



# Telerehabilitación funcional en entornos virtuales interactivos como propuesta de rehabilitación en pacientes con discapacidad

## Functional telerehabilitation based on interactive virtual environments as a rehabilitation proposal for patients with disabilities

BARRIOS, Meryene [1](#); RODRIGUEZ, Liliana [2](#); PACHÓN, Claudia [3](#); MEDINA, Boris [4](#) y SIERRA, Javier E. [5](#)

Recibido: 26/07/2018 • Aprobado: 11/07/2019 • Publicado 22/07/2019

### Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Telerehabilitación](#)

[4. Resultados](#)

[5. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

Las condiciones de discapacidad cada vez son más comunes en la población, es por esto que permanentemente se está evolucionando en el diseño e implementación de sistemas de telerehabilitación funcional en entornos virtuales interactivos y tecnologías biomédicas, que puedan ser adicionados por las entidades prestadoras de servicio de salud. La identificación de investigaciones en el tema, permite conocer los avances tecnológicos que se están utilizando en la rehabilitación y de esta forma poder analizar si existe evidencia científica que demuestre que estas alternativas de tratamiento ayudan a mejorar la condición de salud de los pacientes.

**Palabras clave:** Telerehabilitación, discapacidad, realidad virtual, gestión en salud

#### ABSTRACT:

Disability conditions are becoming more common in the population, which is why telemedicine are constantly evolving in the design and implementation of a functional telerehabilitation system based on interactive virtual environments and biomedical technologies, which can be added by the service providers of health. The identification of research in the subject, allows to know the technological advances that are being used in neurological rehabilitation and in this way to be able to analyze if there is scientific evidence that allow us that these treatment alternatives help to improve the health condition of patients.

**Keywords:** Telerehabilitation, disability, virtual reality, health management

## 1. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud, más de 1.000 millones de personas viven con

algún tipo de discapacidad, esta cifra representa alrededor del 15% de la población mundial (OMS, 2011). De ahí la importancia de la terapia física, donde se busca la rehabilitación a nivel neurológico y osteo-sistémico.

La rehabilitación física es una de las herramientas fundamentales en la rehabilitación de pacientes que presentan secuelas de alteraciones neurológicas. Después de este tipo de trastornos, más del 50% de las personas quedan con limitaciones en la funcionalidad de sus extremidades superiores (Mihelj et al., 2012; Budziszewski, 2013). Sin embargo, esta afirmación aún no está evidenciada y no se conoce con certeza cual extremidad se afecta más que la otra. Dado que en primera instancia se afecta el sistema nervioso y, dependiendo el tipo de lesión y que estructura de este se altere así mismo, se verán las secuelas, que pueden ser desde las más leves como una monoparesia hasta las más graves como las cuadriplejias.

Las sesiones de terapia física se basan en ejercicios de estimulación que pretenden activar y reactivar ciertas conductas, movimiento o acciones de un paciente con deficiencias, limitaciones o discapacidades. Estos ejercicios deben ser acompañados de medios físicos como el calor, frío, agua, entre otros conjuntos de técnicas que se emplean para rehabilitar a pacientes. Se estima que una constante repetición de los movimientos, al igual que la carga física que conllevan las terapias, provocan una falta de motivación, al verse inmersos en una serie de actividades cíclicas, desarrollando cierta renuencia y apatía. Todo esto produce, en algunos casos, el abandono de las terapias físicas y por ende se reduce la calidad de vida de estas personas. En los estudios revisados, como se mencionó anteriormente en cuanto a sus resultados no fueron consistentemente significativos, así mismo no se encontraron datos estadísticos que muestren el porcentaje de pacientes que no abandonan la terapia y su continuidad en ella.

Se ha buscado sacar provecho de los valores positivos de los juegos y los videojuegos, ya que consiguen brindar diversos tipos de tratamientos (González et al., 2014). Gracias a los avances en la tecnología, el aumento de la velocidad de las telecomunicaciones y la disminución de los costos de hardware y software informáticos se ha ampliado drásticamente en los últimos años la telerehabilitación (Dorsey et al., 2013). Desafortunadamente no se conocen aún estudios que revelen los porcentajes de preferencia entre la telerehabilitación y la rehabilitación clásica.

La rehabilitación se ha valido del concepto de la realidad virtual para mejorar las alternativas y opciones para nuevos tratamientos, que estimulen los resultados de las terapias físicas, posibilitando así que la persona tenga una mejor experiencia en la actividad física realizada dentro de su tratamiento, y en el caso de los pacientes de rehabilitación motriz lograr la atención, concentración y diversión del paciente en las tareas que debe ejecutar (Chen et al., 2015).

El juego además de ser sinónimo de diversión, es gestor de enseñanza, utilizado para mejorar las habilidades específicas en las personas, por ejemplo, en el aprendizaje, la comunicación, la salud, otros. Motivo por el cual su impacto en la mayor parte de la población es positivo.

Esta revisión muestra la tecnología empleada en rehabilitación y si estas nuevas alternativas de tratamiento, mejoraron la condición de salud del paciente neurológico.

---

## 2. Metodología

Con el fin de analizar el uso de la telerehabilitación en pacientes con discapacidad, se realiza una revisión de aspectos cualitativos de estudios primarios sobre el uso de dispositivos biomédicos en pacientes en condición de discapacidad. Para el análisis se ha realizado inicialmente el planteamiento de los objetivos y el alcance de la revisión. Se incluyen artículos de investigación originales y revisiones bibliográficas de bases de datos de revistas indexadas como: Scielo, Science Direct y EBSCOhost. Además, se han considerado para la búsqueda motores como Google Scholar. Los criterios de inclusión de los artículos correspondieron a las palabras claves del proyecto como lo fueron "telerehabilitación", "Virtual reality as a therapeutic modality", "video juegos" en el idioma español e inglés,

publicados desde el año 2010 hasta el año 2018 y que tuviesen la opción de acceso completo a la publicación. Se permitió el uso de artículos de corte transversal o longitudinal y se excluyeron de la búsqueda artículos con énfasis en uso de tecnología para el diagnóstico de discapacidad.

Posterior a la revisión de los artículos encontrados, se seleccionaron aquellos que cumplieron con los criterios mencionados. Con el objetivo de consolidar y facilitar la comprensión de la información se diseñó una matriz analítica con aspectos relevantes como título del artículo, número de pacientes estudiados, objetivos, metodología, resultados alcanzados y conclusiones de cada estudio.

---

### **3. Telerehabilitación**

La telemedicina permite a las entidades prestadoras de servicios de salud aprovechar las tecnologías de la información, la imagen de video y los enlaces de telecomunicaciones para ofrecer servicios de salud a distancia. Esto ha permitido la evolución de los equipos biomédicos.

La Telerehabilitación es considerada un subcomponente de la telemedicina y se refiere a la aplicación clínica de servicios consultivos, preventivos, diagnósticos y terapéuticos a través de tecnologías de telecomunicaciones interactivas bidireccionales (Laver et al., 2013).

La telerehabilitación es una alternativa a los servicios de rehabilitación ambulatorios de atención habitual. También puede servir como una alternativa a la rehabilitación "domiciliaria", que requiere que el terapeuta tratante o el clínico viaje al hogar del paciente, ya que permite reducir o eliminar las barreras relacionadas con el tiempo de viaje y los gastos relacionados con los viajes, dando la posibilidad potencial de mejorar el acceso a la rehabilitación de pacientes, por ejemplo, con accidente cerebrovascular (Dorsey et al., 2013; Marzano et al., 2017). La telerehabilitación puede dividirse en tres categorías principales: basada en imágenes, basada en sensores y la basada en tecnologías virtuales (Langberg et al., 2014). Recientemente, se ha introducido la noción de telerehabilitación social para distinguir la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a la esfera de la rehabilitación social (Marzano et al., 2015).

Las terapias a través de un escenario virtual parecen fomentar el aprendizaje motor, la retención de las habilidades aprendidas, y la transferencia de habilidades a situaciones del mundo real (Massetti et al., 2014). La realidad virtual (RV) se emplea en la rehabilitación física con el objeto de mejorar la función motora. Actualmente, esta tecnología se aplica con más frecuencia en patologías de origen neurológico (ictus, enfermedad de Parkinson, lesiones medulares, parálisis cerebral infantil, entre otras), logrando resultados de mejoría en la intervención y motivación de los pacientes para conseguir un elevado nivel de mejora funcional, tal como lo muestra los resultados de este artículo donde los pacientes que fueron sometidos a entrenamiento de equilibrio con VR. La Berg Balance Scale (BBS) demostró una mejora del 15%, el Timed Up & Go (TUG) del 29%, la caminata de 10 m para el 26%, el tiempo de postura en la extremidad afectada y no afectada en el 200 y el 67%, respectivamente. El seguimiento demostró que los pacientes conservaron la mejora funcional ganada (Cikajlo et al., 2012; Laver et al., 2015; Mirelman et al., 2013).

El entorno de RV depende de la tecnología (hardware y software) utilizada y teniendo en cuenta el grado de inmersión del paciente en el entorno, estos sistemas pueden ser inmersivos y no inmersivos. En los sistemas inmersivos, el usuario está integrado totalmente dentro del ambiente virtual, viendo solo las imágenes generadas por el ordenador, bloqueándose el resto del mundo físico. Dentro de estos sistemas se encuentran Glasstrom®, IREX®, Playstation EyeMotion®. En los sistemas no inmersivos o semi-inmersivos, el usuario percibe parte del mundo real y parte del mundo-entorno virtual y no hay una inmersión total en el entorno virtual. En la actualidad, los sistemas no inmersivos más utilizados son Virtual Teacher®, Cyberglobe®, Virtual Reality Motion®, Pneumoglobe® y Nintendo-Wii® (Viñas et al., 2016).

Las nuevas tecnologías de información y telecomunicación han permitido utilizar la telerehabilitación para mejorar las deficiencias motoras en los pacientes, obteniendo

beneficios en su calidad de vida. La telerehabilitación puede ser una alternativa rentable de prestación de servicios a distancia para superar las dificultades que pueden impedir que un paciente reciba atención en una clínica. La combinación de estos procedimientos de intervención con la tecnología del videojuego, ha demostrado ser más eficaz y motivadora (Khalifa, 2015).

Los últimos años han sido testigos de un aumento en telerehabilitación y sistemas de salud remotos que emplean dispositivos y tecnologías emergentes reutilizables de bajo costo, para vigilar los aspectos biológicos y biocinemáticos de los seres humanos (Li et al., 2015). El intercambio de datos entre múltiples sistemas de tele-salud es un enfoque adaptativo para mejorar la calidad del servicio a través de las tecnologías basadas en la red (Qiu et al., 2016). Estos dispositivos inteligentes acompañados con el procesamiento del gran contenido de información que pueden suministrar estas tecnologías, son hoy en día parte viva de las arquitecturas asistidas en múltiples ámbitos y pueden ser adaptados y personalizados dentro de sistemas inteligentes para la medición, monitoreo y evaluación en la rehabilitación de pacientes.

## 4. Resultados

Los principales hallazgos encontrados en esta investigación fueron:

- Los beneficios de emplear tecnología biomédica en la recuperación de pacientes con discapacidades para el desarrollo de tratamiento fisioterapéutico. Las discapacidades más trabajadas son las relacionadas con la parálisis cerebral. Así mismo, la tecnología posibilita el tratamiento cognitivo, físico y social, con un seguimiento a distancia de los pacientes. Los artículos evidencian como ventaja en comparación con el tratamiento convencional, que el paciente se recupera en el hogar (evitando los traslados) y por tanto manteniéndose en su núcleo familiar, lo cual psicológicamente facilita la recuperación.
- Desde el punto de vista del proveedor de servicio y el personal médico, es ventajoso porque los sistemas permiten almacenar la información de progreso en la nube, simular y modelar diferentes ejercicios para determinar y proyectar los mejores escenarios de recuperación.
- Otro hallazgo encontrado en esta revisión es con respecto a los pacientes mayores, los cuales tendrían acceso a la rehabilitación sin la necesidad de frecuentes viajes estresantes a los centros asistenciales o costosas sesiones de fisioterapia con la garantía de recibir siempre el mejor tratamiento para su condición.
- Finalmente, un último hallazgo principal y no menos importante que los anteriores, están las ventajas de la incorporación de éstas tecnologías en la recuperación de los pacientes.

En la Tabla 1 se muestra el detalle de cada una de las propuestas, con la tecnología empleada y la utilización clínica.

**Tabla 1**  
Estudios publicados que utilizaron la tecnología para la rehabilitación.

Estudios publicados	Autor / año	Tecnología empleada	Utilización clínica	Resultados alcanzados
Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual.	Bayón et al. (2010).	Sistemas inmersivos y no inmersivos de realidad virtual.	El tratamiento de pacientes con ictus, a través del entrenamiento virtual inmersivo mejora la capacidad de prensión y de marcha, comprobando además la activación del córtex sensitivo motor en el hemisferio lesionado y del sistema de neuronas.	En la revisión sistemática realizada los autores encontraron que los protocolos de tratamiento en entornos virtuales en pacientes postictus tienen una duración de tres a cuatro semanas, con sesiones de una hora diaria. El entrenamiento virtual inmersivo mejora la capacidad de prensión y de marcha. En la

				rehabilitación del equilibrio y en la heminegligencia unilateral se han obtenido prometedores resultados.
Play for health (P4H): una nueva herramienta en telerehabilitación.	Farreny et al., (2012).	Utilizaron la estructura básica de P4H junto con 3 videojuegos y 6 métodos de interacción.	Se aplicó a modo de prueba en 40 pacientes con diferentes déficits en un entorno controlado y sin exclusión de otros tipos de terapia. Luego de 9 meses de sesión, se concluye que el P4H es una herramienta de fácil uso y que posibilita un enfoque integral del tratamiento cognitivo, físico y social.	Los autores del trabajo no reportan porcentajes de éxito ya que el proyecto se encuentra en fase de prueba y la mayoría de los pacientes tratados se encuentran en su mayoría en un estadio agudo o subagudo del proceso patológico. Sin embargo, reportan éxito en cuanto a la facilidad de aprendizaje en el uso de la herramienta por parte de los pacientes, su buena aceptación y la ausencia de problemas en su utilización.
Guía de fisioterapia por análisis de movimiento basado en Hidden Markov Model.	Siyli et al., (2013).	Realidad virtual.	Propone un sistema que permite a las personas con discapacidades, realizar ejercicios en la comodidad de sus hogares e independientemente de las restricciones. El sistema apoya a los pacientes con retroalimentación sobre sus avances y también puede permitir el seguimiento de los pacientes por parte del personal de salud.	No reporta porcentaje de éxito, el estudio se basó en la construcción de una guía de intervención y las pruebas realizadas fueron de funcionamiento del sistema.
The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with Cerebral palsy.	Barton et al., (2013).	Realidad virtual usando juegos interactivos.	El estudio consistió en examinar cómo cambiaba el acoplamiento de la pelvis al tronco mientras jugaba un juego de computadora conducido por rotaciones de la pelvis.	Las áreas convexas del casco calculadas a partir de los diagramas de ángulo-ángulo de las rotaciones de la pelvis y el tronco mostraron que el acoplamiento aumentado con el entrenamiento del juego ( $F_{1,11} = 7.482, p = 0.019$ ). Alcanzar los objetivos lejos de la línea media requiere más acoplamiento que alcanzar objetivos cercanos ( $F_{1,12} = 10.619, p = 0.007$ ). En relación al juego, el niño con diplejía espástica llevó a la reducción de acoplamiento debido a la contracción reducida en la articulación de los músculos.

<p>Sistema de distribución que utiliza MS Kinect y cálculo de eventos para la rehabilitación adaptativa de fisioterapia.</p>	<p>Bragaglia et al., (2014).</p>	<p>Emplearon una computadora equipada con MS Kinect y redes neuronales; el sistema incluye un framework basado en el cálculo de eventos aumentado con Expectativas (Event Calculus augmented with Expectations), para el reconocimiento de la Postura Humana.</p>	<p>Proponen una arquitectura distribuida que permite a los fisioterapeutas asistir remotamente a sus pacientes mientras estos realizan cómodamente ejercicios desde su casa, proporcionando una descripción de nivel superior de los ejercicios y un medio para medir cuán bien se hicieron. Los pacientes aplican el plan de ejercicios caseros.</p>	<p>Los autores señalan que el sistema propuesto por ellos representa un soporte válido para los Local Health Unit (LHU), sus fisiatras y sus pacientes. Después de algunos costos iniciales modestos, los LHU podrían ayudar a un mayor número de pacientes mayores sin necesidad de contratar personal adicional. Los fisioterapeutas, además, tendría acceso a un sistema de información que convenientemente les permite revisar los datos de los pacientes y ahorrar tiempo, reutilizando los ejercicios que se han definido previamente. Por último, los pacientes mayores tendrían acceso a la rehabilitación sin la necesidad de frecuentes viajes estresantes a los LHU o costosas sesiones de fisioterapia con la garantía de recibir siempre el mejor tratamiento para su condición.</p>
<p>Diseño y control de un sistema interactivo para la rehabilitación de tobillo: TobiBot.</p>	<p>Guzmán et al., (2014).</p>	<p>Diseñaron un sistema propuesto llamado TobiBot que propone un dispositivo para rehabilitación del tobillo.</p>	<p>Los resultados experimentales demostraron que ayudó a recuperar los movimientos del tobillo, validando así el funcionamiento del TobiBot y para la rehabilitación del esguince de tobillo. Además, se planteó el procedimiento para validar clínicamente el dispositivo TobiBot.</p>	<p>El sistema se colocó a prueba en una persona sana, en este sistema se implementó un controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) y uno por impedancia para gobernar el mecanismo. Ambos controladores mostraron un buen desempeño en el seguimiento de trayectorias planificadas en los movimientos del cuello de pie.</p>
<p>Effect of a Home-Based Virtual Reality Intervention for Children with Cerebral Palsy Using Super Pop VR  Evaluation Metrics: A Feasibility Study.</p>	<p>Y. Chen et al., (2015).</p>	<p>Realidad Virtual.</p>	<p>Su investigación se basó en la medición de ángulos de movimientos y actividades para mejorar la función motora en los miembros superiores en 3 niños participantes del estudio.</p>	<p>El sistema Super Pop VR en el hogar es efectivo en un 85% frente a los equipos que usa costosos sistemas de análisis de movimiento. Por otra parte, el estudio demostró la mejora en la función del brazo, después de recibir una intervención de VR en un niño con hemipléjico CP que tenía una función del brazo más</p>

				deteriorada, pero no en niños con PC hipotónica que tenían relativamente buena función del brazo.
Exergames como herramienta para la evaluación del equilibrio postural en un paciente con esclerosis múltiple.	Casanova et al., (2015).	Utilizaron videojuegos y se analizan los movimientos de los pacientes usando un software específico: el sensor Kinect.	Señala un sistema para la rehabilitación física de pacientes con múltiples patologías, diseñado para divertir al paciente en su terapia a través de Exergames y al mismo tiempo le proporciona al especialista un registro y análisis de datos de captura de movimiento (MoCap) utilizando análisis biomecánico mediante la transformación angular de Euler, en el que concluyeron que el sensor se puede usar como herramienta para estudiar el movimiento corporal humano, incorporando en la rehabilitación convencional aspectos de motivación, distracción del dolor y entretenimiento a pacientes con múltiples patologías.	Los autores señalan que las terapias asistidas a través de realidad virtual han ganado gran importancia en los procesos de rehabilitación. Todavía existen por parte de los especialistas médicos una gran cantidad de dudas relacionadas con la cuantificación de la movilidad de los pacientes durante las intervenciones basadas en este tipo de exergames; aunque el uso de sistemas de bajo costo facilitan la interacción entre el paciente y la herramienta, favorecen la relación costo/beneficio para el médico especialista proporcionando una medición complementaria a las estandarizadas pero subjetivas escalas de evaluaciones clínicas.
Evaluación de fisioterapia basada en Kinect y aplicaciones móviles.	Postolache et al., (2015)	Kinect y web móvil	Un sistema embebido como solución usable materializada por una unidad de medición inercial inteligente (IMU) o un conjunto de objetos de ayuda a la marcha caracterizados por unidades no intrusivas de detección embebida, basada en radares Doppler de microondas.	Los autores refieren que el uso del Kinect y una web móvil mejora la efectividad de las sesiones de entrenamiento. Para mejorar la motivación del paciente emplean un conjunto de juegos para entrenamiento de miembros superiores, los cuales aseguran la captura de datos 3D de las articulaciones de los pacientes y el almacenamiento de datos en una base de datos remota.
The effects of virtual reality-based bilateral arm training on hemiplegic	Do et al., (2016)	Realidad virtual.	El estudio se basó en examinar el impacto del entrenamiento de brazos bilaterales basados en realidad virtual (jugar	Al revisar los resultados de la evaluación de capacidad de coordinación de mano bilateral llevado a cabo en el estudio, se concluye que en los tres sujetos

<p>children's upper limb motor skills</p>			<p>baloncesto) en niños con parálisis cerebral hemipléjica, evaluando las habilidades motoras de las extremidades superiores en el lado afectado, así como su capacidad de coordinación bilateral.</p>	<p>de prueba se logró una mejora de al menos 3 en promedio, respecto al número de tiros de baloncesto exitosos en la intervención. En comparación con el período de referencia, cuando se evaluó poner una pelota de baloncesto a través del aro y el cuadro de tiempos de rendimiento en movimiento, disminuyó por 3 seg. En promedio en el período de intervención en comparación al periodo de referencia se obtuvo mejora en la realización de la capacidad de los movimientos estudiados en el artículo.</p>
<p>Fisioterapia dispositivos conectados inteligentes para S-health.</p>	<p>Postolaet al., (2016)</p>	<p>Describe un sistema basado en dispositivos inteligentes para fisioterapia, tales como caminador inteligente, muletas inteligentes, plataforma de fuerza y dispositivos de interfaz de usuario, caracterizados por diferentes tecnologías de detección incluyendo sensores de fuerza piezoresistiva y radares de microondas.</p>	<p>La información de los dispositivos conectados al sistema se almacena y comparte al fisioterapeuta basándose en una arquitectura cliente-servidor.</p>	<p>Los autores diseñaron e implementaron unos dispositivos inteligentes para fisioterapeutas conectados con S-health. El sistema incluyó andadores inteligentes y plataformas de fuerza para rehabilitación funcional de miembros inferiores y superiores. Así mismo, recomiendan para un futuro trabajar la arquitectura presentada integrándola con sensores inteligentes, módulos de la ciudad. El intercambio de datos se lleva a cabo en ambas formas de mejorar la calidad de los servicios de fisioterapia a distancia basado en los datos proporcionados por el dispositivo inteligente de rehabilitación.</p>
<p>Una plataforma de fisioterapia y evaluación basada en Kinect para pacientes con enfermedad de Parkinson.</p>	<p>Pachoulakis et al., (2016)</p>	<p>Implementan una plataforma de fisioterapia basada en Kinect adaptada a los pacientes con enfermedad de Parkinson (PD); el sensor Kinect se emplea para extraer datos esqueléticos en 3D en tiempo real de un paciente en</p>	<p>Se dispone de una colección de 10 ejercicios servidos por la plataforma basados en fisioterapia tradicional PD-específica. Cada ejercicio emplea un patrón de movimiento lineal o circular con demandas de procesamiento muy ligeras para cálculos en tiempo real. Durante cada ejercicio, un</p>	<p>Los autores informan que están desarrollando pruebas de funcionamiento, incrementando la plataforma con ejercicios comúnmente practicados en fisioterapia tradicional, ajustando parámetros relacionados con ejercicios de postura y ritmo.</p>



		ejercicio.	entrenador demuestra la ejecución correcta y los datos de la articulación 3D proporcionados por el paciente obtenidos a través del sensor de Kinect, se comparan con las rutinas de control específicas del ejercicio en tiempo real, para evaluar la postura correcta y el control del cuerpo. Los datos de retroalimentación se muestran en pantalla al paciente y se almacenan para proporcionar un registro de progreso histórico, por ejemplo, para permitir que el fisioterapeuta asistente ajuste el ejercicio a las capacidades/necesidades de un paciente individual.	
Operación de prueba de un sistema de telerehabilitación de realidad virtual tridimensional basado en servicios en la nube para pacientes con accidente cerebrovascular.	Kato et al., (2016).	Desarrollaron un sistema de telerehabilitación para mejorar la rehabilitación comunitaria de los pacientes que son dados de alta desde el hospital.	El sistema consta de dispositivos diseñados para reducir la carga física y económica de los pacientes y al mismo tiempo promover un movimiento óptimo. Se utilizó un servicio de computación en la nube para la comunicación entre terminales y un sensor sin contacto Kinect, para medir el movimiento. Los resultados demostraron la alta operatividad y eficacia del sistema de telerehabilitación de realidad virtual basado en servicios en la nube.	Los autores utilizaron este sistema en 3 pacientes con accidente cerebrovascular y encontraron mejoras en el tiempo de desempeño de la tarea en una disminución entre 3 a 4 segundo, la suavidad de los movimientos y el rango de movimiento en todos los pacientes se acercaron a los rangos normales. Los pacientes participantes del estudio mejoraron su función motora.
Desarrollo de una plataforma para la ayuda de Fisioterapia de pacientes con encefalopatía crónica no Progresiva de la infancia.	Augustoet al., (2016).	Uso del Kinect. Terapia Gameterapia (Rehabilitación basada en Juegos).	Se diseño un prototipo de ambiente tridimensional, utilizando el sensor Kinect para capturar los movimientos corporales, buscando mejorar el control motor de los niños con parálisis	La gameterapia se le realizo a tres niños con el objetivo de mejorar la movilidad de sus miembros superiores. Con la aplicación se observó que el paciente con resultados más expresivos fue el denominado "Paciente 1", que presentó un aumento de 19,23% en la

			<p>cerebral. Los Juegos del prototipo se realizaron con base en protocolos de tratamiento de profesionales especialistas en fisioterapia en neurorehabilitación.</p>	<p>media de cantidad de burbujas estalladas entre el primer y el segundo Intento. En el "Paciente 2" tuvo un aumento del 01,06% del promedio de burbujas estalladas y el denominado "paciente 3 "un aumento del 04,05% entre las estalladas. Es posible entonces percibir que, a pesar del número reducido de aciertos, los 3 pacientes presentaron un aumento en la cantidad de burbujas estalladas, demostrando así como indicios de una posible mejora en la funcionalidad de los miembros superiores.</p>
<p>Juego serio para la rehabilitación física: medir la efectividad de los entornos de entrenamiento virtuales y reales.</p>	<p>Postolache et al., (2017)</p>	<p>Microsoft Kinect y Leap Motion. El controlador permite la implementación de realidad virtual de 3D.</p>	<p>La investigación utilizó la realidad virtual a través de Juego para la rehabilitación de extremidades superiores utilizando la interfaz de usuario con el controlador Leap Motion. El objetivo era rehabilitar los movimientos de los miembros superiores.</p>	<p>Los autores realizaron varias pruebas de laboratorio para así evaluar el rendimiento de los juegos, los resultados arrojaron que ayudan a la rehabilitación, pero los juegos realizados sin realidad virtual siguen activando mucho más los músculos comprometidos. Los autores sugieren realizar más pruebas con personas con discapacidad.</p>
<p>Uso de videojuegos activos en niños con disfunción neuromotora: una revisión sistemática.</p>	<p>Hickman et al., (2017).</p>	<p>El uso de videojuegos a activos (AVG).</p>	<p>Todos los artículos mostraron una mejoría en los resultados con AVG, aunque las diferencias no fueron consistentemente significativas en comparación con la terapia convencional.</p> <p>La elección de los juegos jugados y el nivel de dificultad fueron determinados por el terapeuta (n = 6) o controlados por el niño (n = 14). Las limitaciones más comunes del estudio fueron tamaños de muestra pequeños y dificultad para individualizar el tratamiento.</p>	<p>Los autores concluyeron que la terapia física estándar sirvió como condición de control para los estudios experimentales en los que se comparó AVG con otras estrategias de intervención tradicionales. Desmontando así que AVG y la terapia convencional pueden ser compatibles en sus resultados (algunos parámetros arrojaron más, otros menos) por lo que sería razonable incluir AVG para niños con enfermedades neurológicas, como un complemento a las terapias tradicionales, haciendo parte de un plan de atención integral especialmente para el hogar aumentando el volumen de tareas funcionales siempre acompañado de un terapeuta capacitado.</p>

<p>Validación de alcanzar en un entorno virtual en niños con desarrollo típico y niños con parálisis cerebral unilateral leve.</p>	<p>Robert et al., (2018)</p>	<p>Realidad virtual basada en video juegos de bajo costo y un entorno físico combinado en niños en desarrollo típico y niños con parálisis cerebral (PC).</p>	<p>En comparación con el entorno físico, los movimientos en la realidad virtual realizados por niños con desarrollo típico fueron más lentos</p> <p>Un estudio observacional en el que 27 niños (desarrollo típico, n = 17, edad promedio 13y, [SD] 2y 2mo, rango 9y 3mo - 17y 2mo; CP, n = 10, edad media 13y 8mo, [SD] 1y 8mo, rango 11y 1mo - 17y 1mo, Sistema de clasificación de habilidades manual niveles I - II) realizó 15 pruebas de tres gestos en cada uno de una realidad virtual y un entorno físico compatible. La cinemática de la extremidad superior y del tronco se registró utilizando un sistema electromagnético (G4, Polhemus, seis marcadores, 120Hz).</p>	<p>En comparación con el entorno físico, los movimientos en la realidad virtual realizados por los niños con desarrollo típico fueron más lentos (<math>p = 0,002</math>) e implicaron menos flexión del tronco (<math>p = 0,002</math>) y rotación (<math>p = 0,026</math>). Los niños con PC tuvieron más trayectorias curvas (<math>p = 0,005</math>) y usaron menos flexión del tronco (<math>p = 0,003</math>) y rotación (<math>p = 0,005</math>). La cinemática del codo y el hombro difirió de 2.8% a 155.4% entre los ambientes en ambos grupos difiriendo en cada grupo al llegar a entornos físicos en lugar de virtuales.</p> <p>Las diferencias en el alcance de la cinemática deben considerarse al establecer objetivos mediante intervenciones de realidad virtual para niños con PC unilateral leve.</p> <p>Entre los grupos, hubo pequeñas diferencias clínicamente insignificantes en los movimientos realizados por los niños con parálisis cerebral unilateral leve (PC) en comparación con los niños con un desarrollo típico. Los niños con PC que tenían un mayor deterioro táctil utilizaron más desplazamiento del tronco. Hubo pequeñas diferencias en los movimientos realizados por los niños con parálisis cerebral unilateral leve (PC) en comparación con los niños con un desarrollo típico.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 5. Conclusiones

Las tecnologías más empleadas en rehabilitación han sido la realidad virtual, el uso de video juegos y el sensor Kinect, con acercamiento al traslado de los sistemas de telerehabilitación a la nube, considerándose esto último como un desafío futuro en este campo. De acuerdo a los 17 artículos analizados en la presente revisión se encontró que 3 utilizaron la telerehabilitación como una estrategia de intervención en la rehabilitación del movimiento corporal humano. El resto de los artículos mostraron un acercamiento a través del uso de diferentes softwares que utilizaban el juego como técnicas complementarias para la rehabilitación del paciente con cualquier tipo de alteración neurológica. De igual forma, la recomendación de los autores de los estudios revisados, sugieren que para próximas revisiones dentro de los criterios de inclusión se escogieran primero una muestra más

significativa y segundo, pacientes con alteraciones mayormente comprometidos en sus extremidades.

De acuerdo a lo anterior, es importante aclarar que la mayoría de las investigaciones fueron estudios pilotos. Encontrándose, que cada uno indagaba una región y patología diferente, limitando el cálculo de porcentajes de éxito de la rehabilitación virtual frente a la terapia convencional. Por consiguiente, muchas de las intervenciones basadas en la telerehabilitación aún siguen asistidas con el terapeuta. Demostrando que el uso de la tecnología en la rehabilitación es una opción de tratamiento que debe ser incluida en la sesión de terapia convencional como un apoyo a las técnicas de intervención neurológicas. Así mismo, se recomienda la adecuación de las terapias de acuerdo a las necesidades de cada paciente como un aspecto de interés en la telerehabilitación, con el fin de mejorar el tratamiento terapéutico de pacientes discapacitados.

El uso de la telerehabilitación en el hogar y en los centros asistenciales facilitaría en primera instancia la disminución de los costos, inicialmente en lo referente al personal médico, incluyendo los terapeutas como al propio paciente; en segunda instancia el seguimiento, la motivación y adaptación de este tipo de tratamiento como nuevo y novedoso enfoque de rehabilitación.

---

## Referencias bibliográficas

Augusto, R., De, L., Willemann, L., & Junior, A. (2016). Desarrollo de una plataforma para la ayuda de Fisioterapia de pacientes con encefalopatía crónica no Progresiva de la infancia. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia.*, 28–37.

Barton, G., Hawken, M., Foster, R., Holmes, G., & Butler, P. (2013). The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-15>

Bayón, M., & Martínez, J. (2010). Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual. *Rehabilitación*, 44(3), 256–260. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2009.11.005>

Bragaglia, S., Monte, S. Di, & Mello, P. (2014). A Distributed System Using MS Kinect and Event Calculus for Adaptive Physiotherapist Rehabilitation. In *2014 Eighth International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems* (pp. 531–538). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CISIS.2014.77>

Budziszewski, P. (2013). A low cost virtual reality system for rehabilitation of upper limb. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39420-1-4>

Casanova, Mario; Muñoz, John; Henao, O. L. D. (2015). Exergames como herramienta para la evaluación del equilibrio postural en un paciente con esclerosis múltiple. IEEE.

Cesar Humberto Guzmán, Escobedo, J. L. C., Ortega, A. B., Salazar, M. A. O., & Becerra, F. A. G. (2014). Diseño y control de un sistema interactivo para la rehabilitación de tobillo: TobiBot. *Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo*, 5(1), 255–264.

Chen, H. R., Yeh, S. C., Li, K. C., & Chen, C. C. (2015). The movement-related cortical activities under the virtual environment with force feedback. In *Proceedings - 2015 International Conference on Platform Technology and Service, PlatCon 2015*. <https://doi.org/10.1109/PlatCon.2015.23>

Chen, Y., Garcia, S., & Howard, A. (2015). Effect of a Home-Based Virtual Reality Intervention for Children with Cerebral Palsy Using Super Pop VR Evaluation Metrics: A Feasibility Study. *Rehabilitation Research and Practice*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/812348>

Cikajlo, I., Rudolf, M., Goljar, N., Burger, H., & Matjačić, Z. (2012). Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disability and Rehabilitation*, 34(1), 13–18. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.583308>

Do, J.-H., Yoo, E., Jung, M., & Park, H. (2016). The effects of virtual reality-based bilateral arm training on hemiplegic children's upper limb motor skills. *NeuroRehabilitation*, 38(2),

115–127. <https://doi.org/10.3233/NRE-161302>

Dorsey, E. R., George, B. P., Leff, B., & Willis, A. W. (2013). The coming crisis: obtaining care for the growing burden of neurodegenerative conditions. *Neurology*, 80(21), 1989–1996. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318293e2ce>

Farreny, M. A., Buen, M. C., Aguirrezabal, A., Ferriol, P., Tous, F., & Alcalde, M. A. (2012). Play for health (P4H): una nueva herramienta en telerehabilitaci??n. *Rehabilitacion*. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2012.01.001>

González-González, C., Toledo-Delgado, P., Collazos-Ordoñez, C., & González-Sánchez, J. L. (2014). Design and analysis of collaborative interactions in social educational videogames. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.039>

Hickman, R., Popescu, L., Manzanares, R., Morris, B., Lee, S., & Dufek, J. (2017). Uso de videojuegos activos en niños con disfunción neuromotora: una revisión sistemática. *Developmental Medicine and Child Neurology*.

Kato, N., Tanaka, T., Sugihara, S., Shimizu, K., & Kudo, N. (2016). Trial operation of a cloud service-based three-dimensional virtual reality tele-rehabilitation system for stroke patients. In 2016 11th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (pp. 285–290). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2016.7581595>

Khalifa, A. (2015). Tele-Rehabilitation Games on the Cloud: A Survey and a Vision. *American Journal of Computer Science and Engineering Survey*, 3(2), 143–151.

Langberg H, Lindahl MP, Kidholm K, D. B. (2014). Telerehabilitering. *Videnskab*.

Laver, K. E., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation. In K. E. Laver (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub3>

Laver, K. E., Schoene, D., Crotty, M., George, S., Lannin, N. A., & Sherrington, C. (2013). Telerehabilitation services for stroke. In K. E. Laver (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010255.pub2>

Li, S., Pham, H. T., Karunarathne, M. S., Lee, Y. S., Ekanayake, S. W., & Pathirana, P. N. (2015). A Mobile Cloud Computing Framework Integrating Multilevel Encoding for Performance Monitoring in Telerehabilitation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/617840>

Marzano, G., Lubkina, V., & Rizakova, L. (2015). DELIVERING SOCIAL TELEREHABILITATION SERVICES. <https://doi.org/10.17770/sie2015vol4.411>

Marzano, G., Ochoa-Siguencia, L., & Pellegrino, A. (2017). Towards a New Wave of Telerehabilitation Applications. *Perspective*, 1(1).

Masseti, T., Silva, T. D. da, Ribeiro, D. C., Malheiros, S. R. P., Ré, A. H. N., Favero, F. M., ... Monteiro, C. B. de M. (2014). Motor learning through virtual reality in cerebral palsy - a literature review. *Medical Express*, 1(6), 302–306. <https://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2014.06.04>

Mihelj, M., Novak, D., Milavec, M., Zihlerl, J., Olenšek, A., & Munih, M. (2012). Virtual Rehabilitation Environment Using Principles of Intrinsic Motivation and Game Design. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. [https://doi.org/10.1162/PRES\\_a\\_00078](https://doi.org/10.1162/PRES_a_00078)

Mirelman, A., Maidan, I., & Deutsch, J. E. (2013). Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 28(11), 1597–1608. <https://doi.org/10.1002/mds.25670>

OMS. (2011). Informe mundial sobre la discapacidad (2011). Organización Mundial de La Salud.

Pachoulakis, I., Xilourgos, N., Papadopoulous, N., & Analyti, A. (2016). A Kinect-Based Physiotherapy and Assessment Platform for Parkinson's Disease Patients. *Journal of Medical Engineering*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/9413642>

Postolache, O., Cary, F., Girao, P. S., & Duarte, N. (2015). Physiotherapy assessment based

on Kinect and mobile APPs. In 2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA) (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IISA.2015.7388013>

Postolache, O., & Girao, P. S. (2016). Physiotherapy smart connected devices for S-health. In 2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IISA.2016.7785336>

Qiu, L., Gai, K., & Qiu, M. (2016). Optimal Big Data Sharing Approach for Tele-Health in Cloud Computing. In 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud) (pp. 184–189). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SmartCloud.2016.21>

Robert, M., & Levin, M. (2018). Validation of reaching in a virtual environment in typically developing children and children with mild unilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.*, 60.

Siyli, R. D., Akarun, L., & Arica, N. (2013). Physiotherapy guidance by motion analysis based on Hidden Markov Model. In 2013 21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIU.2013.6531499>

Viñas-Diz, S., & Sobrido-Prieto, M. (2016). Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurología (English Edition)*, 31(4), 255–277. <https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2015.06.007>

---

1. Fisioterapeuta. Magíster en Educación. Docente Investigador. Corporación universitaria Antonio José de Sucre. Corposucre. Facultad de ciencias de la salud. Email: [meryece@hotmail.com](mailto:meryece@hotmail.com)

2. Fisioterapeuta. Especialista en neurorehabilitación. Docente Investigador. Corporación universitaria Antonio José de Sucre. Corposucre. Facultad de ciencias de la salud. Email: [Liliana\\_rodiguez@corposucre.edu.co](mailto:Liliana_rodiguez@corposucre.edu.co)

3. Fisioterapeuta. Magister en prevención en riesgos laborales. Corporación universitaria Antonio José de Sucre. Corposucre. Facultad de ciencias de la salud. Email: [Claudia\\_pachon@corposucre.edu.co](mailto:Claudia_pachon@corposucre.edu.co)

4. Ingeniero Electrónico. Magíster en Automatización y Control Industrial. Docente Investigador. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Email: [boris.medina@unisucre.edu.co](mailto:boris.medina@unisucre.edu.co)

5. Ingeniero Electrónico. Magíster en Ingeniería. Doctor en Ingeniería. Docente Investigador. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Email: [javier.sierra@unisucre.edu.co](mailto:javier.sierra@unisucre.edu.co)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 40 (Nº 25) Año 2019

[[Índice](#)]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]