FMA-UE en el IG que en el CG (<math>p=0,0209</math>), en cuanto a la distribución de MoCA y FMA-UE, tanto en el IG como en el CG (<math>p</math> entre 0,14 y 0,68). En cuanto a los valores de FIM, no se puede rechazar la hipótesis de distribución equitativa para el IG (valor <math>p=0,377</math>), mientras que sí se rechaza para el CG con un nivel de significancia del 95 % (valor <math>p=0,040</math>), lo cual se debió a los malos resultados de los pacientes menores de 65 años (los ocho pacientes alcanzaron valores de FIM inferiores o iguales a 30).</p>	La terapia de retroalimentación visual (TRV) con biofeedback visual ha demostrado ser más efectiva que la fisioterapia convencional en la mejora de la función motora de las extremidades superiores. Además, su eficacia se mantiene independientemente de la edad del paciente. Por tanto, esta intervención representa una opción terapéutica prometedora que podría complementar la fisioterapia convencional, tanto en pacientes jóvenes como en adultos mayores que han sufrido un ictus.	El principal aporte del texto radica en resaltar cómo una mejora significativamente mayor en FMA-UE en el IG que en el CG ( $p=0,0209$ ) lo cual corrobora que la biorretroalimentación visual ayuda en la mejora motora de las extremidades



<p>Efectos de la intervención con realidad virtual sobre la plasticidad neuronal en la rehabilitación del ictus: una revisión sistemática</p> <p>Jie Hao , Haoyu Xie , Kimberly Harp , Zhen Chen , Ka-Chun Siu</p> <p>2021</p> <p>China</p>	<p>Esta revisión sistemática fue realizada siguiendo las directrices de los Elementos de Informe Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA). La revisión fue registrada en el Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas (PROSPERO). Se incluyeron un total de 27 estudios (n = 232), de los cuales siete ensayos controlados aleatorizados fueron calificados como de buena calidad y dos ensayos clínicos controlados como de calidad moderada.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>Tras la intervención de RV, los principales hallazgos neurofisiológicos en los estudios incluyen: mejor equilibrio interhemisférico; mejor conectividad cortical; mayor mapeo cortical de los músculos de las extremidades afectadas; la mejora en las medidas de plasticidad neuronal se correlacionó con la mejora en los resultados conductuales; mayor activación de regiones de la corteza frontal; y posible implicación del sistema de neuronas espejo.</p>	<p>Los cambios inducidos por la realidad virtual (RV) en la plasticidad neuronal de personas que han sobrevivido a un ictus muestran correlaciones positivas con la recuperación funcional, lo que permite esclarecer los mecanismos terapéuticos implicados en la rehabilitación basada en RV. Esta revisión contribuye a una comprensión sistemática de los mecanismos neurofisiológicos involucrados en la rehabilitación postictus mediante RV y sintetiza la evidencia emergente que respalda la innovación continua de los sistemas de RV, así como su aplicación en el ámbito de la recuperación neurológica</p>	<p>El principal aporte del estudio radica en demostrar que las terapias basadas en realidad virtual (VR) pueden inducir cambios positivos en una mayor conectividad cortical y una expansión del mapeo cortical de los músculos afectados. Estos cambios muestran una correlación positiva con mejoras funcionales en los pacientes.</p>
<p>Efectos entrenamiento de control motor basado en realidad virtual sobre la inflamación, el estrés oxidativo, la neuroplasticidad y la función motora de las extremidades superiores en pacientes con ictus crónico: un ensayo controlado aleatorizado.</p> <p>Chien-Yu Huang , Wei-Chi Chiang , Ya-Chin Yeh , Shih-Chen Fan , Wan-Hsien Yang , Ho-Chang Kuo , Ping-Chia Li</p> <p>2022</p> <p>China</p>	<p>El estudio es un ensayo controlado, aleatorizado y ciego para el evaluador, con evaluaciones preintervención y postintervención. Todos los participantes recibieron 16 sesiones de intervención de 60 minutos al día, de 2 a 3 días a la semana, y asistieron a terapia ocupacional regular. Cada sesión fue supervisada por un terapeuta ocupacional.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>Tras la intervención, se observaron mejoras significativas en ambos grupos en las puntuaciones totales de FMA-UE (COT: 3,86 %, p = 0,021; VRT: 6,60 %, p = 0,003) y en el rango de movimiento de la muñeca (AROM) de flexión de hombro (COT: 2,87 %, p = 0,023; VRT: 9,65 %, p = 0,003). Solo se observó una mejora significativa en la FMAUE de muñeca en el grupo COT (8,57 %, p = 0,033), mientras que se observaron mejoras significativas en la FMA-UE de hombro/</p> <p>Las puntuaciones de codo/antebrazo (6,01 %, p = 0,035), rango de movimiento de la muñeca (AROM) (35,65 %, p = 0,025) y rango de movimiento de la pronación del antebrazo (AROM) (4,83 %, p = 0,038) se observaron solo en el grupo VRT. Además, las puntuaciones totales de FMA-UE (p = 0,046) y AROM-flexión del hombro (p = 0,001) del grupo VRT variaron significativamente más que las de los grupos COT</p>	<p>Los resultados del estudio sugieren que la hemooxigenasa 1 (HO-1), la 8-hidroxi-2-desoxiguanosina (8-OHdG) y el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) podrían constituir posibles biomarcadores séricos útiles para evaluar intervenciones basadas en realidad virtual (RV) en pacientes con ictus crónico. Entre las recomendaciones clínicas derivadas del estudio se destaca la implementación del entrenamiento inmersivo basado en RV para mejorar el rendimiento motor de las extremidades superiores</p>	<p>El principal aporte es las aplicaciones comerciales generales de VR pueden proporcionar a los terapeutas opciones más diversificadas para la rehabilitación post-ictus, ya que son efectivas y seguras bajo la guía de terapeutas ocupacionales.</p>
<p>¿Puede la realidad virtual específica, combinada con la rehabilitación convencional, mejorar la función motora de la mano tras un ictus?</p> <p>Un ensayo clínico aleatorizado.</p> <p>Marta Rodríguez-Hernández, Begoña Polonio-López, Ana-Isabel Corregidor-Sánchez, José L Martín-Conty, Alicia Mohedano-Moriano, Juan-José Criado-Álvarez</p> <p>2023</p> <p>Brasil</p>	<p>Este ensayo clínico controlado, aleatorizado y simple ciego comparó la rehabilitación convencional (GC) con la combinación de esta y un sistema de realidad virtual (RVS) (GE). Aprobado por el Comité de Ética del Área Integrada de Salud de Talavera de la Reina, el estudio cumplió con la Declaración de Helsinki. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos GC o GE, y los evaluadores fueron cegados. Sin embargo, tanto los participantes como el investigador de la terapia de realidad virtual no pudieron ser cegados.</p> <p><b>Resultados</b></p> <p>Según la escala de Ashworth, se observó una disminución del tono muscular en la muñeca en ambos grupos (control y experimental), con una disminución significativamente mayor en el grupo experimental (media inicial/media postintervención: 1,22/0,39; diferencia entre el inicio y el seguimiento: 0,78; intervalo de confianza del 95 %: 0,38-1,18; tamaño del efecto = 0,206).</p> <p>En la evaluación Fugl-Meyer, se observó un aumento en las puntuaciones en ambos grupos, siendo más notable en el grupo experimental (función motora total: tamaño del efecto = 0,300; media: -35,5; intervalo de confianza del 95 %: -38,9 a -32,0; muñeca: tamaño del efecto = 0,290; media: -5,6; intervalo de confianza del 95 %: -6,4 a -4,8; mano: tamaño del efecto = 0,299; media: -8,9; intervalo de confianza del 95 %: -10,1 a -7,6).</p> <p>En la prueba del brazo de investigación-acción, el grupo experimental cuadruplicó su puntuación después de la intervención combinada (tamaño del efecto = 0,321; media: -32,8; intervalo de confianza del 95 %: -40,1 a -25,5).</p>	<p>Los resultados sugieren que la rehabilitación convencional combinada con un método basado en la RVS puede ser más eficaz que la terapia convencional sola para mejorar la función motora de la mano y el movimiento voluntario, así como para normalizar el tono muscular en pacientes con ictus subagudo. Con el tratamiento combinado, la funcionalidad y el movimiento de la mano y la muñeca aumentaron, y la resistencia al movimiento (espasticidad) disminuyó, manteniéndose esta mejora en el tiempo. Los pacientes mostraron mejoras clínicas significativas en la motricidad fina y la funcionalidad de la mano afectada, logrando estos avances en menos tiempo.</p>	<p>La intervención produjo mejoras significativas en la rehabilitación motora del miembro superior. El grupo experimental mostró una disminución significativa del tono muscular en la muñeca (Ashworth: = 0,78; IC 95 %: 0,38-1,18) y mejoras en la función motora (Fugl-Meyer: muñeca d = 0,290; mano d = 0,299). Además, cuadruplicó su desempeño funcional en la prueba de brazo de investigación-acción (d = 0,321).</p>

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sistemática respaldan la eficacia de la realidad virtual (RV) como una herramienta innovadora y efectiva para la rehabilitación motora post accidente cerebrovascular (ACV). Villarroel et al. (2025) demostraron mediante un metaanálisis que la RV no inmersiva genera mejoras significativas en la función motora de las extremidades superiores, la destreza manual y las actividades de la vida diaria, señalando que, aunque no sustituye completamente a la terapia convencional, su integración complementaria optimiza los resultados clínicos.

La contribución de Khan et al. (2024) destaca la importancia de la duración e intensidad de las intervenciones con RV para lograr efectos positivos significativos, indicando que sesiones superiores a 15 horas o terapias que se extienden por más de un mes inducen mejoras evidentes en la destreza manual, mientras que intervenciones más breves no alcanzan cambios estadísticamente relevantes. Este hallazgo subraya la necesidad de establecer protocolos terapéuticos estandarizados que consideren la dosificación adecuada para potenciar la neuroplasticidad.

En términos neurofisiológicos, Hao et al. (2021) aportan evidencia sobre los mecanismos que sustentan la eficacia de la RV, reportando una mejoría en la conectividad cortical, mayor activación de regiones motoras y expansión del mapeo cortical de los músculos afectados, lo cual correlaciona con los avances funcionales observados en los pacientes. Esta evidencia fundamenta teóricamente la efectividad clínica observada y sugiere que la RV facilita la reorganización neuronal necesaria para la recuperación post-ACV.

Además, la combinación de RV con técnicas adyuvantes como la estimulación con ráfagas theta intermitentes (iTBS) ha demostrado potenciar aún más la rehabilitación motora. Chen et al. (2021) evidenciaron que la aplicación de iTBS incrementó significativamente la reducción de la espasticidad y mejoró la función motora y la participación en actividades diarias en comparación con la terapia de RV sola, lo que indica que la sinergia de estas modalidades puede optimizar los resultados terapéuticos.

No obstante, la heterogeneidad metodológica entre estudios revisados es una limitante importante. Leong et al. (2022) resaltan que, si bien las tecnologías de realidad virtual, aumentada y mixta (VAMR) muestran un efecto positivo en la recuperación motora global y en la funcionalidad de actividades diarias, su impacto es menos claro en pruebas específicas de destreza motora fina, como la prueba de caja y bloques o la función motora de Wolf, lo que sugiere que la RV podría no ser igualmente eficaz para todos los dominios motores.

Por otro lado, Rodríguez-Hernández et al. (2023) reportan que la combinación de RV con terapia convencional resulta en una disminución significativa del tono muscular (espasticidad) y una mejora de la función motora de la mano, destacando que este abordaje combinado produce resultados superiores a la terapia convencional aislada, con mejoras funcionales que se mantienen en el tiempo. Esto refuerza la utilidad práctica de la RV como complemento y no como sustituto de la terapia física tradicional.

Respecto a la accesibilidad y viabilidad clínica, Huang et al. (2022) señalan que las aplicaciones comerciales de RV, bajo la supervisión de terapeutas ocupacionales, son una opción segura y efectiva, lo cual favorece la implementación en diferentes contextos clínicos y puede ayudar a superar barreras económicas y logísticas.

En síntesis, la evidencia actual avala la integración de la realidad virtual en programas multidisciplinarios de rehabilitación motora post-ACV, evidenciando beneficios funcionales relevantes y mecanismos neurofisiológicos claros que sustentan su uso. Para optimizar su aplicación clínica, es necesario avanzar hacia la estandarización de protocolos, mayor homogeneidad metodológica en estudios futuros, y explorar combinaciones terapéuticas que potencien la plasticidad neuronal y la recuperación funcional.

## CONCLUSIONES

La realidad virtual (RV), tanto inmersiva como no inmersiva, representa una herramienta complementaria eficaz para la rehabilitación motora post-ACV, al mejorar significativamente la destreza manual, la función motora y la participación en actividades de la vida diaria. Su integración a terapias convencionales potencia los resultados clínicos y favorece la reorganización cortical. Son más efectivas cuando se aplican durante períodos prolongados (más de 15 horas o más de un mes), con una frecuencia e intensidad adecuadas. Estas condiciones promueven la neuroplasticidad y están asociadas a una mayor conectividad cortical y activación motora, lo que fundamenta su aplicación terapéutica con base neurofisiológica. Constituye una estrategia accesible y de bajo

riesgo para contextos clínicos, con potencial de adaptarse a diversas poblaciones, incluyendo adultos mayores. Su bajo costo relativo y facilidad de implementación permiten superar barreras logísticas y económicas, posicionándola como una opción viable en entornos de rehabilitación física y neurológica.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Chen, Y. H., et al. (2021). Augmented efficacy of intermittent theta burst stimulation on the virtual reality-based cycling training for upper limb function in patients with stroke: a double-blinded, randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(91).

Hao, J., Xie, H., Harp, K., Chen, Z., Chun Sin, K. (2022). Effects of Virtual Reality Intervention on Neural Plasticity in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*; 103(3).

Juang, C. et al. (2022). Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *BMC Neurology*; 22(21).

Khan, A., Imman, Y., Muneer, M., Al Jerdi, S. (2024). Virtual reality in stroke recovery: a meta-review of systematic reviews. *Bioelectronic Medicine*; 10(1).

Leong, S., Ming, Y., Mei, F., Fong, K. (2022). Examining the effectiveness of virtual, augmented, and mixed reality (VAMR) therapy for upper limb recovery and activities of daily living in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*; 19(1).

Rodriguez-Hernández, M., López, B., Corregidor, A., Martín, J., Mohedano, A., Criado, J. (2023). Can specific virtual reality combined with conventional rehabilitation improve poststroke hand motor function? A randomized clinical trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2023 April; 20(1).

Villaroel, R., García, B., González, J., Modroño, C. (2025). Virtual Reality Therapy for Upper Limb Motor Impairments in Patients With Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physiotherapy Research International*; 30(2).

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## **Declaración de responsabilidad de autoría**

Los autores del manuscrito señalado, DECLARAMOS que hemos contribuido directamente a su contenido intelectual, así como a la génesis y análisis de sus datos; por lo cual, estamos en condiciones de hacernos públicamente responsable de él y aceptamos que sus nombres figuren en la lista de autores en el orden indicado. Además, hemos cumplido los requisitos éticos de la publicación mencionada, habiendo consultado la Declaración de Ética y mala praxis en la publicación.

Jordy Alexis Díaz López, Antony Joel Alban Villegas, Sylvia Lorena Ríos Palacios, Lisbeth Josefina Reales Chacón y Edwin Gilberto Choca Alcoser: Proceso de revisión de literatura y redacción del artículo.