

**INTERVENCIÓN FISIOTERAPÉUTICA CON REALIDAD VIRTUAL Y
JUEGOS INTERACTIVOS PARA AUMENTAR EL DESEMPEÑO MUSCULAR
EN NIÑO CON LESIÓN DE PLEXO BRAQUIAL: CASO CLÍNICO.**

AUTORES:

ESCUDERO MERCADO YOENDIS MARCELA.

VÁSQUEZ MATOS KENDRY JOHANA.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE.

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD.

SINCELEJO-SUCRE.

2026.

**INTERVENCIÓN FISIOTERAPÉUTICA CON REALIDAD VIRTUAL Y
JUEGOS INTERACTIVOS PARA AUMENTAR EL DESEMPEÑO MUSCULAR
EN NIÑO CON LESIÓN DE PLEXO BRAQUIAL: CASO CLÍNICO.**

AUTORES:

ESCUDERO MERCADO YOENDIS MARCELA.

VÁSQUEZ MATOS KENDRY JOHANA.

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
FISIOTERAPEUTA.**

ASESORES:

PACHÓN FLÓREZ CLAUDIA.

GONZALEZ SALGADO JHON ANTONIO.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE.

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD.

SINCELEJO – SUCRE.

2026.

NOTA DE ACEPTACIÓN.

PRESIDENTE DEL JURADO.

JURADO.

JURADO.

SINCELEJO, JUNIO 2026

AGRADECIMIENTO.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios por darnos la vida, la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de nuestra formación profesional. Por guiarnos en cada paso y permitirnos ser instrumentos de ayuda y servicio para los demás.

A nuestros padres, quienes con amor, esfuerzo y sacrificio han sido el pilar fundamental en nuestro proceso educativo, brindándonos su apoyo incondicional y motivándonos a seguir adelante en cada momento. A nuestros familiares, por su compañía, confianza y por impulsarnos a no desistir de nuestros sueños.

A la familia de la paciente, especialmente a su madre, por depositar su confianza en nosotras y permitirnos aplicar nuestros conocimientos y habilidades en beneficio de su hijo, haciendo de esta experiencia un aprendizaje significativo tanto a nivel profesional como personal.

A la Universidad Antonio José de Sucre (UAJS), por abrirnos las puertas a la formación académica y brindarnos las herramientas necesarias para nuestro desarrollo como futuras fisioterapeutas. A nuestros docentes, por su dedicación, compromiso y por compartir sus conocimientos a lo largo de este proceso.

De manera especial, agradecemos a nuestros asesores Claudia Pachón y John González, por su orientación, paciencia, acompañamiento constante y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación, siendo guía fundamental para la culminación de este trabajo.

Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo y culminación de este proyecto.

Kendry Vásquez Matos y Yoendis Escudero Mercado.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por ser mi guía constante, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada obstáculo y permitirme alcanzar este logro tan importante en mi vida.

A mis padres, César y Yasmina, quienes han sido el pilar de mi vida. Este logro es el reflejo de sus sacrificios, de sus desvelos, de sus oraciones y de ese amor incondicional que nunca me ha faltado. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por levantarme con sus palabras y por enseñarme que rendirse nunca fue una opción.

A mis hijos, Alexander y Alejandro, el motor de mi vida, mi razón más grande para luchar y superarme cada día. Todo lo que soy y todo lo que sueño es por ustedes. Cada esfuerzo, cada lágrima y cada logro llevan su nombre, porque son ustedes quienes le dan sentido a mi vida y a cada paso que doy.

A mi abuela Fermina, quien, aunque ya no se encuentra físicamente, siempre creyó en mí y fue una fuente de amor y apoyo. Su recuerdo vive en mi corazón y es parte de este logro.

A ti, Junior, por la paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por estar presente en cada momento, por impulsarme a seguir adelante y ser más positiva, por creer en mí incluso en mis días más difíciles.

A mi compañera de tesis, Kendry, gracias por la paciencia, el apoyo en este proceso lleno de retos, aprendizajes y emociones.

A mis asesores, Claudia y John, por su guía, dedicación y por creer en este proyecto. Gracias por compartir sus conocimientos, por acompañar este proceso con compromiso y vocación.

Yoendis Marcela Escudero Mercado.

DEDICATORIA.

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la sabiduría, la fuerza para salir adelante, permitir descansar en él y poner en mi corazón el don de servir, quien ha sido guía constante en cada paso de este proceso, brindándome claridad en los momentos de dificultad y fortaleza.

A mi mamá, Fátima quien sin importar de cuan cansada esté siempre ha sido un apoyo incondicional, llenando cada espacio de mi ser de amor, perseverancia y resistencia. Todo se lo debo a ti madre, quien con su ejemplo de lucha y entrega ha sido el motor que me impulsa a seguir adelante y a no desistir ante las adversidades.

A mis hermanos Brad y Ali quienes son la luz de mis ojos, un motivo más para salir adelante, siendo una inspiración constante para esforzarme cada día más y construir un camino del cual ellos también se sientan orgullosos.

A mi abuela, Yorasis, este sueño no es solo mío sino también de ella, que antes que yo, ella ya sabía que todo sería posible, confiando en mis capacidades en todo momento.

A mis amigos y todas esas personas que tan solo con una palabra de ánimo, por pequeño que pareciera, aportaron en mantener la motivación para continuar con este proceso.

A la familia del paciente, por contar con la disponibilidad y brindar la confianza de colocar en práctica nuestros conocimientos, permitiendo llevar a cabo este proceso de intervención y aportando de manera valiosa al desarrollo del mismo.

A mi compañera Yoendis Escudero, por la confianza, la dedicación y el compromiso para llevar esto a cabalidad.

Kendry Johana Vásquez Matos.

TABLA DE CONTENIDO.

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
	2.1 Descripción del problema.....	14
	2.2 Formulación del problema.....	18
3.	JUSTIFICACIÓN.....	19
4.	OBJETIVOS.....	22
	4.1 Objetivo General.....	22
	4.2 Objetivos Específicos.....	22
5.	ESTADO DEL ARTE.....	23
6.	MARCO TEÓRICO.....	33
	6.1 Teoría del Aprendizaje Motor.....	33
	6.2 Teoría de Neuroplasticidad.....	33
	6.3 Teoría de Integración Sensorial.....	34
	6.4 Teoría de la motivación (Autodeterminación).....	34
	6.5 Modelo Biopsicosocial.....	34
7.	MARCO CONCEPTUAL.....	36
	7.1 Plexo braquial.....	36
	7.2 Realidad virtual.....	38
	7.3 Juegos interactivos.....	40
	7.4 Desempeño muscular.....	40
	7.5 Neuroplasticidad.....	41
8.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	42
	8.1 Tipo de estudio.....	42
	8.2 Diseño de investigación.....	42
	8.3 Población y muestra.....	42
	8.4 Criterios de selección.....	43

8.5 Método de recolección de información.	43
8.6 Procedimiento.	45
8.7 Hallazgos clínicos.	46
9. RESULTADOS.	47
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
11. CONCLUSIÓN.....	56
12. RECOMENDACIONES.....	57
13. REFERENCIAS	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tabla de resultados de goniometría.</i>	47
Tabla 2. <i>Resultados de escala de Daniel (fuerza muscular).</i>	48
Tabla 3. <i>Resultados de la escala de Mallet (funcionalidad del hombro).</i>	49
Tabla 4. <i>Plan de intervención con realidad virtual y juegos interactivos.</i>	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo a. Consentimiento informado.	70
Anexo b. Carta del comité de ética y bioética.	72
Anexo c. Instrumentos.	73
Anexo d. Instrumentos.	74
Anexo e. Instrumentos.	75

RESUMEN.

La lesión de plexo braquial es una alteración neuromusculoesquelética frecuente durante el periodo perinatal que puede generar limitaciones en la movilidad, fuerza muscular y funcionalidad del miembro superior, afectando el desempeño muscular para realizar actividades de la vida diaria. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos en el desempeño muscular de un niño con lesiones de plexo braquial. Se desarrolló un caso clínico descriptivo en un paciente de 7 años, seleccionado por conveniencia, utilizando como instrumento evaluativo la escala de Daniels, la escala de Mallet y goniometría para la evaluación de la fuerza muscular, movilidad y funcionalidad del miembro. La intervención tuvo una duración de 12 semanas con 24 sesiones, combinando la realidad virtual y juegos interactivos. Los resultados evidenciaron incrementos en la abducción de hombro (54° a 98°), aumento de la fuerza muscular y un incremento significativo en la funcionalidad del hombro (Mallet de 14/25 a 22/25). Se concluye que la realidad virtual y los juegos interactivos es una estrategia efectiva para mejorar el desempeño muscular, favorecer la funcionalidad, aumentar la motivación y adherencia al tratamiento en pacientes pediátricos con lesiones del plexo braquial.

Palabras clave: Desempeño muscular, juegos interactivos, realidad virtual, rehabilitación, plexo braquial.

ABSTRACT.

Brachial plexus injury is a common neuromusculoskeletal disorder during the perinatal period that can lead to limitations in mobility, muscle strength, and upper limb function, affecting muscle performance in activities of daily living. The objective of this study was to evaluate the effect of a physiotherapy intervention using virtual reality and interactive games on the muscle performance of a child with brachial plexus injury. A descriptive clinical case study was conducted on a 7-year-old patient, selected by convenience sampling. The Daniels scale, the Mallet scale, and goniometry were used as assessment tools to evaluate muscle strength, mobility, and limb function. The intervention lasted 12 weeks with 24 sessions, combining virtual reality and interactive games. The results showed increases in shoulder abduction (54° to 98°), increased muscle strength, and a significant improvement in shoulder function (Mallet score from 14/25 to 22/25). It is concluded that virtual reality and interactive games are an effective strategy to improve muscle performance, promote functionality, increase motivation and adherence to treatment in pediatric patients with brachial plexus injuries.

Keywords: Muscle performance, interactive games, virtual reality, rehabilitation, brachial plexus injury.

1. INTRODUCCIÓN.

La lesión de plexo braquial (LPB) es una de las alteraciones musculoesqueléticas más frecuentes durante el periodo perinatal, generada por la tracción de las raíces nerviosas, lo que ocasiona debilidad o parálisis parcial o total del miembro superior. A pesar de que en algunos casos la recuperación se da de forma espontánea otros pueden desarrollar secuelas motoras que interfieren en la movilidad, la fuerza muscular y la funcionalidad del hombro, llegando a limitar significativamente la capacidad del niño para realizar actividades de la vida diaria en interacción con su entorno (Pondaag & Malessy, 2021).

En este contexto, la fisioterapia desempeña un papel fundamental dentro de los procesos de rehabilitación en estos pacientes, los cuales deben de estar enfocados en las necesidades del niño dirigidos a restaurar la funcionalidad comprometida por dicha lesión. Sin embargo, este proceso se puede ver limitado debido a factores como la falta de motivación y adherencia al tratamiento por parte del infante, lo que hace necesario implementar estrategias que favorezcan su participación activa y poder lograr una rehabilitación más efectiva (Novak et al., 2020).

De este modo, Losa et al. (2022) sostiene, que la incorporación de herramientas tecnológicas como la realidad virtual (RV) ha cobrado relevancia a lo largo de los años, llegando a destacar como una herramienta que puede integrarse con distintos enfoques terapéuticos, en este caso de la mano con juegos interactivos, proporcionando una alternativa mucho más dinámica. Esto facilita la creación de entornos que promuevan la repetición de movimientos y favorecen el aprendizaje motor mediante actividades que permiten ajustar el nivel de dificultad en relación con las capacidades del niño, estimulando su proceso de adaptación y contribuyendo de esta forma a su recuperación funcional. Por consiguiente, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la intervención fisioterapéutica con RV y juegos interactivos enfocados a la mejora del desempeño muscular en un niño con LPB.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1 Descripción del problema.

El juego es uno de los elementos esenciales en el desarrollo de cada infante durante su crecimiento, para Smythe et al. (2024), esto garantiza el desarrollo cognitivo, social y emocional, generando beneficios duraderos para la salud y el bienestar del niño; sin embargo, no todos los niños pueden acceder al juego ni lo experimentan de igual manera, debido a factores sociales ligado a discapacidades y limitaciones neuromusculares, los cuales comprenden un conjunto amplio de deficiencias que en interacción con factores personales y del entorno afectan el funcionamiento físico, cognitivo, sensorial o social de un niño.

De esta forma, Edwar et al. (2025), describen como la evidencia revela que la discapacidad no solo se limita a la presencia de limitaciones funcionales, sino que también se extiende a aspectos relacionados con la participación social, la independencia, el bienestar psicológico y los estados generales de salud, ligado a la necesidad de adaptar estrategias de rehabilitación que contribuyan al bienestar general de las personas con patologías que generan limitaciones dentro de sus capacidades físicas, emocionales y sociales.

En este sentido, las LPB se ubica como una de las patologías que generan limitaciones al miembro superior, definiendo a esta estructura como aquella que está compuesta por ramas anteriores de C5 a T1 las cuales proporcionan una inervación sensitiva y motora a los miembro superiores (MMSS), dividiéndose en raíces, fascículos y tronco ubicados en el triángulo posterior del cuello entre los músculos escalenos anteriores y medio, cuya función es la inervación motora y sensitiva somática a la extremidad superior, incluyendo la región escapular, responsable del movimiento de toda la extremidad superior (Polcaro et al., 2023).

Para Maya et al. (2021), la LPB esta descrita como la debilidad o flacidez de la extremidad superior diagnosticada poco después del nacimiento, en consecuencia de la

lesión de una o más raíces nerviosas cervicales o torácicas, su presentación al nacer depende de la extensión de la lesión nerviosa y puede variar desde la debilidad transitoria hasta parálisis generalizada, con afectación de la amplitud de movimiento, su exploración clínica se realiza durante el periodo neonatal lo cual es crucial para evaluar su recuperación y los posibles resultados a largo plazo.

Con base en esto, la rehabilitación física, es esencial para la recuperación de pacientes con lesiones musculoesqueléticas especialmente en lesiones de plexo braquial obstétrica (LPBO). Sin embargo, las técnicas convencionales tienen ciertas limitaciones en cuanto a la motivación del paciente y personalización del tratamiento. Según lo planteado por Dávila-Moran (2024), en las últimas décadas la RV ha surgido como una herramienta innovadora en los procedimientos de rehabilitación física que influye en la funcionalidad del paciente, ofreciendo un enfoque inmersivo para la mejora de la función motora, permitiendo crear entornos interactivos que favorezcan el control motor, estimulen la neuroplasticidad y promuevan la participación y adherencia del tratamiento.

Así mismo, Marzaleth et al. (2022), señalan como la realidad aumentada y la RV se han convertido en estrategias potenciales dentro de los procesos de rehabilitación, favoreciendo la pronta recuperación del paciente, los resultados funcionales y cognitivos impactando de forma positiva en su calidad de vida, su satisfacción y la forma de enfrentar su día a día con dicha patología, este estudio también reporta que cerca del 85% de los pacientes considera que esta herramienta es una forma eficaz para fomentar la repetición de ejercicios del miembro superior y mayor disposición al realizarlos durante el proceso de intervención.

La implementación de estrategias en entornos fisioterapéuticos ofrece resultados positivos tanto en MMSS como en miembros inferiores y terapias que estimulen la activación neuromuscular del cuerpo, Coronado-Ahunada et al. (2021), mencionan que estos procedimientos logran tener hasta un 94% de efectividad en cuanto a factores motivacionales, 50% al nivel de inmersión en terapia por parte del paciente y un 60% basado en la mejora de su calidad de vida en cuanto a disminución del dolor, reducción de

fatiga muscular, aumento del equilibrio, entre otros factores que aumenten la independencia del paciente.

Al realizar una búsqueda intencionada el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Olusanya et al. (2022), realizó estimaciones completas de discapacidades tanto en niño para adolescentes, a nivel mundial el 4,3% de los niños entre las edades de 0 a 4 años, el 12,5% entre la edad de 5 a 17 tienen discapacidades de moderadas a graves según las encuestas de hogares del estado funcional infantil. A nivel continental, Wondmagegn et al. (2024), estimó que la prevalencia del retraso del desarrollo motor fue del 26,69% con intervalos de confiabilidad del 95% en África.

Por otra parte, en Estados Unidos, según Bonino et al. (2024), se utilizaron los registros electrónicos de salud los cuales reflejaron que uno de cada cuatro niños tenía un diagnóstico de discapacidad del desarrollo, las más comunes fueron el retraso del desarrollo con un 11,3%, diferencias visuales el 7,4%, trastorno por déficit de atención con hiperactividad el 6,6%, y aspecto suroeste el 6,2%. A nivel nacional, en el Censo Nacional de Población, aproximadamente en 4,3 %, de la población colombiana mayor a 5 años vive con algún tipo de discapacidad (Segura y Pinilla-Roncancio, 2024).

Según el Ministerio de Salud y Protección Social (2020), en el departamento de sucre el 3,7% de la población presentan algún tipo de discapacidad, en la misma población registrada el 15% corresponde a jóvenes y el 8% a niños y niñas. No obstante, a nivel regional no se identificaron registros de fácil acceso ni fuentes confiables que reporten de manera específica la prevalencia de la discapacidad en la ciudad de Sincelejo. En relación con lo anterior, una de las patologías causantes de la discapacidad es la LPB, que según Shah et al. (2021), su incidencia mundial oscila entre 0,38 % y 5,1% por cada 1000 nacidos vivo, con variaciones regionales que depende del contexto social y demográfico; por otro lado su prevalencia internacional según los datos del Instituto Canadiense de Información sobre la Salud (ICIS), se ha estimado en 1,24% por cada 1000 nacido vivos, siendo una afectación debilitante con efectos a largo plazo, adicional de las deficiencias física y funcionales que afectan el entorno del individuo.

Adicionalmente, Gómez et al. (2025), comenta que en España entre los años 2015 y 2022, se registraron 18 casos de LPB con una prevalencia de 1,1/1.000 en recién nacidos vivos, el 61% provenían de partos instrumentales y 16,7% de eutócicos, un 33% sufrieron distocia de hombro y el 27,8% coexistió fractura de clavícula homolateral lo que evidencia el riesgo asociado a complicaciones obstétricas siendo el 38,8% macrosómicos y el 66,6% tuvo peso superior siendo este un factor de riesgo para la LPB, en cuanto a su tipo de lesión el 72,2% presentó parálisis superior, el 22% completa y solo 1 caso inferior.

En Estados Unidos, las tasas de LPBO al nacer se mantuvieron estables en los últimos 5 años, tal y como mencionan De Francesco et al. (2024), el 0,9 y el 1,1 por cada 1000 nacidos vivos y en los partos por cesárea el 34,0% y el 32,3% durante el mismo periodo teniendo en cuenta que el parto por cesárea obtuvo un efecto más preventivo para la LPBO. A nivel nacional, departamental y regional, no se encontraron estudios epidemiológicos específicos sobre las LPB en fuentes confiables, por lo cual se recomienda la investigación de la recopilación de estos datos.

A largo plazo, la calidad de vida del paciente con LPB se puede ver afectada significativamente, repercutiendo en su calidad de vida. Es por ello, que Boetto et al. (2024), indica, que tener una orientación temprana, apoyo físico y motivacional personalizado reduce las dificultades, mejorando su participación en un contexto social. La falta de una intervención oportuna y adecuada en estos pacientes, genera limitaciones persistentes que afectan la movilidad de MMSS y la forma en como el niño se desenvuelve en su entorno. Dada la gravedad de esta problemática y las consecuencias que esta genera en la sociedad, aquí parte la necesidad de complementar los enfoques de la fisioterapia con estrategias innovadoras que aumenten resultados y fortalezcan la motivación y adherencia del niño al tratamiento.

2.2 Formulación del problema.

Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera la intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos contribuyen al aumento del desempeño muscular en un niño con lesión del plexo braquial?

3. JUSTIFICACIÓN.

En Latinoamérica, la atención temprana a las alteraciones neuromotoras en la infancia, son importantes para garantizar el desarrollo funcional y la participación social de los niños. Según El-Shamy & Alsharif (2017), las LPBO, generan limitaciones en la fuerza, movilidad y disminuyen la funcionalidad del miembro afectado, lo que influye negativamente en la calidad de vida del infante. Tradicionalmente, los juegos han sido incorporados como estrategias innovadoras en la rehabilitación pediátrica. Diversos estudios como Menekseoglu et al. (2023), han demostrado que los juegos interactivos y los sistemas de RV permiten mejorar la función motora del miembro superior mediante los movimientos repetitivos de manera dinámica y lúdica, favoreciendo la coordinación, la destreza manual y el rango de movimiento en los niños.

De este modo, Parsons (2019), deduce que el uso de entornos virtuales en la rehabilitación pediátrica estimula el aprendizaje motor a través de la práctica activa, la retroalimentación visual y la motivación lúdica, elementos claves para lograr la reorganización neural. De forma similar, Rivi et al. (2017), destacan que la RV contribuye a mejorar la adherencia del tratamiento, lo cual es un factor determinante para alcanzar resultados positivos en los procesos de rehabilitación infantil.

En la misma línea Cavdar et al. (2023), señalan que estas intervenciones ofrecen ventajas importantes frente a la fisioterapia tradicional, debido a su capacidad de proporcionar retroalimentación inmediata, adaptar la dificultad de las tareas y mantener el interés del niño durante el proceso. Además, estas características no solo favorecen la repetición de movimientos requeridos esenciales para la plasticidad cerebral, sino que también mejoran la experiencia emocional y disposición del niño a participar.

Desde la perspectiva clínica, se busca complementar y no sustituir la fisioterapia tradicional. Su implementación permitirá aprovechar las ventajas de la RV para fomentar la práctica intensiva, repetitiva y orientada a tareas funcionales y al juego. Lo descrito anteriormente, hace referencia al estudio de Domingo et al. (2023), quienes afirman que la RV promueve una mayor reorganización neuronal y una mejora en la integración sensorio

motora. Por otro lado, en estudios previos con niños de seis y doce años. Yeves et al. (2020), observaron que las terapias con RV tipo espejo, aumentaron el uso espontáneo del brazo afectado y mejorando la calidad de vida física, lo que evidencia su potencial clínico real.

Por lo tanto, el impacto de esta investigación se proyecta tanto a nivel individual como comunitario, para el paciente, la intervención con RV puede mejorar el rango de movimiento, la fuerza y la funcionalidad del brazo afectado, favoreciendo el desempeño muscular, su independencia y su calidad de vida. A nivel familiar, representa una alternativa más motivadora y sostenible que puede integrarse a la rutina diaria. En el ámbito profesional, este proyecto aporta evidencia clínica local sobre el uso de tecnología en rehabilitación pediátrica, algo específicamente relevante para fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales de la región que buscan estrategias basadas en evidencia, pero adaptadas a contextos con recursos limitados.

De esta manera, la propuesta es viable, gracias a que las plataformas de RV no requieren equipamiento complejos o costosos. Asimismo, Karas et al. (2022), explica que incluso el uso de consolas comerciales, adaptadas como Nintendo Wii o Kinect, han mostrado beneficios clínicos comparables a los sistemas especializados. Además, la intervención puede realizarse en un entorno clínico, escolar o domiciliario, con supervisión profesional y ajustes individualizados según las capacidades del niño. Por ende, este enfoque aumenta la posibilidad de aplicación y sostenibilidad del programa en diferentes entornos latinoamericanos.

Por consiguiente, el impacto académico y científico radica en que los resultados se dan en medidas objetivas como rango de movimiento, fuerza y escalas funcionales, que contribuirán al desarrollo de conocimientos sobre el uso de tecnologías en fisioterapia. Lo anterior, está sustentado por investigaciones recientes como la de Komariah (2024), quienes subrayan la idea de que la terapia física, basada en la RV, mejora el aprendizaje motor y la motivación, factores que pueden trasladarse a otras condiciones neuromotoras infantiles.

Para finalizar, estudios Latinoamericanos, como el de Lerma-Castaño et al. (2022), demuestran la viabilidad del uso de la RV en rehabilitación motor infantil, lo que refuerza la relevancia contextual del presente proyecto. A su vez, De Miguel-Rubio et al. (2023), refuerza la evidencia mencionada que la RV ha mostrado resultados prometedores para la rehabilitación de MMSS en niños con LPB. Sin embargo, es fundamental continuar investigando con muestras más amplias y en diversas patologías para tener mucha más evidencia científica.

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto de la intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos para el aumento del desempeño muscular en niño con lesión de plexo braquial.

4.2 Objetivos Específicos.

- Valorar el estado inicial del desempeño muscular del miembro superior afectado en el niño con lesión del plexo braquial mediante pruebas clínicas y funcionales.
- Implementar un plan de intervención fisioterapéutico basado en realidad virtual y juegos interactivos, adaptado a las características del paciente.
- Analizar los resultados pre y pos intervención determinando la efectividad de la realidad virtual y los juegos interactivos en el aumento del desempeño muscular.

5. ESTADO DEL ARTE.

A continuación, se relacionan las investigaciones que fueron buscadas en las bases de datos PubMed, ScienceDirect, Dialnet y Scielo, en idioma español e inglés durante el año 2026. Se utilizaron las siguientes palabras claves: plexo braquial, simulación virtual y juegos interactivos.

En primer lugar, Altukhaim et al. (2025), centraron su investigación en evaluar la eficacia de la terapia física mejorada mediante la realidad virtual inmersa (RVI) con esfuerzo positivo en paciente con alteraciones motoras de miembro superior posteriores a un accidente cerebrovascular. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la incorporación de componentes de refuerzo positivo dentro de un entorno de RVI sobre la coordinación motora y el aprendizaje motor. La metodología fue un ensayo experimental con asignación aleatoria, en el cual participaron 18 pacientes distribuidos en un grupo experimental que recibió terapia con RV combinada con fisioterapia tradicional. La sesión tuvo una duración de 30 a 40 minutos. Los resultados demostraron una reducción significativa en el tiempo necesario para alcanzar objetivos motores. Asimismo, los pacientes reportaron altos, niveles de motivación y compromiso de vida a la interacción con el entorno virtual. En conclusión, los autores establecen que la RVI favorece la neuroplasticidad y la recuperación motora constituyéndose como una herramienta terapéutica, eficaz y motivadora que puede complementar los programas de rehabilitación.

En segunda estancia, Hsieh et al. (2025), desarrollaron una investigación centrada en el diseño y la evaluación de la usabilidad de un sistema de RVI, basado en la técnica mano espejo para la rehabilitación de MS en pacientes con accidentes cerebrovascular. El objetivo de este estudio fue diseñar un sistema de RV que replicara el movimiento del miembro sano para estimular la recuperación del miembro afectado, así como evaluar su viabilidad y aceptación clínica. La anterior se realizó mediante un estudio experimental de tipo piloto, en el que participaron 15 pacientes con secuelas de accidente cerebrovascular quienes realizaron sesiones mediante un sistema inmerso que incluía actividades simuladas de la vida diaria. Los resultados se evidenciaron que el sistema presentó altos, niveles de aceptación, facilidad de uso y adherencia del tratamiento con mínima incidencia de efectos secundarios, como mareo o fatiga. Asimismo, se observó una mejora en la participación activa de los pacientes, lo cual lleva a los

autores a concluir que la RVI basada en la técnica de espejo, constituye una herramienta innovadora, segura y eficaz para la rehabilitación de miembro superior.

En este sentido, Enrique-Canto et al. (2025), la RV es utilizada cada vez más en pacientes con afecciones cerebrovasculares que comprometen las extremidades superiores, sin embargo, existe la necesidad de estudiar esto más a fondo. Es por ello, que su estudio tuvo como objetivo analizar sistemáticamente y por medio de un metaanálisis la eficacia de dos enfoques distintos de intervención con RV para pacientes con enfermedades hemipléjicas después de un accidente cerebrovascular: la RV frente a tomografía computarizada (TC). A través de una búsqueda exhaustiva, se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados que comparaban el uso exhaustivo de RV con intervenciones híbridas y la terapia cognitivo-conductual. Sus resultados evidenciaron que las intervenciones combinadas mejoraron significativamente al igual que la destreza manual, en comparación con la CT aplicada de forma aislada. Estos autores determinaron que las intervenciones híbridas de RV y TC son más efectivas en conjunto que por separadas con beneficios sostenidos a largo plazo.

Otros autores como Chan & Ouyang (2024), realizaron un estudio que tuvo como objetivo investigar los efectos de la terapia de juego centrada en el niño y destacando su impacto en niños autistas. Por medio de un ensayo controlado aleatorizado se trabajó con niños autistas los cuales fueron asignados a un grupo experimental (n=34) y un grupo control (n=31), el grupo experimental participó en sesiones individuales semanales de 45 minutos de terapia cognitivo-conductual durante 8 semanas, donde obtuvieron registros EEG antes y después de la intervención durante la actividad. Esto tuvo como resultado que los modelos lineales mixtos mostraron un aumento significativo en la amplitud alfa luego de la intervención en todas las actividades, y que, por el contrario, los efectos en el grupo control no fueron significativos en la actividad neuronal y conductual. Este estudio concluye que la terapia cognitivo-conductual de entrenamiento revela un efecto positivo y significativo en niños autistas.

A través de estudios como el de Wadley y Stagnitti (2024), se confirma que el juego es la principal actividad que los niños deben aprender, esta investigación tuvo como objetivo evaluar una intervención lúdica en entornos escolares especiales, en el participaron 38 niños con diagnósticos de discapacidad intelectual, autismos y retraso global del desarrollo, el tratamiento consistía en aprender a realizar terapia de juego durante 1 hora por semana en un periodo de 7 meses. Los resultados mostraron cambios significativos en el juego simbólico de los niños, la capacidad de recordar oraciones, habilidades sociales, competencias académicas, el aprender a jugar tuvo cambio significativo en las habilidades narrativas, el seguimiento y el tiempo predicho influyo mucho en los resultados de esta intervención. Concluyen que la integración del juego contribuye positivamente en las capacidades del niño, contribuyendo a la escasa investigación sobre programas de terapia basado en el juego en entornos escolares especialmente en niños con el coeficiente intelectual menor a 70.

Por otro lado, Alotaibi (2024), destaca la popularidad del juego en los últimos años como herramienta para la mejora de los resultados de aprendizaje, a través de una revisión sistemática y metaanálisis su investigación tuvo como objetivo resumir la literatura existente sobre la efectividad del aprendizaje basado en juegos en la educación infantil, esta revisión examina la efectividad el aprendizaje basado en juego durante la educación infantil. Los resultados demostraron que el aprendizaje basado en juegos tiene un efecto de moderado a grande en los resultados cognitivos, sociales, emocionales, de motivación y participación. Estos hallazgos aportan información valiosa a profesionales interesados en entregar el juego como una herramienta de aprendizaje e intervención para el bienestar del niño, al igual se recomienda que otras investigaciones consideren en los efectos individuales que casusa el juego en la vida del niño.

Desde esta perspectiva, Soleimani et al. (2024), reconoce que el ictus suele provocar lesiones incapacitantes en la extremidad superior, y que evidencia demuestra que la RV ha demostrado tener potencial para la recuperación de las funciones del miembro afectado. Esta revisión sistemática tuvo como propósito comprar exhaustivamente la RV con la terapia convencional en un amplio espectro de niveles de inmersión y resultados, la

mitología utilizada fue una búsqueda sistemática en las bases de datos para la identificación de ensayos controlados aleatorizados que identifiquen sus categorías en entornos no inmersivos, semi-inmersivos y totalmente inmersivos. Tras la búsqueda y análisis de estos estudios, la RV ofreció beneficios superiores a la terapia convencional en cuanto a su función motora, independencia funcional, calidad de vida, la espasticidad y destreza, y que la RV totalmente inmersa reflejó mayores mejoras, demostrando así que la rehabilitación complementaria con RV mejora múltiples dominios funcionales en este tipo de pacientes.

Dentro de este contexto Bharathi et al. (2024), habla de lo tediosas y desmotivadoras que puede llegar a ser la terapia tradicional, y de explorar un entorno dinámico e inmersiva de la RV en la mejora potencial de la participación y motivación. Este estudio tuvo como fin comprar varias técnicas de entrenamiento en RV empleadas para la rehabilitación de las extremidades superiores en sobrevivientes de ACV, a través de una revisión sistemática se analizaron 96 artículos más relevantes, sus sesiones intervención constaban de 2 a 3 sesiones por semanas durante 12 semanas, con una duración de 30 a 60 minutos por sesión. Los resultados más evaluados fueron la estabilidad corporal, capacidades motoras de la extremidad superior, las tareas diarias y calidad de vida, demostrando que la estabilidad dinámica y la función de los movimientos mejoraron, logrando un equilibrio entre la RV y la terapia tradicional.

En investigaciones recientes, Amin et al. (2024), desarrollaron una investigación orientada a analizar el impacto de tecnologías avanzadas como la RV, la robótica asistida y la terapia con biofeedback electromiográfico en la rehabilitación de pacientes con accidente cerebrovascular, con el objetivo de evaluar la efectividad de estas tecnologías emergentes, especialmente la RV, en la mejora de la función motora y la independencia funcional de los pacientes. Se realizó una revisión sistemática donde incluyeron múltiples ensayos clínicos aleatorizados, analizando intervenciones basada en RV y comparándola con métodos convencionales de rehabilitación. Los resultados evidenciaron que la RV, mejora significativamente la recuperación motora y favorece la neuroplasticidad. Asimismo, se identificó que los entornos tecnológicos permiten un entrenamiento más intensivo, repetitivo y personalizado, lo cual, incrementa la adherencia al tratamiento.

Con respecto a la investigación de Carrington et al. (2023), el juego en niños con discapacidad resulta una herramienta fundamental para el desarrollo integral durante la infancia y su participación en la vida diaria. El objetivo en este estudio fue determinar la eficacia del juego como método terapéutico en niños con discapacidad y explorar las diferentes formas en que se utiliza en la terapia, clasificar y relacionar las medidas de resultados empleadas en las intervenciones basadas en el juego. Para esto, la metodología empleada fue una búsqueda sistemática, sus resultados arrojaron 22 artículos que cumplieran una heterogeneidad significativa en los resultados de las intervenciones basadas en el juego relacionados con la función motora y la estructura corporal, representaron el 61% de las medidas de resultado reportadas. Estos autores concluyeron que existen efectos positivos del juego en la terapia, sin embargo, se deben considerar realizar más investigaciones que se centren en aspectos más significativos en su actividad y participación del juego dentro de los procesos de intervención.

De acuerdo con la investigación de Wang et al. (2022), orientada a analizar los efectos de la rehabilitación, basada en RV en pacientes con deterioro cognitivo y accidentes cerebrovasculares. Lo anterior, tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los programas de entretenimiento con RV en la mejora de la condición y la funcionalidad en esta población clínica. La metodología fue una revisión sistemática y metaanálisis, en la cual, se incluyeron 21 estudios con un total de 1149 participantes, obtenidos a partir de bases de datos científicas reconocidas, comparando las intervenciones con RV frente a tratamientos convencionales. Los resultados indicaron una mejora significativa en la memoria, atención, la función cognitiva y la capacidad para realizar actividades de la vida diaria en comparación con los otros grupos de control. Lo anterior concluye en que establecer la RV como una intervención efectiva y complementaria en la rehabilitación neurológica, favoreciendo la recuperación cognitiva y funcional del paciente.

Por otra parte, Trujillo et al. (2022), comenta que la LPBO es una lesión traumática del plexo braquial en el momento del parto. Este estudio, tuvo como propósito realizar una revisión sistemática al objeto de recopilar y reconocer los efectos de la fisioterapia en el tratamiento de la LPBO y comparar los beneficios que pueden ofrecer las distintas técnicas

fisioterapeutas como tratamiento. Para esto se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos utilizando la combinación de distintas palabras claves. Los resultados arrojaron que existe una amplia gama de tratamientos conservadores, que pueden ser utilizados de forma individual o combinada con otras técnicas, las más destacadas son: vendaje muscular, cinesiterapia, electroterapia, terapia con restricción del lado sano, electro-estimulación y RV. Este concluye que un abordaje fisioterapéutico mediante el empleo de distintas técnicas presenta beneficios a estos pacientes, de forma temprana por medio de un equipo multidisciplinar debiéndose a la motivación y participación de los pacientes con la colaboración de los padres.

En concordancia con, De Santana et al. (2021), las LPB son unas de las lesiones más incapacitantes de la extremidad superior, que continuamente requiere de un tratamiento especializado y un tiempo prolongado de rehabilitación, esta investigación se realizó con fin de identificar y describir las modalidades de fisioterapia aplicadas en la rehabilitación de adultos con LPB. Para ello se realizó una búsqueda en bases de datos electrónicas las cuales debían cumplir con criterios como: intervenciones que incluían cualquier modalidad de fisioterapia; individuos mayores a 18 años y por último un diagnóstico clínico de LPB. Estos estudios arrojaron que las intervenciones de fisioterapia comúnmente utilizadas incluían ejercicios de amplitud de movimiento, estiramiento y fortalecimiento muscular, entre otras técnicas destacaron la electroterapia, terapia manual y estrategias de reeducación sensorial. A pesar del reconocimiento de estas modalidades para el tratamiento de la LPB, se hace necesario más investigaciones con protocolos de tratamiento más claros para las personas diagnosticadas con dicha patología.

También, Khan et al. (2021), realizó una investigación enfocada en analizar la efectividad de la RV dentro de los programas de neurorrehabilitación en pacientes que han sufrido accidentes cerebrovasculares. El objetivo del estudio fue organizar y comparar la evidencia disponible sobre el uso de la RV en la rehabilitación post-ictus. La metodología se basó en una revisión sistemática y metaanálisis, en la cual analizaron 150 estudios de los cuales 46 fueron excluidos para análisis cualitativo y otros 27 para análisis cuantitativo. Los resultados arrojaron que, aunque los programas con RV se asocian con mejoras en la

funcionalidad general y desempeño motor, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas frente a los métodos tradicionales. Asimismo, se observó una alta heterogeneidad entre los estudios incluídos, lo cual sugiere variabilidad en los protocolos de intervención. En conclusión, los autores establecen que la RV representa una herramienta prometedora dentro de la rehabilitación neurológica, ya que contribuye a la recuperación funcional.

De otra forma, Koukorikos et al. (2021), describen al juego como una herramienta esencial del crecimiento y la expresión de los niños considerándola fundamental para el abordaje de problemas y dificultades presentadas por el infante. El objetivo de este estudio fue revisar los parámetros relacionados con este tema, haciendo énfasis de la veracidad de este enfoque terapéutico para diversos problemas infantiles, por medio de una revisión de literatura en la búsqueda de las bases de datos. La búsqueda arrojó como resultado que la terapia de juego como forma de prevención y tratamiento es adecuada para los niños en edad escolar en los distintos periodos de transición que un niño pueda atravesar, y en diversos trastornos demostrado una disminución significativa de conductas inapropiadas y mejora en las habilidades. Concluyendo que es una herramienta completamente eficaz para el abordaje integral del niño, dependiendo fundamentalmente de la adecuada formación teórica por parte de los profesionales y la realización de un diagnóstico preciso.

Según, Choi et al. (2020), desarrollaron una investigación enfocada en analizar el uso de la RV como estrategia terapéutica en niños con lesión cerebral, destacando su potencial en la rehabilitación del miembro superior mediante entornos interactivos. El objetivo del estudio fue determinar la eficacia de un sistema de rehabilitación basado en RV con sensores inerciales para mejorar la función de extremidades superiores en población pediátrica. La metodología correspondió a un ensayo clínico aleatorizado, en el que participaron 80 niños con diferentes tipos de lesión cerebral, quienes fueron distribuidos en un grupo experimental que recibió terapia combinada de RV y terapia ocupacional convencional y un grupo control que recibió únicamente tratamiento convencional durante 20 sesiones en 4 semanas. Los resultados evidenciaron que la RV mostro mayor avance en destreza manual, la supinación del antebrazo y el desempeño en actividades de la vida

diaria. En conclusión, la RV ofrecer entrenamiento intensivo, repetitivo e interactivo, eficaz para la rehabilitación.

Además, Lopes et al. (2020), en su investigación, orientada en analizar el uso de la RV en el proceso de la rehabilitación en población pediátrica con parálisis cerebral y el síndrome de Down. Lo anterior, tiene como objetivo determinar los efectos de la RV en la mejora de las funciones motoras y la independencia funcional en los niños con esta condición. La metodología se basó en una revisión sistemática en la que se consultaron diferentes bases de datos seleccionando ensayos clínicos aleatorizados publicados en los últimos diez años. En los resultados obtenidos, la RV aplicada de forma independiente o combinada con entrenamiento motor convencional, favorece las funciones sensoriales, el control postural y la ejecución de tarea funcional. Asimismo, se identificó que los entornos interactivos permiten ajustar la intensidad del ejercicio, según las necesidades individuales del paciente, incrementando la motivación y adherencia al tratamiento.

Por consiguiente, Palomo y Sanches (2020), mencionan que la LPBO dan lugar a secuelas estructurales y funcionales permanentes que limitan el rango articular y reducen la independencia de las actividades diarias del niño en conjunto con su participación social, su estudio tuvo como objetivo describir los tratamientos actualmente utilizados para aumentar la funcionalidad afectada de las extremidades superiores en niños de 0-10 años diagnosticados con LPBO. Se realizó una búsqueda bibliográfica en estudios de los últimos 10 años en las bases de datos. Tras esta búsqueda y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo 10 coincidencias favorables para la funcionalidad de la extremidad superior afectada y la densidad de mineralización ósea, sin importar la técnica elegida durante el proceso de intervención. Los programas utilizados fue la electroterapia, RV y uso de ortesis o férulas. Este artículo concluye, que las técnicas descritas ofrecen resultados favorables para la funcionalidad afectada de la extremidad superior en LPBO de 0 a 10 años.

A pesar de ello, Werner et al. (2020), menciona a la LPB como una condición que afecta la funcionalidad del MS, el objetivo de esta investigación fue determinar si la terapia

de movimiento inducido por restricción (CIMT), es más eficaz que la intención estándar para mejorar los resultados de la actividad de las extremidades superiores en niños con LPB, para esto fueron reclutados 21 niños en un ensayo cruzado y asignados a recibir CIMT o atención estándar durante 8 semanas el miembro de intervención consistió en 3 semanas de ensayo de la extremidad no afectada y 5 semanas de actividades de transferencia. Se observaron diferencias significativas en cuanto al rendimiento en actividades bimanuales, aumento de la coordinación y la funcionalidad y en cuanto a la atención estándar no se observaron resultados satisfactorios. Demostrando que la CIMT resulta en una estrategia efectiva en la incorporación de actividades con enfoque lúdico.

Para finalizar, Aran et al. (2020), define la parálisis cerebral como aquella que abarca las deficiencias motoras y cognitivas no progresivas causadas por lesiones cerebrales, realizó un ensayo controlado aleatorizado simple ciego, que tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un programa de rehabilitación basado en RV para niños con parálisis cerebral hemipléjica las funciones cognitivas, 90 niños fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: (grupo estudio n=45) y (grupo control n=45) entre las edades de 11, 6, 3 años, la intervención del grupo estudio fue terapia ocupacional tradicional con RV, y el grupo control solo recibió terapia ocupacional durante 20 sesiones. Los resultados arrojaron mejoras cognitivas de ambos grupos después de las 10 semanas de intervención, revelando mayores mejoras en todas las pruebas de funciones cognitivas en el grupo de RV, estos resultados concluyen que después de 10 semanas se empiezan a ver mejoras significativas en los niños lo cual recomienda el uso de la RV es este tipo de intervenciones.

Realizada la revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con el uso de la RV y los juegos interactivos en la rehabilitación fisioterapéutica en niños con LPB, e identificaron diversos enfoques y evidencias que sustentan su potencial para mejorar el desempeño muscular del infante, así como la adherencia al tratamiento y la motivación del paciente. De esta manera la integración de estas herramientas en programas fisioterapéuticos resulta en una alternativa complementariamente eficaz entre los métodos

tradicionales orientado al desarrollo funcional, su participación activa y la mejora de la calidad de vida.

6. MARCO TEÓRICO.

Las tecnologías emergentes como la RV y los juegos interactivos, ofrecen entornos controlados y motivadores que permiten estimular múltiples sistemas del cuerpo de manera simultánea. Para sustentar teóricamente el uso de estas herramientas y su impacto en el desempeño muscular, es necesario revisar las principales teorías que explican cómo se adquieren, perfeccionan y optimizan las habilidades motoras.

6.1 Teoría del Aprendizaje Motor.

La Teoría del Aprendizaje Motor, desarrollada inicialmente por Henry (1960), sostiene que la adquisición y perfeccionamiento de habilidades motrices se logra mediante la práctica deliberada, la retroalimentación constante y la repetición estructurada. Asimismo, Newell (1986), aportó el enfoque ecológico, explicando como la interacción entre persona, tarea y ambiente influye en la coordinación motora. Según esta teoría, aprender que es un patrón motor eficiente, implica cambios en el sistema nervioso que permite que la ejecución del movimiento sea más precisa, automática y adaptable. En este sentido, la intervención con RV y juegos interactivos se presenta como una herramienta ideal para aplicar estos principios, debido a que ofrece tareas funcionales con retroalimentación inmediata, repetición intensiva, ajuste progresivo de la dificultad y un entorno motivador, favoreciendo la consolidación de habilidades motoras y la mejora del desempeño muscular.

6.2 Teoría de Neuroplasticidad.

De acuerdo con Hebb (1949), las conexiones neuronales se fortalecen cuando las neuronas se activan simultáneamente, de este modo, se estableció la base del aprendizaje y la reorganización cerebral. Esta teoría sostiene que el sistema nervioso tiene la capacidad de cambiar estructuras y funcionalmente como respuesta a la experiencia, la práctica y los estímulos relevantes. A su vez, los principios fundamentales incluyen la especificidad del aprendizaje, la importancia de la repetición y el fortalecimiento de conexiones neuronales a través del uso constante. De este modo, la aplicación de RV permite la práctica intensiva y motivante de tareas motoras, estimulando circuitos sensoriales y motores, promoviendo

cambios adaptativos en la corteza motora y otras áreas cerebrales, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la coordinación muscular y un mejor desempeño funcional.

6.3 Teoría de Integración Sensorial.

La Teoría de la Integración Sensorial explica cómo el cerebro organiza la información sensorial para producir respuestas motoras adaptativas, es decir, es el proceso por el cual el sistema nervioso recibe, selecciona, organiza e interpreta estímulos sensoriales para producir unas respuestas adaptativas motoras. Según Ayres (1972), el procesamiento sensorial adecuado es esencial para funciones como postura, equilibrio, coordinación y aprendizaje motor. La intervención con RV proporciona estímulos multisensorial simultáneos, visual, auditivo y propioceptivo que obligan al sistema nervioso a integrarlos activamente, mejorando la percepción corporal, la coordinación y la eficiencia de los movimientos.

6.4 Teoría de la motivación (Autodeterminación).

La Teoría de la Autodeterminación (SDT), distingue entre motivación intrínseca (hacer algo por placer o interés) y la extrínseca (hacer algo por recompensa o presión externa). La SDT postula que la motivación más sostenible y eficaz se da cuando se satisfacen tres necesidades psicológicas básicas: competencia, autonomía y relación social, cuando estas necesidades están presentes, la participación es más voluntaria, consistente y persistente. Los juegos interactivos en RV cumplen estas condiciones al ofrecer retos graduados con retroalimentación inmediata, permitir elecciones de acción y fomentar interacción o competencia, lo que incrementa la motivación del paciente y promueve la adherencia del tratamiento (Deci y Ryan, 1985).

6.5 Modelo Biopsicosocial.

En relación con lo descrito por Engel (1977), el Modelo Biopsicosocial, permite entender el desempeño muscular no solo desde lo físico, sino también desde factores psicológicos y sociales. De esta manera, la dimensión biológica incluye la estructura y la función del cuerpo, la integridad de los sistemas musculoesquelético, neurológico y cardiovascular. En el contexto de la rehabilitación, esta dimensión permite identificar las

limitaciones físicas del paciente y planificar intervenciones que fortalezcan el desempeño muscular y la coordinación motora.

7. MARCO CONCEPTUAL.

7.1 Plexo braquial.

Según Yang (2022), el plexo braquial es una estructura del sistema nervioso periférico conformada por raíces nerviosas C5 a T1, encargadas de la inervación motora y sensitiva del miembro superior; su organización anatómica incluye raíces, troncos, divisiones, cordones y ramas terminales, lo que permite la ejecución coordinada de movimientos. Esta compleja organización funcional facilita la integración neuromuscular, pero también, incrementa la vulnerabilidad ante un traumatismo. De igual forma, Noland et al. (2020), señala que las alteraciones en cualquiera de sus niveles pueden generar déficit funcional, afectando la movilidad, la fuerza y la coordinación del miembro superior.

7.1.1 Lesión de plexo braquial. La LPB es definida por Belviso et al. (2020), como una alteración parcial o total que afecta la red de nervios periféricos encargados de la inervación motora y sensitiva del miembro superior. En este sentido, Bhandari et al. (2024), comenta que estas lesiones pueden originarse por mecanismos de tracción, compresión o avulsión y que es una lesión que representa una de las patologías neuromusculares más incapacitantes, debido a la pérdida de función del miembro superior. Asimismo, Hill et al. (2021) destacan que la severidad del daño depende del grado de compromiso estructural del nervio, lo que influye directamente en el pronóstico y en la recuperación funcional.

7.1.2 Clasificación de la lesión de plexo braquial. las LPB se clasifican según el grado de daño nervioso. En este sentido, Ray y Mackinnon (2020), retoman la clasificación de Seddon y Sunderland, que incluye: la neuropraxia, axonotmesis, neurotmesis.

7.1.2.1 Neuropraxia. Se caracteriza por la interrupción temporal de la conducción nerviosa sin daño estructural, lo que permite una recuperación completa en semanas.

7.1.2.2 Axonotmesis. Implica daño del axón con conservación parcial de las estructuras del soporte, por lo que la recuperación depende de la regeneración nerviosa.

7.1.2.3 Neurotmesis. Representa la lesión más severa, con interrupción total del nervio, requiriendo en muchos casos intervención quirúrgica.

Por otro lado, Isaacs (2021) amplía esta clasificación, señalando que las lesiones pueden ser preganglionares (avulsiones) o posganglionares, siendo las primeras de peor pronóstico.

7.1.2.4 Lesiones preganglionares. Son lesiones que afectan las raíces nerviosas antes de que salgan de la médula espinal, es decir, son irrecuperables porque la raíz se desprende de la médula, hay pérdida completa de la función del músculo correspondiente y denervación de la sensibilidad en el dermatoma afectado.

7.1.2.5 Lesiones posganglionares. Son lesiones que ocurren después del ganglio de la raíz, es decir, en el tronco, división, cordón o ramas terminales del plexo braquial. Suelen tener mejor pronóstico de recuperación espontánea porque los nervios siguen conectados a la médula, la debilidad muscular puede ser parcial o completa, dependiendo de la extensión de la lesión.

De manera complementaria, Noland et al. (2020), propone una clasificación basada en el nivel anatómico afectado, dividiendo las lesiones en superiores (C5-C6), medias (C7) e inferiores (C8-T1). Las lesiones superiores suelen afectar principalmente el hombro y el codo, mientras que las inferiores comprometen la función de la mano, lo que genera diferentes patrones clínicos.

7.1.3 Etiología de la lesión de plexo braquial.

7.1.3.1 Causas prenatales. Son poco frecuentes, pero pueden estar asociadas a malformaciones congénitas o alteraciones del desarrollo intrauterino. Factores como anomalías estructurales pueden predisponer a lesiones nerviosas desde etapas tempranas (Ouzounian et al., 2022).

7.1.3.2 Causas perinatales. Suelen relacionarse con complicaciones durante el parto, especialmente la distocia de hombros. De este modo, Chauhan et al. (2020), comenta que, durante el parto, el exceso de tracción sobre la cabeza fetal puede generar daño en el plexo braquial. Asimismo, Overland et al. (2021), asocian factores como macrosomía fetal y partos instrumentados con mayor riesgo de lesión.

7.1.3.3 Causas posnatales. Las lesiones se asocian principalmente a traumatismos, accidentes o caídas. En adultos predomina los accidentes de tránsito, mientras que en niños pueden presentarse por caídas o traumatismos (Dy et al., 2021).

7.2 Realidad virtual.

La RV, es una tecnología que permite la creación de entornos simulados, en los cuales el usuario puede interactuar en tiempo real, generando una experiencia inmersiva que integra estímulos sensoriales y favorece su aplicación en contextos como la educación y la rehabilitación (Radianti et al., 2020).

7.2.1 Tipos de realidad virtual.

La RV se clasifica principalmente según el nivel de inmersión e interacción que ofrece al usuario.

7.2.1.1 Realidad virtual no inmersiva. Se basa en el uso de dispositivos convencionales como computadoras o pantallas, donde el usuario interactúa con el entorno digital sin perder contacto con el mundo real (Kaplan et al., 2021). Además, este tipo de RV es ampliamente utilizado debido a su bajo costo y fácil accesibilidad, aunque su nivel de inmersión es limitado.

7.2.1.2 Realidad virtual semi-inmersiva. Combina elementos digitales con dispositivos más avanzados como pantallas envolventes o simuladores, generando una experiencia más envolvente. En este sentido, Radianti et al. (2020) señalan que este tipo de realidad permite una mayor interacción sensorial, lo que favorece procesos de aprendizaje y rehabilitación, aunque sin alcanzar una inmersión total.

7.2.1.3 Realidad virtual inmersiva. Representa el nivel más alto de interacción, ya que utiliza dispositivos como visores (HMD), sensores de movimiento y controladores que permiten al usuario integrarse completamente en el entorno virtual. Según Kourtesis et al. (2020), este tipo de realidad genera una sensación de presencia, es decir, la percepción de estar dentro del entorno virtual, lo que incrementa la participación del usuario.

7.2.2 Dispositivos de realidad virtual. Los dispositivos de RV constituyen el medio a través el cual se genera la interacción entre usuario y el entorno virtual, permitiendo la ejecución de tareas terapéuticas en contextos simulados (Riva y Wiederhold, 2020).

En este sentido, Slater y Sánchez-Vives (2021), comenta que entre los dispositivos más utilizados se encuentran las gafas de RV, sensores de movimiento como cámaras o controladores y sistemas de seguimiento corporal. Las gafas de RV permiten la visualización tridimensional del entorno facilitando la percepción de profundidad y mejorando la interacción sensorial. Asimismo, esos dispositivos incrementan la sensación de presencia, lo cual es fundamental para generar respuestas motoras más naturales y efectivas durante la intervención

Por otro lado, Liao et al. (2020), menciona que los sensores de movimiento usados por ejemplo tipo Kinect o controladores manuales, permiten capturar los movimientos del usuario y trasladarlos al entorno virtual, logrando la ejecución en actividades funcionales. Según Howard (2022), algunos sistemas incorporan la retroalimentación háptica, que proporciona estímulos táctiles o de resistencia durante la sesión, permitiendo una intervención más completa.

7.2.3 Exergames. Los exergames (videojuegos activos) representan una herramienta utilizada en el ámbito de la rehabilitación fisioterapéutica, se basa en la combinación del ejercicio físico con dinámicas de juego, permitiendo que el usuario realice movimientos corporales reales para interactuar con el entorno virtual. De acuerdo con Stanmore et al. (2021), los exergames suelen apoyarse en dispositivos como sensores de

movimiento, cámaras o controladores, que permiten registrar los movimientos del usuario en tiempo real.

En este contexto, Fang et al. (2022), señalan que los exergames, permiten ajustar el nivel de dificultad en las actividades, adaptándose a las capacidades del paciente y favoreciendo un enfoque individualizado, esencial en población pediátrica porque los ayuda a mantener la motivación y el compromiso con el juego, lo cual, es clave para una adherencia al tratamiento.

7.3 Juegos interactivos.

Los juegos interactivos o también conocidos como interacción social, son descritos por Soledad et al. (2025), como un conjunto de actividades lúdicas en las que el niño participa activamente en interacción consigo mismo y su entorno, favoreciendo a su aprendizaje, desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y motrices que promueven su creatividad, trabajo en equipo y autonomía.

7.3.1 Juegos VR. Los juegos VR funcionan como herramientas de aprendizaje experiencial, donde las personas constituyen conocimientos explorando y manipulando contenido de forma activa. Una ventaja fundamental de los juegos VR es la inmersión sensorial total, la cual incrementa la atención y sentido de presencia de las personas. Lo anterior promueve la motivación, el compromiso y retención de contenido (Cheng et al., 2025).

7.4 Desempeño muscular.

Es la capacidad del músculo para generar fuerza con el fin de producir, mantener, sostener o modificar posturas, las cuales son movimientos esenciales para la actividad funcional de la persona, además, es recomendable su evaluación en pacientes con alteraciones neuromusculares que generen alguna debilidad (Bravo et al., 2026).

7.4.1 Factores que influyen en el desempeño muscular. La integridad del sistema nervioso, la edad, el nivel de actividad física y la motivación del paciente son factores que determinan el desempeño muscular (Buckner et al., 2021). En el caso de las LPB, la

alteración en la inervación muscular compromete la capacidad contráctil y el reclutamiento de unidades motoras (Petersen et al., 2022).

7.4.2 Alteraciones del desempeño muscular. La interrupción de la transmisión nerviosa genera debilidad, disminución del tono muscular y pérdida del control motor (Midha, 2022). Asimismo, Yang et al. (2021) asegura que estas alteraciones conducen a limitaciones en los movimientos del miembro superior, afectando funciones como la flexión, abducción y rotación de hombro.

7.5 Neuroplasticidad.

Según Cramer et al. (2021), la neuroplasticidad es la capacidad del sistema nervioso para modificar su organización estructural y funcional en respuesta a la experiencia, el aprendizaje o una lesión, permitiendo la recuperación de funciones cognitivas a través de la reorganización de las redes neuronales.

7.5.1 Tipos de neuroplasticidad. Dentro de los diferentes tipos de neuroplasticidad, se destacan la plasticidad estructural y funcional. Según Kleim & Jones (2020), la plasticidad estructural implica cambios en la anatomía neuronal como la formación de nuevas conexiones sinápticas, mientras que la plasticidad funcional se refiere a la organización de las funciones cerebrales en respuesta a estímulos o lesiones. De igual forma, se reconoce la plasticidad adaptativa la cual permite al sistema nervioso compensar déficits mediante la reorganización de circuitos neuronales.

7.5.2 Mecanismos de la neuroplasticidad. Dentro de estos se incluyen procesos como la sinaptogénesis, la potenciación a largo plazo y la reorganización cortical (Hlustik et al., 2021). Estos procesos permiten fortalecer las conexiones neuronales existentes y crear nuevas vías de comunicación dentro del sistema nervioso. Además, la repetición en tareas motoras desempeña un papel clave en la consolidación de estos cambios, favoreciendo la recuperación funcional del paciente (Teo et al., 2023).

8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

8.1 Tipo de estudio.

El caso clínico es una presentación ordinal tanto de los eventos que le ocurrieron a la persona durante la enfermedad como de los datos adicionales proporcionados por los procedimientos diagnósticos, el proceso de razonamiento clínico, la conclusión diagnóstica, el tratamiento utilizado y el curso de acción. En estos estudios se describe una característica de una enfermedad o de un paciente, esto sirve para generar nuevas hipótesis, se vuelve esencialmente educativo por el interés por la educación y su pedagogía. (Hernández Sampieri et al., 2010).

8.2 Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es de tipo epidemiológico; teniendo en cuenta lo definido por Hernández (2017), la epidemiología es una rama de la medicina que estudia la frecuencia, la distribución, y los determinantes de estados y sucesos que se relacionan con la enfermedad. Siendo así el diseño epidemiológico, un método científico que consta de tres fases, inicialmente observa la frecuencia y distribución de las enfermedades, donde por medio de estos se pueden dar lugar a la hipótesis de asociación entre la enfermedad y un determinado factor y finalmente se diseña un estudio experimental para así verificar o refutar la hipótesis planteada. El método epidemiológico se basa en dos aspectos fundamentales, definir claramente la población de referencia sobre la que se van a extrapolar los resultados del estudio (estudios de base poblacional o de base hospitalaria) y, por otra parte, los casos deben ser correctamente definidos, con una adecuada selección de las variables por las que se va a definir un proceso y de las escalas de medida que se van a utilizar.

8.3 Población y muestra.

La población estuvo conformada por 120 pacientes que asistieron durante el periodo de prácticas al servicio de fisioterapia de la IPS Corpoclinic, ubicada en la ciudad de Sincelejo.

La muestra se seleccionó por conveniencia, eligiéndose un paciente en edad escolar infantil con diagnóstico de lesión de plexo braquial.

8.4 Criterios de selección

Para la recolección e información correspondiente al presente proyecto, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

8.4.1 Criterios de inclusión

- Ser paciente activo en la Clínica Corpoclinic de Sincelejo.
- Asistir de manera activa al servicio de fisioterapia.
- Contar con consentimiento informado de los padres o acudientes para participar en el proceso de evaluación e intervención.

8.4.2 Criterios de exclusión

- No contar con autorización médica o consentimiento informado para la participación en el estudio.
- Dificultad para mantener la atención o seguir instrucciones durante las sesiones de intervención.
- Déficits visuales o auditivos que interfieran con el uso de la RV.

8.5 Método de recolección de información.

La evaluación clínica del paciente se llevó a cabo mediante un conjunto de herramientas estandarizadas que permitieron analizar de manera objetiva la fuerza muscular, el rango de movimiento articular y la funcionalidad del MS comprometido.

En primer lugar, se aplicó la escala de Daniels, que según Silloca (2024), es utilizada para evaluar la fuerza en los distintos grupos musculares del cuerpo, especialmente en pacientes con trastornos neuromusculares o lesiones localizadas, con un puntaje de 6 niveles que van de 0 a 5, donde 0 significa no tener respuesta muscular, 1 el

músculo realiza una correcta contracción visible o palpable, 2 el músculo realiza todo el movimiento, 3 el músculo realiza todo el movimiento articular sin gravedad y sin resistencia, 3 el músculo realiza todo el movimiento articular en contra de la gravedad pero sin resistencia, 4 el músculo realiza todo el movimiento articular contra la gravedad y con una resistencia parcial, y 5 el músculo realiza todo el movimiento articular contra la gravedad y con una resistencia máxima. Esta herramienta, a juicio de Soares et al. (2025), ha arrojado niveles de fiabilidad de moderados a altos que pueden variar en relación al tipo de análisis al que se quiere llegar y evaluadores entrenados.

Posteriormente se realizó la goniometría, una técnica ampliamente utilizada para la valoración de los movimientos articulares mediante el uso del goniómetro, lo cual permite cuantificar con precisión los ángulos de movilidad articular. De acuerdo con Cruz (2024), esta herramienta facilita la determinación del grado de movilidad de cada articulación, siendo fundamental para identificar alteraciones funcionales y realizar el seguimiento del paciente durante su proceso de rehabilitación. No obstante, autores como Araujo et al. (2024), realizaron un estudio con el fin de evaluar la fiabilidad de la goniometría en la medición del rango de movimiento, sus resultados demostraron que este método resulta ser confiable y con bajos errores de medición respaldando su uso en la evaluación de la movilidad articular en pacientes clínicos.

Finalmente, fue implementado el sistema de clasificación Mallet, utilizado para valorar la funcionalidad del miembro superior afectado, principalmente en pacientes con parálisis obstétricas del plexo braquial, según lo descrito por Yanes et al. (2014), este sistema se organiza según movimientos específicos y grados funcionales. En el movimiento de abducción: Grado I; sin movimiento: Grado II; $<30^\circ$: Grado III; $30-90^\circ$: Grado IV; 90° : Grado V; $>90^\circ$ (más horizontal). Movimiento de rotación externa: Grado I; sin rotación externa: Grado II; mano en abdomen: Grado III; mano en ombligo: Grado IV; mano a la boca: Grado V; mano a la nuca (rotación externa). Movimiento de mano a nuca: Grado I; no llega: Grado II; llega al cuello: Grado III; dorso de la mano en la nuca: Grado IV; mano a la nuca: Grado V; movimiento normal. Movimiento de mano a espalda: Grado I; no llega a la espalda: Grado II; mano al glúteo: Grado III; mano a la región sacra: Grado IV; mano a

la región lumbar: Grado V; mano a la región lumbar alta/ escapula. Movimiento de mano a la boca: Grado I; no llega: Grado II; llega con compensación muy marcada: Grado III; llega con compensación evidente: Grado IV; llega con mínima compensación: Grado V; llega sin compensaciones (normal). De esta manera, Delioglu et al. (2023), evaluaron la fiabilidad de la clasificación de la escala de Mallet modificada, evidenciando que presenta niveles adecuados de confiabilidad para su implementación en la práctica clínica.

8.6 Procedimiento.

La presente investigación se desarrolló por medio de 6 fases.

Fase 1. Inicialmente se obtuvo el Aval del comité de Ética y Bioética por parte de institución, en consistencia con los principios éticos que orientan la investigación.

Fase 2. Se contó con el consentimiento informado por parte de la madre del menor, garantizando la confidencialidad y privacidad del paciente.

Fase 3. Se llevó a cabo la recopilación y construcción de los datos clínicos, acompañada de una valoración fisioterapéutica integral para la identificación de las limitaciones y características funcionales del niño. Para ello se emplearon instrumentos estandarizados como la escala de Daniels para medir la fuerza, la goniometría para los arcos de movilidad de las articulaciones, y Mallet para la funcionalidad del miembro superior implicado.

Fase 4. Con base en los resultados obtenidos en la evaluación inicial, se diseñó un plan de intervención individualizado en el que se aplicó la realidad virtual y juegos interactivos orientados a mejorar el desempeño muscular y la funcionalidad del miembro superior en paciente con diagnóstico de LPB.

Fase 5. Implementación del plan de intervención durante un periodo de 12 semanas, con un total de 24 sesiones, una frecuencia de 2 veces por semana y una duración aproximada de 1 hora por sesión, garantizando su continuidad y la progresión de tratamiento.

Fase 6. Finalmente, se realizó una reevaluación utilizando los instrumentos aplicados en la fase 3, con el propósito de analizar los cambios en la fuerza muscular, el rango de movilidad articular y la funcionalidad del miembro superior, permitiendo comparar los resultados iniciales y finales, determinando la eficacia de la intervención.

8.7 Hallazgos clínicos.

Paciente masculino de 6 años de edad con diagnóstico médico de trastorno del plexo braquial derecho asociado a fractura de clavícula con antecedentes perinatales de asfixia perinatal y presentación podálica asociada a fractura de clavícula, antecedentes posnatales de LPB. En cuanto a la condición funcional, presenta compromiso del miembro superior derecho caracterizado por disminución del trofismo muscular a nivel de escapular, limitaciones en la movilidad articular y debilidad muscular. Dificultad en la ejecución de movimientos como flexión, abducción y extensión del hombro, restricción para la pronosupinación del antebrazo y ligera limitación en muñeca, así como en la prensión. De igual forma, compromiso neurológico manifestado por arreflexia bicipital derecha, compatibles con compromiso parcial de los troncos primarios del plexo braquial derecho. En cuanto al análisis de los planos posturales se observaron inclinaciones de la cabeza hacia el lado derecho, asimetría en la cintura escapular con depresión del hombro derecho, rotación interna del mismo y presencia de escapulas aladas, acompañadas de compensaciones a nivel de tronco y la pelvis. No se evidencian alteraciones estructurales en miembros inferiores.

9. RESULTADOS.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del plan de intervención fisioterapéutico basado en ejercicios de movilidad articular y fortalecimiento muscular progresivo usando la RV y juegos interactivos.

Tabla 1. *Tabla de resultados de goniometría.*

Articulación	Movimiento	Inicial	Final
Hombro	Flexión	0°-108°	0°-122°
	Extensión	0°-9°	0°-15°
	Abducción	0°-54°	0°-98°
	Aducción	0°-33°	0°-37°
	Rotación interna	0°-56°	0°-61°
	Rotación externa	0°-74°	0°-78°
Codo	Flexión	4°-114°	2°-140°
	Extensión	114°-4°	140°-2°
Antebrazo	Pronación	0°-38°	0°-48°
	Supinación	0°-27°	0°-39°
Muñeca	Flexión	0°-74°	0°-80°
	Extensión	0°-22°	0°-40°
	Desviación radial	0°21°	0°-22°
	Desviación cubital	0°-35	0°-40°

Nota. Elaboración propia (2026).

Los resultados obtenidos evidencian que, tras la aplicación del programa de intervención con RV y juegos interactivos, se presentaron mejoras en los rangos de movilidad articular del miembro superior, especialmente en la abducción de hombro de (54° a 98°), en la flexión de codo y la extensión de muñeca. Estos cambios pueden atribuirse al trabajo progresivo realizado durante las diferentes fases del tratamiento, donde inicialmente se priorizó la activación y movilidad articular seguido del incremento en la carga de ejercicios y la incorporación de actividades funcionales como el lanzamiento de pelotas y escalar, combinado con la RV y la utilización de juegos interactivos como béisbol

y el boxeo. Los cuales, favorecieron los movimientos de flexión, abducción y rotación de hombro mediante la repetición, promoviendo así un trabajo activo y funcional.

Tabla 2. Resultados de escala de Daniel (fuerza muscular).

Articulación	Movimiento	Inicial	Final
Hombro	Flexión	3	5
	Extensión	2	3
	Abducción	2	4
	Aducción	2	4
	Rotación interna	3	3
	Rotación externa	3	3
Codo	Flexión	3	5
	Extensión	2	4
Antebrazo	Pronación	3	3
	Supinación	3	3
Muñeca	Flexión	3	4
	Extensión	3	3
	Desviación radial	3	3
	Desviación cubital	3	4

Nota. Elaboración propia (2026).

En la tabla se presentan los resultados de la fuerza muscular tras la intervención, evidenciándose mejoras significativas de la fuerza muscular para los movimientos de flexión de hombro (3 a 5), abducción y aducción de hombro (2 a 4), la flexión de codo (3 a 5) y desviación cubital de la muñeca (3 a 4). Estos cambios pueden atribuirse al trabajo progresivo de fortalecimiento desarrollado durante las diferentes fases de tratamiento, la aplicación de juegos interactivos como boxeo, lanzamiento de pelotas y actividades de bateo, los cuales implican movimientos activos contra resistencia funcional, favoreciendo la activación muscular y el fortalecimiento progresivo del miembro superior. De igual manera, actividades como atrapar pelotas y escalar promovieron la contracción sostenida y el control muscular en muñeca y antebrazo. Aunque no todos los movimientos presentaron

incremento, la estabilidad en la mayoría de ellos, junto con las mejoras observadas, sugiere una evolución favorable en el desempeño muscular, evidenciando que la intervención con realidad virtual contribuyó al fortalecimiento funcional del paciente.

Tabla 3. Resultados de la escala de Mallet (funcionalidad del hombro).



Movimiento	Inicial	Final
Abducción	III	IV
Rotación externa	III	V
Mano a boca	III	V
Mano a espalda	II	III
Mano a nuca	II	V
Total	14/25	22/25





Nota. Elaboración propia (2026).


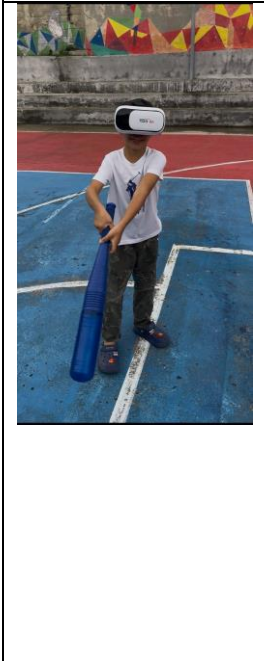

En la anterior tabla se exponen los resultados de la funcionalidad del hombro evaluados mediante la escala de Mallet. Se evidencian mejoras en todos los movimientos valorados, resaltando la rotación externa y la acción de llevar la mano a la boca, que alcanzaron los puntajes más altos (grado V), estos puntajes, indican una función prácticamente normal del hombro, con capacidad para realizar movimientos completos contra gravedad y con adecuada coordinación, lo que permite al paciente ejecutar actividades funcionales como alimentarse de manera independiente. De la misma manera, se observa un incremento en la abducción y en el movimiento de llevar la mano a la espalda, reflejando una mejoría en la movilidad y control motor del miembro superior. De forma global, el puntaje aumento de 14 a 22/25, indicando una mejoría significativa en la funcionalidad del hombro, la implementación de RV y juegos interactivos como béisbol y boxeo, estimularon movimientos funcionales del hombro en diferentes planos favoreciendo la coordinación, el control motor y la interacción de movimientos en tareas similares a la vida diaria.

Tabla 4. *Plan de intervención con realidad virtual y juegos interactivos.*

PLAN DE INTERVENCIÓN	
Objetivo	Evaluar el efecto de la intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos para el aumento del desempeño muscular en niño con lesión de plexo braquial.
Alcance	Mejorar su desempeño muscular para incorporarlo a la participación activa en actividades lúdicas dentro de un contexto social.
Consecuencias de las lesiones del plexo braquial	Para Gurjão et al. (2021), las lesiones generan limitaciones sensoriales, motoras y funcionales del miembro superior, manifestadas por debilidad, disminución de la fuerza muscular, alteraciones en la movilidad y estabilidad articular, lo que impacta de forma negativa en la calidad de vida.
CIF	<i>Funciones corporales:</i> (b10, b15) Movilidad y estabilidad articular. (b730) Fuerza muscular. (b760) Control de movimientos involuntarios. <i>Estructuras corporales:</i> (s720) Estructuras de miembro superior (hombro, brazo, y antebrazo). (s730) Estructuras relacionadas al movimiento de MS (músculos, tendones, ligamentos y fascia) <i>Actividades y participación:</i> (d430) Levantar y transportar objetos. (d920) Recreación y ocio.
APTA	<i>Dominio: Neuromuscular</i> Patrón F: Deficiencia de la función motora y la integridad sensorial, asociada con lesión de nervio periférico <i>Dominio: Musculoquelético</i> Patrón A: Prevención primaria-reducción de factores de riesgo para la desmineralización ósea. <i>Dominio: Cardiovascular y Pulmonar</i> Patrón A: Prevención primaria – reducción de factores de riesgo de desorden cardiovascular-pulmonar. <i>Dominio: Tegumentario</i> Patrón A: Prevención primaria/reducción de factores de riesgo de desórdenes tegumentarios.
Deficiencias, limitaciones y restricciones.	Deficiencias en la movilidad, estabilidad articular y control de los movimientos en miembro superior, con limitaciones en la coordinación, levantar y trasportar objetos, lo que a su vez restringe la participación en actividades interactivas recreacionales.
Instrumentos utilizados.	Escala de Mallet, escala de Daniels, Goniometría.

Intervención realizada						
Fase inicial		Semana 1-4				
Fases	Actividades	Series	Tiempo	Intensidad	Frecuencia	Evidencia
Calentamiento	Movilizaciones pasivas (flexión, extensión, abducción de hombro y movimientos de escápula).	3x10	10min	Leve	2xsem	
	Fase activa		Actividades funcionales mediadas por Realidad virtual enfocadas al boxeo, golpeo, alcance, coordinación y control de movimientos del miembro superior.	35min		Moderada
Periodo de descanso de 5 min						
Vuelta a la calma	Actividades de movilidad articular mediante juegos que incluían lanzamiento y atrapado.		10min	Leve		
Fase media		Semana 5-8				
Fases	Actividades	Series	Tiempo	Intensidad	Frecuencia	Evidencia

Calentamiento	Ejercicios isométricos para fortalecimiento muscular en movimientos de hombro.		10min	Leve		
Fase activa	Actividades para mejora de la coordinación óculo - manual, como lanzar y atrapar pelotas hacia dos direcciones integrado el boxeo por medio de la realidad virtual, exigiendo movimientos amplios, coordinados y precisos.	3x12	35min	Moderada	2xsem	 
Período de descanso de 5min						
Vuelta a la calma	Estiramientos progresivos, mantenidos acompañados de respiraciones controladas.		10min	Leve		
Fase final		Semana 8-12				
Fases	Actividades	Series	Tiempo	Intensidad	Frecuencia	Evidencia

Calentamiento	Movilización articular, y ejercicios de coordinación.		10min	Leve		
Fase activa	Se realizaron actividades funcionales por medio de la RV enfocadas al juego integrando los movimientos de lanzado, atrapado a través del béisbol de forma progresiva y controlada.	4x12	40min	Moderada /severa	2xsem	
Periodo de descanso de 5min						
Vuelta a la calma	Movimientos pasivos en sedente con asistencia.		5min	Leve		

Nota. Elaboración propia (2026).

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la intervención fisioterapéutica basada en RV y juegos interactivos sobre el desempeño muscular en un niño con LPB. En primer lugar, se evidenció una evolución favorable en la movilidad articular, la el desempeño muscular y la funcionalidad del miembro superior, lo cual permite analizar estos resultados según la evidencia científica.

En relación con la movilidad articular, los resultados mostraron un aumento en la amplitud de movimiento del hombro, codo y muñeca, lo cual indica una recuperación progresiva del control motor. Lo anterior, coincide con lo descrito por Chen et al. (2020), quienes demostraron que la RV favorece la repetición de movimientos orientados a tareas, incrementando el rango de movimiento en pacientes con alteraciones neuromotoras. De igual manera, los resultados obtenidos por Subramanian et al. (2020), afirman que los entornos virtuales permiten la práctica intensiva y específica del movimiento, facilitando la reorganización motora.

Por otro lado, en cuanto a la fuerza muscular, se evidenciaron incrementos en movimientos claves como la abducción de hombro y la flexión de codo, en este sentido Ghasemi y Hadadi (2023), encontraron que el entrenamiento con RV favorece significativamente la función muscular del miembro superior en pacientes neurológicos. Del mismo modo, coincide con lo planteado por Soleimani et al. (2024), quienes concluyeron que la RV contribuye al fortalecimiento muscular, mediante tareas funcionales repetitivas, lo que a su vez favorece el desempeño muscular, facilitando la ejecución eficiente de actividades motoras.

En cuanto a la funcionalidad del hombro, los avances observaron en la escala de Mallet, indican una mejora en la ejecución de movimiento funcionales y en la independencia del paciente para realizar actividades de la vida diaria, estos resultados son coherentes con el estudio de Phelan et al. (2021), quienes evidenciaron que la realidad virtual inmersas mejora la funcionalidad de miembros superior en población pediátrica al

promover la participación activa y la motivación durante la terapia. También, concuerdan con los hallazgos de Weiss et al. (2020), quienes destacan que los videojuegos terapéuticos facilitan la integración del movimiento en tareas funcionales reales.

En este sentido, el uso de juegos interactivos como el bateo, boxeo o lanzamiento y captura de pelota, favoreció la ejecución de movimientos en diferentes planos, promoviendo la coordinación y el control motor. Este enfoque se respalda en lo descrito por Bonnechére et al. (2020), quienes señalan que los exergames permite mejorar la función motora mediante actividades dinámicas y motivantes. Asimismo, coincide con lo planteado por Gao et al. (2021), quienes concluyen que los juegos interactivos aumentan la adherencia al tratamiento y potencian los resultados en rehabilitación.

Desde una perspectiva neurofisiológica, los resultados obtenidos pueden explicarse por los principios de la repetición, la motivación y la retroalimentación sensorial. En otras palabras, favorece la reorganización del sistema nervioso. Vale la pena señalar que, Kleim y Jones (2020) han descrito que la práctica intensiva y significativa es fundamental para generar cambios neuroplásticos, lo cual se ve facilitado por el uso de entornos virtuales.

Para finalizar, los resultados de esta investigación coinciden con la literatura actual al evidenciar que la RV y juegos interactivos, constituyen una estrategia efectiva para la rehabilitación de miembro superior. Lo anterior, sugiere que la integración de herramientas tecnológicas en fisioterapia no sólo mejorar desempeño muscular, sino que también incrementa la participación activa del paciente, lo cual es un aspecto fundamental para el éxito del proceso rehabilitador

11. CONCLUSIÓN

A partir de la intervención fisioterapéutica orientado en RV y juegos interactivos en un niño con LPB, se observaron cambios relevantes en cuanto al desempeño muscular y la funcionalidad del miembro superior derecho, los cuales fueron reflejados en la reevaluación. Estos cambios se manifestaron en la mejora de habilidades que antes estaban limitadas, como la realización de movimientos amplios, coordinados y con mayor control, facilitando así la participación en actividades funcionales.

Está intervención logró fortalecer elementos claves como la movilidad articular, la fuerza muscular y la coordinación óculo-manual, mostrando una mejor integración del miembro superior en tareas dirigidas. Asimismo, la incorporación de entornos de RV favoreció la repetición de movimientos en diversos planos y contextos, lo que permitió un aprendizaje motor y la adaptación funcional del paciente. De esta forma, el carácter dinámico e interactivo de estas herramientas aumentó la motivación, la participación activa durante todo el proceso terapéutico y la adherencia al tratamiento.

Estos avances, no se limitaron únicamente al aspecto físico, sino que también se observaron en la capacidad del niño para desenvolverse en actividades recreativas, facilitando la transferencia de habilidades adquiridas a contextos reales y promoviendo su interacción social.

En este sentido, se concluye que la intervención fisioterapéutica dirigida a la RV y juegos interactivos es una estrategia efectiva para optimizar el rendimiento muscular y funcional en pacientes con LPB, favoreciendo no solo la recuperación física, sino también la participación, motivación y la adherencia al tratamiento, los cuales radican en aspectos clave para el desarrollo integral del niño.

12. RECOMENDACIONES

A la universidad Antonio José de Sucre, a seguir creando entornos en donde se puedan llevar a cabo este tipo de intervenciones, así como seguir explorando e incorporando herramientas tecnológicas que contribuyan a los procesos de rehabilitación dinámicos e innovadores.

Al programa de fisioterapia, dar continuidad a distintos procesos de rehabilitación fisioterapéuticos orientados a tareas funcionales en contextos reales, que permitan poner en práctica las habilidades adquiridas durante la intervención.

Finalmente, se recomienda involucrar a los padres de familia en el proceso, brindando una educación clara y pertinente de las actividades realizadas, con el fin de ser replicadas en el hogar y de esta forma, complementar su proceso de recuperación.

13. REFERENCIAS

- Alotaibi, M. S. (2024). Game-based learning in early childhood education: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers In Psychology, 15*, 1307881. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1307881>
- Altukhaim, K., Alhazzani, A., Hammad, M., Riaz, A., Alraddadi, M., Alshehri, A., Alsharif, A., & Asiri, F. (2025). Immersive virtual reality enhanced reinforcement induced physical therapy (EVEREST). *Displays, 83*, 102962. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2024.102962>
- Amin, F., Waris, A., Iqbal, J., Gilani, S. O., Ur Rehman, M. Z., Mushtaq, S., Khan, N. B., Khan, M. I., Jameel, M., & Tamam, N. (2024). Maximizing stroke recovery with advanced technologies: A comprehensive assessment of robot-assisted, EMG-controlled robotics, virtual reality, and mirror therapy interventions. *Results in Engineering, 21*, 101725. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101725>
- Aran, O. T., et al. (2020). Effectiveness of virtual reality-based cognitive rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31658111/>
- Araujo, G. G. C., Pontes-Silva, A., Da Cunha Leal, P., Gomes, B. S., Reis, M. L., De Mello Pereira Lima, S. K., Fidelis-De-Paula-Gomes, C. A., & Dibai-Filho, A. V. (2024). Goniometry and fleximetry measurements to assess cervical range of motion in individuals with chronic neck pain: a validity and reliability study. *BMC Musculoskeletal Disorders, 25*(1), 651. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07775-6>
- Ayres, A. J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Western Psychological Services.
- Belviso, I., Palermi, S., Sacco, A. M., Romano, V., Corrado, B., Zappia, M., & Sirico, F. (2020). Brachial plexus injuries in sport medicine: Clinical evaluation, diagnostic approaches, treatment options, and rehabilitative interventions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 5*(2), 22. <https://doi.org/10.3390/jfmk5020022>

- Bhandari, P. S., Sadhotra, L. P., Bhargava, P., Bath, A. S., Mukherjee, M. K., Bhatti, T. S., & Maurya, S. (2020). Management of traumatic brachial plexus injuries in adults. *Indian Journal of Plastic Surgery*, 53(3), 302–312.
- Bharathi, V. M., Manimegalai, P., George, S. T., Pamela, D., Mohammed, M. A., Abdulkareem, K. H., Jaber, M. M., & Damaševičius, R. (2024). A systematic review of techniques and clinical evidence to adopt virtual reality in post-stroke upper limb rehabilitation. *Virtual Reality*, 28(4). <https://doi.org/10.1007/s10055-024-01065-1>
- Boetto, V., Markova, A., Malgrati, F., Bongiovanni, I., Bassetto, A., Pavese, C., Nardone, A., Massazza, G., Colò, G. y Titolo, P. (2024). Tratamiento conservador de la parálisis del plexo braquial neonatal: una revisión narrativa. https://www.mdpi.com/2077-0383/13/24/7826?utm_source
- Bonino, A. Y., Goodwich, S. F., & Mood, D. (2024). Prevalence and Characteristics of Developmental Disabilities Among Children Who Receive Hearing Health Care. *American Journal Of Audiology*, 34(1), 60-71. https://doi.org/10.1044/2024_aja-24-00118
- Bonnechère, B., Jansen, B., Omelina, L., & Van Sint Jan, S. (2020). The use of commercial video games in rehabilitation: A systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research*, 43(1), 1–10.
- Bravo Díaz, A. G., Peña-López, L. A., Parada-Gereda, H. M., & Libreros Arciniegas, M. (2026). Evaluación del desempeño muscular periférico en adultos en unidad de cuidado intensivo: una revisión de alcance. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2025.100585>
- Buckner, S. L., Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Counts, B. R., & Loenneke, J. P. (2021). The problem of muscle hypertrophy: Revisited. *Sports Medicine*, 51(4), 697–709. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01386-1>
- Carrington, L., Hale, L., Freeman, C., Smith, D., & Perry, M. (2023). The effectiveness of play as an intervention using International Classification of Functioning outcome measures for children with disabilities – a systematic review and meta-synthesis. *Disability And Rehabilitation*, 46(17), 3827-3848. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2259305>

- Cavdar, F. A., Demir, B., Uz, L., Ayhan, Ö., & Mustafaoglu, R. (2023). Effects of Virtual Reality Applications on Children with Obstetric Brachial Plexus Injury: A Systematic Review. *International Journal of Basic and Clinical Studies*, 12(1), 42–56. <https://www.ijbcs.com/ijbcs/article/view/ijbcs12105>
- Chan, K.-L. R., & Ouyang, G. (2024). Impact of child-centered play therapy intervention on children with autism reflected by brain EEG activity: A randomized controlled trial. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 112, 102336. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102336>
- Chauhan, S. P., Blackwell, S. C., & Ananth, C. V. (2020). Neonatal brachial plexus palsy: Incidence and risk factors. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 222(2), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.08.041>
- Chen, Y., Fanchiang, H. D., & Howard, A. (2020). Effectiveness of virtual reality in children with cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*, 23(4), 246–256. <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1681379>
- Cheng, L., Hidayat, R., & Mahat, J. (2025). Immersive and interactive learning: A systematic review of virtual reality in primary education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(16), 163–188.
- Choi, J. Y., Kim, H., Lee, B. H., & Kim, Y. H. (2020). Virtual reality-based rehabilitation for upper extremity function in children with brain injury: A multicenter randomized clinical trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(12), 1428–1435. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14688>
- Coronado-Ahumada, K. J., Están-Marquez, A. F., Natera-Panza, B., De la Hoz-Lara, R. A., & Salas-Viloria, K. E. (2021). El Valor Agregado de la Realidad Virtual en Tratamientos de Rehabilitación Muscular. *Revista Lasallista de Investigación*, 18(2), 239-257. <https://doi.org/10.22507/rli.v18n2a16>
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., Rumsey, J. M., Hicks, R., Cameron, J., Chen, D., Chen, W. G., Cohen, L. G., deCharms, C., Duffy, C. J., Eden, G. F., Fetz, E. E., Filart, R., Freund, M., Grant, S. J., ... Vinogradov, S. (2021). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591–1609. <https://doi.org/10.1093/brain/awr039>

- Cruz, C. (2024). Qué es: Goniometría. <https://amorsystemic.com/glossario/que-es-goniometria-definicion-y-aplicacione>
- Dávila-Moran, R. C. (2024). Uso de la realidad virtual en la rehabilitación física: una revisión sistemática. *Retos*, 61. <https://revistaretos.org/index.php/retos/article/view/110044/80278>
- De Francesco, C. J., Mahon, S. J., Desai, V. M., Pehnke, M., Manske, M. C., & Shah, A. S. (2024). Epidemiology of Brachial Plexus Birth Injury and the Impact of Cesarean Section on Its Incidence. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000002800>
- De Miguel-Rubio, A., et al. (2023). Effectiveness of virtual reality on upper limb function in children with obstetric brachial plexus palsy: A systematic review and meta-analysis. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37499213/>
- De Santana Chagas, A. C., Wanderley, D., De Oliveira Ferro, J. K., De Moraes, A. A., De Souza, F. H. M., Da Silva Tenório, A., & De Oliveira, D. A. (2021). Physical therapeutic treatment for traumatic brachial plexus injury in adults: A scoping review. *PM&R*, 14(1), 120-150. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12566>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum Press.
- Domingo, B., et al. (2023). Personalized Use of an Adjustable Movement-Controlled Video Game in Obstetric Brachial Plexus Palsy during Physiotherapy Sessions at School: A Case Report. Texto completo en PMC:<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10379120/>.
- Dy, C. J., Mackinnon, S. E., & Yee, A. (2021). Management of peripheral nerve injuries. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 103(4), 362–371. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01269>
- Edwar, S. Narayanan, K. Parasnth, K. (2025). Discapacidad física y su impacto global en la calidad de vida, las actividades de la vida diaria y la calidad del sueño: una revisión narrativa. PMC PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12659716/>
- El-Shamy, S., & Alsharif, R. (2017). Effect of virtual reality versus conventional physiotherapy on upper extremity function in children with obstetric brachial plexus

- injury. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 17(4), 319–326.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5749040/>
- Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*, 196(4286), 129–136. <https://doi.org/10.1126/science.847460>
- Enríquez-Canto, Y., Pizarro-Mena, R., Ludueña-Hernández, K., Alexandre-Vergara, K., Riveros-Basoalto, G., & Dresdner-Figueroa, A. (2025). Use of virtual reality in upper extremity rehabilitation of adults after stroke and its effect on functionality: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 105(9), pzf103.
<https://doi.org/10.1093/ptj/pzf103>
- Fang, Q., Chen, B., Li, H., & Huang, X. (2022). The effectiveness of exergaming interventions on improving motor function in children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3215.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19063215>
- Gao, Z., Zhang, D., & Zhang, T. (2021). Exergaming in rehabilitation: A systematic review. *Games for Health Journal*, 10(3), 1–10.
- Ghasemi, M., & Hadadi, M. (2023). Comparison of virtual reality and routine therapy on upper limb function in stroke patients. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 48(2), 103–111.
- Gómez, L. S., Palazuelos, S. J., Lumbreras, M. M., Lombardero, E. M., Viso, A. M., & Llorente, R. P. A. (2025). Parálisis braquial obstétrica: incidencia, evolución clínica y tratamiento multidisciplinar en un hospital de tercer nivel. *Boletín de Pediatría*, 64(270), 273-280. <https://doi.org/10.63788/85wyxk75>
- Gurjão, F. S. H. B. A. N., Da Silva Carvalho, A. C. D. R. B. M. L. P. D. H. M. C., & De Andrade Filho, E. P. (2021). Revisão literária sobre lesões do plexo braquial.
<https://periodicos.ufc.br/eu/article/view/79786>
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Wiley.
- Henry, F. M. (1960). Studies of practice: The problem of improvement. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 31(4), 703–725.
<https://doi.org/10.1080/10671188.1960.10613079>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva,

- correlacional o explicativa. *Metodología de La Investigación*, 76–88.
<http://www.casadelibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
- Hernández. (2017). Estudios epidemiológicos: tipos, diseño e interpretación. *Enfermedad Inflamatoria Intestinal Al Día*, 16(3), 98-105.
<https://doi.org/10.1016/j.eii.2017.03.001>
- Hill, B., Rhee, P., & Joseph, B. (2021). Traumatic brachial plexus injuries: Current concepts in diagnosis and management. *Orthopedic Clinics of North America*, 52(3), 301–312.<https://doi.org/10.1016/j.ocl.2021.03.001>
- Hlustik, P., Solodkin, A., & Noll, D. C. (2021). Cortical plasticity after peripheral nerve injury. *Neuroscience Letters*, 749, 135709.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.135709>
- Howard, M. C. (2022). A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. *Computers in Human Behavior*, 126, 106999.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106999>
- Hsieh, Y.-W., Howe, T.-H., Lee, M.-T., Tai, R.-Y., & Chen, C.-C. (2025). Design and usability evaluation of an immersive virtual reality mirrored-hand system for upper limb stroke rehabilitation. *Scientific Reports*, 15, 5781.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-90698-6> <https://doi.org/10.1055/s-0040-1710345> <https://doi.org/10.3390/app12094567>
- Isaacs, J. (2021). Treatment of acute peripheral nerve injuries: Current concepts. *Journal of Hand Surgery*, 46(9), 768–776.<https://doi.org/10.1016/j.jhssa.2021.05.010>
- Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., & Sawyer, B. D. (2021). The effects of virtual reality immersion on cognitive performance. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(11).
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3058577>
- Karas, E., Atıcı, E., Aydın, G. y Demirsöz, M. (2022). Los efectos de la realidad virtual en las extremidades superiores de pacientes con lesión obstétrica del plexo braquial.
https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0041-1724100?utm_source

- Khan, M., Siddiqui, S., & Khan, S. (2022). Virtual reality in rehabilitation: A review of current applications and future perspectives. *Applied Sciences*, 12(9), 4567.
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2020). Principles of experience-dependent neural plasticity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(11), 3743–3753. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00020
- Komariah, K. (2024). The influence of virtual reality-based physical therapy on motor learning in pediatric rehabilitation: Review study. *International Journal of Health Sciences Research*, 14(1), 88–96.
- Koukourikos, K., Tsaloglidou, A., Tzeha, L., Iliadis, C., Frantzana, A., Katsimbeli, A., & Kourkouta, L. (2021). An Overview of Play Therapy. *Materia Socio Medica*, 33(4), 293. <https://doi.org/10.5455/msm.2021.33.293-297>
- Kourtesis, P., Collina, S., Doumas, L. A. A., & MacPherson, S. E. (2020). Technological competence and usability of virtual reality. *Journal of Medical Internet Research*, 22(12), e21486. <https://doi.org/10.2196/21486>
- Lerma-Castaño, P. R., et al. (2022). Virtual reality in gait rehabilitation in children with spastic cerebral palsy <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmn/v23n1/2604-6180-rmn-23-1-29.pdf>. (Ejemplo regional de uso de VR en rehabilitación pediátrica)
- Liao, Y. Y., Chen, Y. C., & Li, C. Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based training on motor function and balance in patients with neurological disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1879. <https://doi.org/10.3390/jcm9061879>
- Lopes, J. B. P., Duarte, N. A. C., Lazzari, R. D., & Oliveira, C. S. (2020). Virtual reality in the rehabilitation process for individuals with cerebral palsy and Down syndrome: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(4), 479–483. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2018.06.006>
- Losa, M., Verrelli, C. M., Gentile, A. E., Ruggieri, M., & Polizzi, A. (2022). Gaming technology for pediatric neurorehabilitation: A systematic review. *Frontiers in Pediatrics*, 10, 775356. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.775356>
- Mallet, J. (1972). Obstetrical paralysis of the brachial plexus. II. Treatment of sequelae. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, 58(Suppl 1), 166–168.

- Marzaleh, M. A., Peyravi, M., Azhdari, N., Bahaadinbeigy, K., Sharifian, R., Samad-Soltani, T., & Sarpourian, F. (2022). Virtual reality applications for rehabilitation of COVID-19 patients: A systematic review. *Health Science Reports*, 5(6), e853. <https://doi.org/10.1002/hsr2.853>
- Maya, G. F., Soriano, L. E. L., & Nuño, A. M. (2021). Parálisis Obstétrica del plexo braquial. *Acta Pediátrica de México*, 42(2), 85. <https://doi.org/10.18233/apm42no2pp85-882223>
- Medical Research Council. (1976). Aids to the examination of the peripheral nervous system. Her Majesty's Stationery Office.
- Menekseoglu, A. K., Capan, N., Arman, S., & Aydin, A. R. (2023). Effect of a virtual reality-mediated gamified rehabilitation program on upper limb functions in children with hemiplegic cerebral palsy: A prospective, randomized controlled study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 102(3), 198–205. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002060>
- Midha, R. (2022). Epidemiology of brachial plexus injuries in a multitrauma population. *The Lancet Neurology*, 21(1), 67–76. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00386-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00386-6)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). Boletines poblacionales: Personas con discapacidad. Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). Boletines poblacionales: Personas con discapacidad. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/boletines-poblacionales-personas-discapacidad-dic-2020.pdf?utm_source=.com
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341–360). Martinus Nijhoff.
- Noland, S. S., Bishop, A. T., & Spinner, R. J. (2020). Adult traumatic brachial plexus injuries. *Hand Clinics*, 36(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2019.08.001>
- Norkin, C. C., & White, D. J. (2016). *Measurement of joint motion: A guide to goniometry* (5th ed.). F.A. Davis Company.
- Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M., Paton, M. C. B., Popat, H., Shore, B., & Te Velde, A. (2020). State

- of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Olusanya, B. O., Kancherla, V., Shaheen, A., Ogbo, F. A., & Davis, A. C. (2022). Global and regional prevalence of disabilities among children and adolescents: Analysis of findings from global health databases. *Frontiers In Public Health*, 10, 977453. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.977453>
- Ouzounian, J. G., Korst, L. M., & Phelan, J. P. (2022). Risk factors for neonatal brachial plexus injury. *Seminars in Perinatology*, 46(1), 151540. <https://doi.org/10.1016/j.semperi.2021.151540>
- Overland, E. A., Spydslaug, A. E., & Vatten, L. J. (2021). Shoulder dystocia and brachial plexus injury: A population-based study. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 100(6), 1107–1114. <https://doi.org/10.1111/aogs.14068>
- Palomo, R. y Sánchez, R. (2020). Fisioterapia aplicada a la extremidad superior en niños de 0 a 10 años con parálisis braquial obstétrica: una revisión sistemática. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32583409/>
- Parsons, T. D. (2009). Virtual reality in paediatric rehabilitation: A review. *Developmental Neurorehabilitation*, 12(6), 436–441. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19842822/>
- Petersen, T. H., Willerslev-Olsen, M., Conway, B. A., & Nielsen, J. B. (2022). Motor learning in rehabilitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 821004. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.821004>
- Phelan, I., Lennon, O., & O'Neill, C. (2021). Immersive virtual reality in rehabilitation: A feasibility study. *Clinical Rehabilitation*, 35(3), 1–10.
- Polcaro, L., Charlick, M., & Daly, D. T. (2023). Anatomy, Head and Neck: Brachial Plexus. *StatPearls - NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531473/>
- Pondaag, W., & Malessy, M. J. A. (2021). Outcome of brachial plexus birth injury. *Neurosurgery Clinics of North America*, 32(3), 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2021.02.009>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements,

- lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ravi, D. K., Kumar, N., & Singhi, P. (2017). Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*, 20(3), 192–201.
<https://doi.org/10.1080/17518423.2016.1148138>
- Ray, W. Z., & Mackinnon, S. E. (2020). Management of nerve injuries: A modern approach. *Neurosurgery Clinics of North America*, 31(2), 173–180.
<https://doi.org/10.1016/j.nec.2019.12.001>
- Riva, G., & Wiederhold, B. K. (2020). The new dawn of virtual reality in health care: Medical simulation and experiential interface. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 18, 3–10. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-930-9-3>
- Segura, O. M. E., & Pinilla-Roncancio, M. (2024). Disability, poverty and health-service accessibility in the context of the COVID-19 pandemic: a population-based repeated cross-sectional study in Colombia. *BMJ Open*, 14(10), e088605.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-088605>
- Shah, V., Coroneos, C. J., & Ng, E. (2021). The evaluation and management of neonatal brachial plexus palsy. *Paediatrics & Child Health*, 26(8), 493-497.
<https://doi.org/10.1093/pch/pxab083>
- Silloca, G. (2024). Escala de Daniels. <https://es.scribd.com/document/795282908/Escala-de-Daniels>
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2025.10.007>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2021). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 74.
<https://doi.org/10.3389/frobt.2021.647424>
- Stanmore, E., Mavroei, A., de Jong, L. D., Skelton, D. A., & Sutton, C. J. (2021). The effectiveness and cost-effectiveness of strength and balance exergames to reduce falls risk in older adults. *BMC Medicine*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01821-6>
- Smythe, Chen, Rotenberg, T., Shanquan, Sara. (2024). ¿Los niños con discapacidad tienen las mismas oportunidades de jugar que los niños sin discapacidad? Evidencia de encuestas de indicadores múltiples por conglomerados en 38 países de ingresos bajos y medios. *ELSEVIER*, 67.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589537023005382?utm_source=3.com

- Soares, J. R., Stieven, F. F., Rocha, C. S. D. S., & Miranda, I. F. (2025). Reliability of Manual Muscle Testing in Applied Kinesiology: A Systematic Review. *Journal Of Manipulative And Physiological Therapeutics*, 48(6-9), 862-870.
- Soledad, M., Alfonso, N. E., & Cucunubá, Y. (2025). Juegos interactivos digitales: una estrategia de lectoescritura para preescolar. *Revista Espacios*, 46(2), 328–341.
<https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n02p25>
- Soleimani, M., Ghazisaeedi, M., & Heydari, S. (2024). The efficacy of virtual reality for upper limb rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24, 135. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02534-y>
- Subramanian, S. K., Levin, M. F., & Adamovich, S. V. (2020). Virtual reality environments for post-stroke arm rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00717-x>
- Teo, W. P., Muthalib, M., & Yamin, S. (2023). Does a combination of virtual reality, neuromodulation and neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation? *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 1122334.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1122334>
- Trujillo, A., Pérez, J., & Ramírez, L. (2022). Physiotherapy in neonatal brachial plexus injury: A review of current evidence. *Children*, 9(8), 1150.
<https://doi.org/10.3390/children9081150>
- Wadley, C., & Stagnitti, K. (2024). Implementation of Learn to Play Therapy for Children in Special Schools. *American Journal Of Occupational Therapy*, 78(4).
<https://doi.org/10.5014/ajot.2024.050434>
- Wang, X., Li, Y., Fan, Z., & Liu, C. (2022). Effectiveness of virtual reality-based interventions on cognitive rehabilitation after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, 13, 906455.
<https://doi.org/10.3389/fneur.2022.906455>

- Weiss, P. L., Rand, D., & Katz, N. (2020). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 1–12.
- Werner, J. M., Berggren, J., Loiselle, J., & Lee, G. K. (2020). Constraint-induced movement therapy for children with neonatal brachial plexus palsy: a randomized crossover trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(5), 545-551. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14741>
- Wondmagegn, T., Girma, B., & Habtemariam, Y. (2024). Prevalence and determinants of developmental delay among children in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers In Public Health*, 12, 1301524. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1301524>
- Yanes, S. V., Sandoval, D. E., Camero, A. D y Ojeda, D. L. (2014). Parálisis braquial obstétrica en el contexto de la rehabilitación física temprana. *Medisur* . 12, 635-649. <https://www.scielo.sld.cu/pdf/ms/v12n4/ms08412.pdf>
- Yang, L. J. S. (2022). Brachial plexus injury: Mechanisms and management strategies. *Neurosurgery Clinics of North America*, 33(2), 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2021.11.002>
- Yang, L. J. S., Chang, K. W., Chung, K. C., & Spinner, R. J. (2021). Brachial plexus injury: Current concepts. *Neurosurgery Clinics of North America*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2020.11.002>
- Yeves, A., Zuñil, J., Martínez, C., Romay, H., Ferri, A. y Palomo, R. (2020). Terapias con espejo de realidad virtual y convencional en la parálisis braquial obstétrica superior: un estudio piloto aleatorizado. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7563545/>

Anexos

Anexo a. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado/a padre de familia:

Su hijo, hija o acudido hace parte de un grupo poblacional para participar en el proyecto de investigación titulado "Intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos para mejorar el desempeño muscular en niño con lesión de plexo braquial: caso clínico", el cual está a cargo de las docentes del programa de fisioterapia de la Corporación Universitaria Antonio José de Sucre (Corposucre) Jhon Gonzales y Claudia Pachón. Adicionalmente, Yoendis Escudero y Kendry Vasquez del programa de fisioterapia de Corposucre harán parte del equipo de investigación, quienes estarán bajo la supervisión constante de las docentes.

¿Cuál es el propósito de esta investigación y en qué consiste?

El proyecto tiene como propósito determinar la importancia de la intervención fisioterapéutica mediante el uso de la realidad virtual y juegos interactivos en la mejora del desempeño muscular. El objetivo de las visitas o de esa intervención es implementar un ejercicios terapéuticos estructurados que incluyan ejercicios guiados, juegos interactivos con herramientas tecnológicas orientadas a favorecer la fuerza, movilidad y funcionalidad del miembro.

¿Qué beneficios puede tener la participación de su hijo, hija o acudido?

La participación de su hijo, hija o acudido es fundamental para contribuir a su mejora, desempeño muscular, movilidad y la funcionalidad del miembro superior afectado, fortaleciendo su motivación, adherencia al tratamiento y participación activa en el proceso de rehabilitación.

¿Qué riesgos tiene la participación de su hijo/hija/acudiente en esta investigación?

Toda la información que sea recolectada durante el proyecto se mantendrá de manera anónima y confidencial durante todo el proceso de investigación, siempre y cuando no atente contra el bienestar de ninguno de los miembros involucrados, en cuyo caso se informará a las entidades pertinentes. En este sentido, su nombre NO aparecerá en los informes publicados y los resultados solo serán empleados para fines investigativos. Una vez finalizado el proceso de investigación, los resultados de la investigación serán compartidos con ustedes y les será entregado un certificado reconociendo su participación voluntaria en la investigación.

Los docentes Jhon Gonzales Salgado identificado (a) con cédula de ciudadanía N° 92525573 y Claudia Pachón Flórez, con cédula de ciudadanía N° 64570318, nos comprometemos a cumplir lo planteado anteriormente.

Una vez informada/o acerca del propósito, la metodología y los beneficios de esta investigación, le agradecemos que nos informe si acepta que su hijo, hija o acudido, haga parte de este estudio. Tenga en cuenta que usted es libre y autónoma/o para tomar esta decisión, y que la participación es totalmente voluntaria, por lo que en caso de aceptar su participación, esta podrá ser interrumpida en el momento en que lo considere pertinente. Si tiene alguna duda sobre lo manifestado en la reunión de socialización o en este documento, esta será amablemente respondida por nosotras.

Para diligenciamiento del padre de familia o participante del estudio

OTORGA el/la Sr./Sra. Erika Marcela de Hoyos Lambartino con C.C. 1062679059 su consentimiento para la participación del/la menor Elián de Hoyos en la actual investigación.

Nota. Centro de investigación Corporación Universitaria Antonio José de Sucre (2026).

Anexo b. Carta del comité de ética y bioética.

Antonio José de Sucre
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

Sincelejo, marzo 09 del 2026

Apreciado estudiante (s).

Escudero Mercado Yoendis Marcela

Vásquez Matos Kendry Johana

Cordial saludo.

El comité de ética y bioética de la institución, avala el proyecto titulado *Intervención fisioterapéutica con realidad virtual y juegos interactivos para mejorar el desempeño muscular en niño con lesión de plexo braquial. estudio de caso*, presentado al comité de ética y bioética

Se adjunta el consentimiento informado, para los proyectos que involucren infantes y adultos. Les agradecemos hacer uso de ellos cuando realice su investigación.

Para futuras convocatorias, cuando redacte la metodología tenga en cuenta los siguientes puntos:

1. Claridad en los riesgos de la investigación según la Resolución 8430 de 1993 y mostrar cómo van a minimizar los riesgos presentes.
2. Detalle el manejo que se dará a la información obtenida durante y una vez finalizado el proyecto de investigación.
3. En la metodología menciona el consentimiento informado y explica el proceso de implementación.

Presidente del Comité de Investigación y Ética

Nota. Centro de investigación Corporación Universitaria Antonio José de Sucre (2026).

Anexo c. Instrumentos

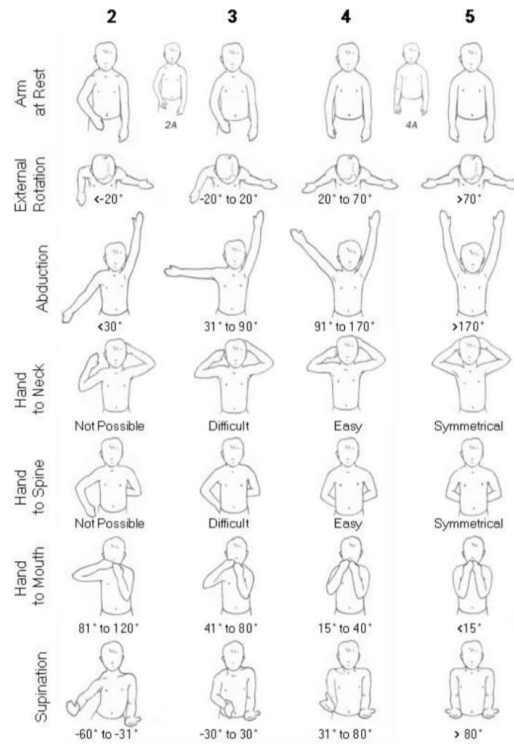
Escala de Daniels.

ESCALA	CRITERIO DE EVALUACIÓN
0	No se palpa contracción (parálisis)
1	Contracción sostenida, no movimiento
+1	Inicia movimiento sin gravedad
-2	Mitad o dos tercios del arco del movimiento sin gravedad
2	Arco de movimiento completo sin gravedad
+2	Inicia movimiento contra gravedad
-3	Mitad o dos tercios del arco del movimiento contra gravedad
3	arco completo de movimiento contra gravedad
+3	Arco completo de movimiento contra gravedad y ligera resistencia
-4	Arco completo de movimiento contra gravedad y mediana resistencia
4	Arco completo de movimiento contra gravedad y resistencia
+4	Arco completo de movimiento contra gravedad y resistencia sostenida
5	Arco completo de movimiento contra gravedad y máxima resistencia

Nota. Medical Research Council (1976).

Anexo d. Instrumentos.

Escala de Mallet.



	II 2 puntos por ítem	III 3 puntos por ítem	IV 4 puntos por ítem
Rotación externa	0°	<20°	>20°
Abducción activa	<30°	Entre 30° y 90°	>90°
Mano boca	Signo de la trompeta	Leve signo de la trompeta	Sin signo de la trompeta
Mano nuca	Imposible	Con dificultad	Fácil
Mano espalda	Imposible	Con dificultad	Fácil

Nota. Mallet (1972).

Anexo e. Instrumentos.

Goniometria.

ARTICULAÇÃO DO OMBRO			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Flexão			0 – 180°
Extensão			0 – 45°
Abdução			0 – 180°
Adução			0 – 40°
Rotação interna			0 – 90°
Rotação externa			0 – 90°
ARTICULAÇÃO DO COTOVELO			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Flexão			0 – 145°
Extensão			145 – 0°
ARTICULAÇÃO DO PUNHO			
Flexão			0 – 90°
Extensão			0 – 70°
Desvio radial			0 – 20°
Desvio ulnar			0 – 45°
ARTICULAÇÃO DO QUADRIL			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Flexão			0 – 125°
Extensão			0 – 10°
Abdução			0 – 45°
Adução			0 – 15°
Rotação Interna			0 – 45°
Rotação Externa			0 – 45°
COLUNA LOMBAR			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Flexão			0 – 95°
Extensão			0 – 35°
Flexão lateral			0 – 40°
Rotação			0 – 35°
ARTICULAÇÃO DO JOELHO			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Flexão			0 – 140°
Extensão			140 – 0°
ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO			
MOVIMENTO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	GRAU DE MOVIMENTO
Dorsiflexão			0 – 20°
Plantiflexão			0 – 45°

Nota. Norkin y White (2016)