



FACULTAD DE MEDICINA  
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



# TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Título: La Realidad Virtual y su aplicación en  
la rehabilitación de la Enfermedad de Parkinson**

**Alumno:** Lupiani Ruiz, M.<sup>a</sup> Luisa

**Tutor:** Quirce Andrés, Fernando

**Master Universitario de Investigación en Atención**

**Primaria Curso: 2018-2019**





FACULTAD DE MEDICINA  
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



# TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Título: “La Realidad Virtual y su aplicación  
en la rehabilitación de la Enfermedad de  
Parkinson”**

**Alumno:** Lupiani Ruiz, M.<sup>ª</sup> Luisa

**Tutor:** Quirce Andrés, Fernando

**Master Universitario de Investigación en Atención Primaria**

**Curso: 2018-2019**



# INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	14
1.2 DEFINICIÓN E INCIDENCIA .....	15
1.3 DIAGNÓSTICO .....	16
1.4 SINTOMATOLOGÍA Y CAUSA .....	16
1.4.1 Causa .....	16
1.4.2 Curso .....	17
1.4.3 Síntomas.....	17
1.4.4 Pronóstico.....	17
1.5 ESCALAS DE VALORACIÓN .....	18
1.6 TRATAMIENTO.....	21
1.6.1 Farmacológico <sup>(29)</sup> .....	21
1.6.2 Quirúrgico .....	22
1.7 REALIDAD VIRTUAL .....	22
1.8 JUSTIFICACIÓN .....	24
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>27</b>
3.1 TIPO DE ESTUDIO Y FECHA DE CONSULTA.....	27
3.2 BASES DE DATOS EMPLEADAS Y PALABRAS CLAVE.....	27
3.3 PROCESO DE SELECCIÓN.....	27



3.3.1	Criterios de Inclusión .....	28
3.3.2	Criterios de Exclusión .....	28
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAGÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>65</b>







## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proceso de búsqueda siguiendo la estrategia PICO .....	27
Tabla 2: Resultados de los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica .....	31
Tabla 3: Resultados "Comparison of Virtual Reality Versus Physical Reality on Movement Characteristics of Persons With Parkinson's Disease: Effects of Moving Targets" Wang CY et al, 2011 <sup>(33)</sup> .....	35
Tabla 4: Resultados del estudio RV con pelota estacionada "Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial" Ma HI, et al. 2011 <sup>(34)</sup> .....	35
Tabla 5: Resultados del estudio RV con pelotas en movimiento: "Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial" Ma HI, et al. 2011 <sup>(34)</sup> .....	36
Tabla 6: Resultados de efectos de capacitación sobre medidas de la marcha en el estudio "Virtual Reality for Gait Training: Can It Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease? Mirelman A, et al. 2011 <sup>(35)</sup> .....	36
Tabla 7: efectos del entrenamiento en las medidas cognitivas y clínicas en el artículo: Virtual Reality for Gait Training: ¿Can I Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease? Mirelman A, et al. 2011 <sup>(35)</sup> .....	37
Tabla 8: Resultados Prueba Organización sensorial (POS) del artículo "Effects of Virtual Reality-Augmented Balance Training on Sensory Organization and Attentional Demand for Postural Control in People With Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Trial" Yen CY et al, 2011 <sup>(36)</sup> .....	37
Tabla 9: resultados del estudio "Home bases virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's Disease: a randomized controlled trial" Yang WC et al, 2015 <sup>(37)</sup> .....	37
Tabla 10: Resultados del estudio "Effects of balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individual with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial" Shih MC et al, 2015 <sup>(38)</sup> .....	38



Tabla 11: Resultados del artículo "A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study" Palacios G et al, 2015 <sup>(39)</sup> .....	38
Tabla 12: Resultados del estudio "Dual Motor-Cognitive Virtual Reality Training Impacts Dual-Task Performance in Freezing of Gait" Killane I et al, 2015 <sup>(40)</sup> .....	38
Tabla 13: Resultados Wii Fit Games del artículo "Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial" Pompeu JE et al, 2012. <sup>(41)</sup> .....	39
Tabla 14: Resultados del artículo "Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial" Pompeu JE et al, 2012. <sup>(41)</sup> .....	39
Tabla 15: Resultados de Obstáculos artículo "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, 2015 <sup>(42)</sup> .....	39
Tabla 16: Resultados Equilibrio Dinámico and SOT Score del artículo "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, 2015 <sup>(42)</sup> .....	40
Tabla 17: Comparación TUG, PDQ-39 y FES-I "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, <sup>(42)</sup> .....	40
Tabla 18: Resultados estudio "At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease" Espay A et al, 2011 <sup>(43)</sup> .....	41



## DICCIONARIO DE ABREVIATURAS

AVD: Actividades de la Vida Diaria

AIVD: Actividades Instrumentales de la Vida Diaria

BBS: Berg Balance Scale

CDM: Congelación de la Marcha

DT: Doble Tarea

EP: Enfermedad de Párkinson

EPI: Enfermedad de Parkinson idiopática

ET: Ejercicio Tradicional

GC: Grupo Control

GE: Grupo Experimental

HDM: Head Mounted Display

MMSS: Miembros Superiores

NO: Negociación de Obstáculos

OMS: Organización Mundial de la Salud

POS: Programa de organización sensorial, en inglés SOT

PTA: Porcentaje De Tiempo De Movimiento Por La Fase De Aceleración

RA: Realidad Aumentada

RV: Realidad Virtual

SD: Desviación Estándar

TO: Terapia Ocupacional

VRG: Virtual Reality Glasses WOW: Window on a World



## **RESUMEN**

**Introducción:** En el presente trabajo se describe el empleo de la tecnología de Realidad Virtual a través de la simulación de un entorno apropiado y adaptado a las personas con enfermedad de Parkinson con el fin de incorporarlo como método de rehabilitación. Las ventajas que supone la aplicación de esta tecnología, en concreto, radican en la capacidad de graduar la dificultad de la actividad, así como diseñar un entorno personalizado que se ajuste a las capacidades y/o habilidades del usuario favoreciendo su implicación y dotando a la actividad un valor motivacional y, por tanto, significativo. Con ello se consigue el objetivo de mejorar las capacidades funcionales.

**Metodología:** La búsqueda de artículos se realizó utilizando la base de datos Pubmed y otras de carácter científico como Cochrane, Elsevier, ResearchGate, Medline, durante los meses de febrero a junio de 2019. Se seleccionaron Estudios Clínicos cuyos participantes tenían EP donde se empleará la Realidad Virtual.

**Objetivo:** Investigar sobre el estado actual de la Realidad Virtual como proceso de rehabilitación en la Enfermedad de Parkinson

**Resultados:** se han recopilado un total de 11 estudios, donde se aplica la Realidad Virtual como herramienta rehabilitadora. En 10 de ellos se observan beneficios motores e incluso cognitivos.

**Conclusiones:** La Realidad Virtual es una herramienta rehabilitadora de bajo coste con un prometedor futuro en el tratamiento motor y cognitivo en pacientes con Enfermedad de Parkinson. Por otro lado, es necesaria la elaboración de estudios con mayor validez metodológica.

**Palabras Clave:** Realidad Virtual; Rehabilitation; Parkinson





## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La Realidad Virtual (RV) se ha ido incorporando a la práctica clínica de rehabilitación en los últimos años, principalmente en neurología, abriéndose paso como herramienta de recuperación motora y funcional.

Su primera aplicación fue en un contexto totalmente diferente, como es el cine o la aeronáutica, de la mano de su creador Marton Heiling quien encuadró la RV como concepto de “Ver es creer, pero sentir es estar seguro”.<sup>(1)</sup> Fue en los años noventa cuando se implantó como intervención clínica para el tratamiento de fobias; entrenamiento en cirugías; rehabilitación física e investigación del control motor.<sup>(2)</sup>

El empleo de la RV en el campo psicosocial es lo más extendido hasta el momento, abriendo el campo de la práctica clínica a la neurorrehabilitación. La RV resulta interesante como herramienta de estudio de control motor y para evaluar y tratar déficits motores tales como Accidente Cerebro Vascular (ACV), Esclerosis Múltiple (EM) o la Enfermedad de Parkinson (EP).<sup>(3)</sup>

Actualmente, la definición más acertada para la RV es “Simulación de un entorno real generado por un ordenador, en el que a través de un interfaz hombre-máquina se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado”<sup>(4)</sup>

Los enfoques tradicionales apuntaban que el tratamiento para la (EP) se centraba en el alivio sintomático y disminución de las complicaciones secundarias, haciendo caso omiso a la respuesta motora al suponer que el aprendizaje motor no cabe lugar en presencia de alteración de los ganglios basales.<sup>(5)</sup>

Las vías de participación de los ganglios basales en la EP poseen plasticidad, pudiendo corregir sus patrones de actividad, en parte, con un entrenamiento y rehabilitación apropiada. <sup>(6)</sup>

A falta de pautas definitivas para idear una rehabilitación más efectiva, es importante investigar el aprendizaje potencial de pacientes con enfermedad de Parkinson mediante la aplicación nuevas estrategias terapéuticas y validar su utilidad. La RV, al ofrecer una estimulación multisensorial con el que el usuario puede interactuar, se ha propuesto como una novedosa herramienta terapéutica para la rehabilitación motora. Los estudios han identificado una serie de beneficios derivados del uso de la realidad virtual:

- A. Ejecución de tareas que no se pueden realizar de manera segura en un ambiente del mundo real
- B. Repetición intensiva de tareas complejas dirigidas por estímulos visuales y auditivos que crean interacción dinámica paciente-tarea.
- C. Datos inmediatos en el rendimiento y resultados.
- D. Resulta un entorno de motivación para el paciente, al permitir adaptarlo a sus necesidades. <sup>(7)</sup>

## 1.2 DEFINICIÓN E INCIDENCIA

En cuanto a la EP es una enfermedad progresiva, crónica e incapacitante cuyos síntomas se manifiestan en forma de temblor de reposo, rigidez y bradicinesia, apareciendo a lo largo de la enfermedad la inestabilidad postural que propicia el riesgo a caídas.<sup>(8)</sup> Algunas alteraciones de la función cognitiva están consideradas en la actualidad como un aspecto importante en la clínica de la EP. Además, es considerada como la enfermedad neurodegenerativa más frecuente en nuestro medio tras la enfermedad de Alzheimer.<sup>(9)</sup> A causa de la ausencia de marcadores biológicos que puedan asociarse a esta enfermedad, el diagnóstico es puramente clínico. Por lo general, el criterio clínico utilizado para el diagnóstico es el de United Kingdom Brain Bank, pero en realidad, sólo el 75% de los diagnósticos clínicos se confirman por estudios anatomopatológicos en la autopsia de pacientes que recibieron este diagnóstico. <sup>(10)</sup>

La sintomatología mostrada en esta enfermedad (también conocida como síntomas extrapiramidales), es frecuente encontrarla en otras enfermedades, que han recibido el nombre de parkinsonismo atípico. La EP posee una

incidencia de 1,5-22 paciente/100.000 habitantes año a nivel mundial en población mayor a 65 años y en España un caso de cada 10.000 habitantes al año, considerándose similar en el resto de Europa.<sup>(9)</sup>

El riesgo de padecerla es del 2% en hombres y de 1,3% en mujeres. Concretamente, en España, los datos recogidos en la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia del Instituto Nacional de Estadística (INE), indica que la tasa de población con discapacidad diagnosticada con EP es del 2,74.<sup>(11)</sup>

Produce incapacidad grave o muerte en el 25 % de pacientes en los primeros 5 años, en el 65 % al cabo de 10 años y en el 80 % a los 15 años de iniciarse los síntomas. La existencia de síntomas neuropsiquiátricos se correlaciona con un aumento del uso de recursos sanitarios y de institucionalización. El tratamiento médico es eficaz durante 5-10 años.<sup>(12)</sup>

### **1.3 DIAGNÓSTICO**

Como hemos mencionado anteriormente, no existen pruebas de laboratorio que diagnostiquen la enfermedad de Parkinson. Por ello, su diagnóstico se basa en el contenido de la historia clínica del paciente junto con un examen neurológico, pues las exploraciones cerebrales llevadas a cabo a través de tomografía computarizada y resonancia magnética no son concluyentes al mostrar imágenes generalmente normales. Tras esto, se podría destacar su dificultad al diagnóstico temprano, pues a menudo, los síntomas al inicio de la enfermedad son comunes a aquellos derivados del envejecimiento normal.<sup>(13)</sup>

### **1.4 SINTOMATOLOGÍA Y CAUSA**

#### *1.4.1 Causa*

La EP es una enfermedad altamente incapacitante ocasionada por la deficiencia dopaminérgica asociada a la degeneración de sustancia negra que forma los ganglios basales. Se ha descrito que su causa es multifactorial, siendo sus principales factores de riesgo la genética, disfunción mitocondrial, alteraciones de la glía y su capacidad neuroprotectora, aumento del estrés

oxidativo y acumulación de hierro, aumento de la formación de productos glicosilados terminales, excitotoxicidad y tóxicos ambientales.<sup>(14)</sup>

#### 1.4.2 *Curso*

Por lo general, suele comenzar de manera insidiosa, percibiendo en el enfermo cambios conductuales como la irritabilidad, ansiedad, insomnio, timbre de voz apagado y monótono y facies menos expresiva y apática.<sup>(15)</sup>

#### 1.4.3 *Síntomas*

En la EP suelen producirse signos motores como la bradicinesia, el temblor, la hipocinesia, acronocinesia, rigidez y la inestabilidad postural. Se conoce que estos signos afectan a los movimientos repetitivos tanto en miembros superiores como inferiores, impactando visiblemente en la marcha. Además, otros síntomas comunes a la EP son: la pérdida de expresión facial, reducción del pestañeo, cambios en el habla, aumento de la salivación, visión borrosa, incontinencia urinaria. Menos evidentes son los síntomas no motores de la EP como los cambios a nivel neurológico como la demencia, los cambios de sueño, psicosis y la apatía.<sup>(16)</sup>

La congelación de la marcha (CDM) característica de la EP puede definirse como episodios intermitentes y breves de incapacidad para iniciar o mantener la locomoción o realizar un giro. La CDM en la enfermedad de Parkinson idiopática (EPI) podría estar relacionada con un compromiso funcional del lóbulo frontal. Diversos estudios durante los últimos años indican que la afectación del lóbulo frontal o una desconexión entre el lóbulo frontal y los ganglios de la base podrían ser factores implicados en la aparición de la CDM.<sup>(17)</sup>

#### 1.4.4 *Pronóstico*

La velocidad de progresión de la enfermedad es muy variable. Con ayuda de la medicación antiparkinsoniana y terapias de rehabilitación complementarias adecuadas a cada caso, se logra frenar los síntomas, velocidad e intensidad de la patología aumentando la calidad de vida durante más años.

## 1.5 ESCALAS DE VALORACIÓN

### ➤ Funcional específica de EP

**UPDRS:** En casi todos los casos, para los ensayos clínicos que evalúan nuevos tratamientos para la EP, la UPDRS ha sido la escala utilizada para determinar los beneficios relacionados con el tratamiento. Esta escala fue creada por Fahn et al <sup>(18)</sup> y respondió con la necesidad de contar con un método común y uniforme para la evaluación de la EP. Se trata de una escala multidimensional, fiable y válida con pocos inconvenientes. Está confeccionada para evaluar 42 ítems divididos en cuatro secciones:<sup>(19)</sup>

- Sección I: Comportamiento y estado de ánimo (4 ítems). Evalúa problemas de conducta como el declive intelectual, las alucinaciones y la depresión.
- Sección II: Actividades de la vida diaria (13 apartados). Evalúa las percepciones de los pacientes sobre su capacidad para llevar a cabo actividades de la vida diaria, como vestirse, caminar y comer.
- Sección III: Examen motriz (14 ítems que proporcionan 27 puntuaciones, ya que varios signos se evalúan por separado en ambos lados y en diferentes partes del cuerpo). Evaluación motora de la discapacidad e incluye calificaciones de temblor, lentitud (bradicinesia), rigidez (rigidez) y equilibrio.
- Sección IV: Complicaciones de la terapia (11 ítems incluyendo 4 para discinesias, 4 para fluctuaciones y 3 para otras complicaciones). Envuelve una serie de complicaciones del tratamiento que contienen evaluaciones de movimientos involuntarios (discinesias), calambres dolorosos (disonía) y respuestas irregulares a medicamentos (fluctuaciones motoras).

El objetivo de la UPDRS era proporcionar una escala completa, práctica y fácil de administrar que se pueda utilizar en todos los pacientes, El rango de puntuación para cada elemento de las Secciones I a III es de 0 (normal) a 4 (grave).

➤ Equilibrio dinámico:

**Four Square Test:** Evalúa el equilibrio dinámico y la coordinación avanzando hacia adelante, hacia los lados y hacia atrás de forma cronometrada. Consiste en colocar 4 cañas en el suelo formando 4 cuadros, y el paciente deberá pasar de un cuadro a otro dando un paso sin tocar la caña: paso a laterales, paso hacia el frente, paso hacia atrás. Se calcula el tiempo necesario para realizar los pasos del primer al cuarto cuadrado y volver. En la EP la puntuación de corte para mayor riesgo de caídas se establece en el valor >9.68 segundos con edad media de 70 años.<sup>(20)</sup>

**Time Up and Go:** paciente sentado en una silla sin apoyabrazos, con su espalda adosada al respaldo y los pies tocando el suelo, se le solicitó que se pare y camine como lo hace habitualmente hasta un cono ubicado a 3 metros, gire a su alrededor y vuelva a sentarse. Esta prueba controla el tiempo que tarda en recorrer el circuito, iniciándose cuando el AM despegaba la espalda de la silla y terminaba al retornar a la posición inicial.<sup>(15)</sup>

- Normal  $\leq$  10 seg
- Riesgo leve 11-12 seg
- Riesgo alto > 20 seg.

➤ Equilibrio Estático y Dinámico

**Berg Balance Scale (BBS):** fue desarrollada en 1989 como una medida cuantitativa del estado funcional del equilibrio del anciano reproducible y con una fuerte consistencia interna. Consta en la realización de 14 tareas que valoran aspectos dinámicos y estáticos del control postural con una puntuación de 0 a 4. Es sensible a los cambios clínicos y tiene una buena fiabilidad intra e interobservador en la población mayor y se ha considerado útil en la predicción de caídas<sup>(16)</sup>. El valor máximo de 56 expresa un equilibrio óptimo. Valores bajos, hasta 20 puntos, son indicativos de un alto riesgo de caídas; entre 21 y 40 puntos, riesgo moderado de caídas; y valores superiores a 40 indican un bajo riesgo de caídas. En la actualidad, puede considerarse uno de los mejores tests clínicos para la evaluación clínica del equilibrio<sup>(21)</sup>.

**Smart Balance Master SOT:** Las plataformas posturográficas, desarrolladas inicialmente por Nashner, et al <sup>(22)</sup> nos permiten analizar el reflejo vestibulo-espinal, cuantificando el control postural estático y dinámico, así como la contribución de cada uno de los sistemas (visual, somatosensorial y vestibular) al mantenimiento del equilibrio global, por lo tanto, indica el sistema responsable de la estabilidad del paciente, así como su capacidad de mantener su equilibrio con informaciones sensoriales incorrectas Este sistema se basa en la detección del desplazamiento del centro de presión corporal, similar al centro de gravedad, en diferentes situaciones de conflicto sensorial (visual y somatosensorial). El sistema está conformado por un soporte informático, una plataforma móvil y un entorno visual, referenciados ambos al movimiento que experimenta el propio paciente durante la exploración.<sup>(23)</sup>

➤ Calidad de vida:

**Cuestionario calidad de vida en Enfermos de Parkinson (PDQ-39):** fue la primera herramienta específica para la evaluación de la calidad de vida relacionada con la salud en pacientes con EP.) La versión en castellano es aceptada en aspectos de validez consistente y constructiva. Implica ocho aspectos de la EP, como: movilidad, actividades de la vida diaria, bienestar emocional, estigmas, apoyo social, cognición, comunicación y malestar corporal. Cubre ocho escalas que representan los conceptos de salud utilizados con mayor frecuencia en los principales cuestionarios, así como aspectos relacionados con la enfermedad y el tratamiento<sup>(24)</sup>. Es una escala genérica que proporciona el perfil del estado de salud para aplicarse en los pacientes con la EP o en la población general. Evalúa la calidad de vida relacionada con la salud en la población general y en subgrupos específicos, compara la gravedad de diversas enfermedades, detecta las ventajas de salud producidas por un amplio rango de tratamientos y valora el estado individual de salud de los pacientes<sup>(25)</sup>.

➤ Riesgo de caídas

**TINNETI:** es un test que evalúa tanto la marcha como el equilibrio, los ítems del equilibrio suman una puntuación de 16, y los de la marcha 12. <sup>(26)</sup> Fue descrito en 1986 para detectar problemas de equilibrio y movilidad en los

mayores y para determinar el riesgo de caídas. Está formado por dos subescalas, una de equilibrio y otra de marcha. La primera se compone de 9 tareas, con un valor máximo de 16 puntos. La segunda está formada por 7 tareas, con una puntuación máxima de 12. Su administración requiere poco tiempo, no precisa equipamiento ni entrenamiento especial del explorador, y es sensible a los cambios clínicos <sup>(27)</sup>. Puede evaluar con una gran precisión las anomalías del equilibrio y la marcha y, se considera que es el test clínico más apropiado para evaluar el equilibrio en la población mayor. Así, puntuaciones inferiores a 19 indican un alto riesgo de caídas y puntuaciones entre 19 a 28 (máxima puntuación del test), un bajo riesgo de caídas <sup>(28)</sup>.

## 1.6 TRATAMIENTO

### 1.6.1 Farmacológico <sup>(29)</sup>

- Levodopa: es el tratamiento por excelencia, al ser el más efectivo. Es una sustancia que se transforma en dopamina, sustituyendo de esta forma, aquella que el cerebro de los EP no puede generar.
- Amantadina: generalmente, se administra al comienzo de los primeros síntomas, retrasando el inicio de tratamiento con la levodopa. Con este tratamiento se consigue aliviar los movimientos involuntarios.
- Anticolinérgicos: al ser un fármaco con efectos secundarios (retención de orina, visión borrosa, pérdida de memoria), se reserva su uso para casos muy concretos, generalmente a menores de 70 años. Su uso está indicado en aquellos EP con temblor y rigidez en las articulaciones, además de ser efectivo reduciendo la sialorrea.
- Agonistas dopaminérgicos: la administración de este fármaco junto con la levodopa, provoca una disminución de los efectos secundarios. En estadios iniciales logra reducir y retrasar el inicio de tratamiento con levodopa, así como los síntomas motores.



- Entacapona y Tolcapona: estos fármacos inhiben la ruta de degradación metabólica periférica de la levodopa. Se muestra efectiva en la disminución de períodos off.
- Selegilina y Rasagilina: algunos estudios sugieren que retrasa la muerte celular, aunque no queda demostrado. La selegilina se caracteriza por poseer mayores efectos secundarios que la rasagilina como el insomnio o alucinaciones

### 1.6.2 Quirúrgico

- Estimulación Cerebral Profunda: es un proceso quirúrgico usado como tratamiento en síntomas neurológicos, como el temblor, la rigidez, bradicinesia e inestabilidad postural en la EP. Este tipo de tratamiento está reservado a aquellos pacientes cuyos síntomas no son controlados con fármacos. Consta de un sistema de electrodos conectado al cerebro, donde se reciben impulsos eléctricos que interfieren y bloquean las señales eléctricas que causan los síntomas de la EP.<sup>(30)</sup>

## 1.7 REALIDAD VIRTUAL

La RV es un sistema un interfaz informático que genera en tiempo real una representación de una realidad perceptiva, sin soporte objetivo, que existe sólo dentro del ordenador. Constituye una tecnología cuya principal característica es la interacción y un feedback sensorial sujeto con un entorno virtual multidimensional, altamente motivante, en el que desenvolverse en actividades o tareas comparables a situaciones reales, permitiendo una gradación en la intensidad y en la dificultad, ofreciendo información en tiempo real de los objetivos alcanzados.<sup>(32)</sup>

Por otro lado, los sistemas hasta ahora empleados en la RV se han descrito como inmersivos, no inmersivos o semiinmersiva:

- **Realidad inmersiva**: está basada en la simulación de un entorno tridimensional donde se basa en la simulación de un ambiente tridimensional en el que el usuario percibe a través de estímulos

sensoriales y se siente dentro del mundo virtual que está explorando. Lo hace a través de dispositivos como guantes, gafas, cascos o trajes especiales, y todos ellos capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo. Este tipo de sistemas son ideales para aplicaciones de entrenamiento o capacitación. Hay dos tipos de gafas, las que tienen su propia pantalla incorporada como las Oculus Rift o las que necesitan que incorpores un smartphone para hacer de pantalla, como por ejemplo las Gear VR de Samsung. Otras marcas comerciales se están abriendo camino en el mundo de la RV ofreciendo estos dispositivos: HTC Vive (Reconoce Movilidad Del Sujeto), Oculus Rift, Sony Playstation Vr, Cardboard. O El Virtuix Omni

- **Realidad no inmersiva (sistemas de ventanas):** también descrita como RV de escritorio o Window on a World (WOW), trata del uso del ordenador como factor principal. Es aquella en la que la visualización de los elementos virtuales se hace a través de una pantalla. La interacción se hace a través de accesorios como el teclado, el ratón o el micrófono, que se convierten en el medio de entretenimiento. Se aprovecha de los medios que ofrece Internet para poder interactuar en tiempo real con diferentes personas o ambientes que, realmente, no existen. Este tipo es el más idóneo para visualizaciones científicas, aunque lo más extendido es como medio de entretenimiento. Ejemplos de ello son: Wii junto con la base (wii fit) y ordenador con periféricos sensoriales
- **Realidad semi-inmersiva o inmersiva de proyección:** se caracteriza por ser cuatro pantallas en forma de cubo, tres para las paredes y otra para el suelo, que rodean al usuario. Este necesita de unas gafas y un dispositivo de seguimiento de movimientos en la cabeza. Son usados principalmente para aquellas visualizaciones donde se requiere que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real.

Por lo tanto, en el sistema de RV, debe aparecer elementos básicos que deben estar presentes para reconocerlos como tal y son:

- Simulación interactiva: (toman decisiones, actúan, observan las consecuencias).
- Interacción implícita: (sensores que capturan la acción del usuario)
- Inmersión sensorial: (sensación real).

## **1.8 JUSTIFICACIÓN**

Dado el avance de la tecnología, el aumento de la esperanza de vida y la incidencia cada vez mayor de enfermedades, se hace ineludible atender a las patologías desde una nueva perspectiva, incluyendo aparatos que faciliten la evaluación, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades.

De ese modo, los sistemas de RV se han ido abriendo camino en el mundo de la salud dando resultados favorables en el ejercicio de tratamiento de déficits motores y cognitivos en patologías neurológicas como el Ictus, Esclerosis Múltiple y Parálisis Cerebral Infantil, queriendo demostrar su aplicabilidad en la Enfermedad de Parkinson (EP).

El entrenamiento con RV presenta ventajas potenciales al permitir la práctica individualizada de las habilidades en un ambiente interactivo motivador e interesante.

Por otro lado, la capacidad de poder crear un entorno personalizado y adaptado a las capacidades del enfermo aporta un valor añadido a este sistema como tratamiento al posibilitar tratar un entorno familiarizado y cotidiano al usuario y así trabajar aspectos como las Actividades de la Vida Diaria (AVD) y Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD).

En la actualidad, el tratamiento para afrontar la EP es puramente farmacológico, si bien ayuda a minimizar los síntomas clínicos, no reniega de otros tratamientos coadyuvantes que ayuden a frenar e incluso a mejorar los síntomas motores y cognitivos.

## 2. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Investigar el estado actual de la Realidad Virtual como proceso de rehabilitación en la Enfermedad de Parkinson

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar los efectos que la Realidad Virtual tiene sobre la marcha y el equilibrio en pacientes con diagnóstico de Enfermedad de Parkinson.
- Observar los efectos que la Realidad Virtual tiene sobre el miembro superior e inferior en este tipo de pacientes.





### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 TIPO DE ESTUDIO Y FECHA DE CONSULTA

La búsqueda de esta revisión bibliográfica se ha realizado entre los meses de febrero y junio de 2019. El objetivo de esta revisión el recopilar la información ya existente sobre la Realidad Virtual como tratamiento rehabilitador en la Enfermedad de Parkinson y así poder implementarlo en nuestro entorno a través de plataformas como la Atención Primaria.

#### 3.2 BASES DE DATOS EMPLEADAS Y PALABRAS CLAVE

El proceso de búsqueda se realiza en la base de datos Pubmed, Cochrane, Elsevier, ResearchGate, Medline, ScienceDirect, con la combinación de las palabras clave: virtual reality, rehabilitation, y Parkinson

Se han utilizado diversos términos y palabras clave junto a combinaciones unidos por los siguientes operadores booleanos: "AND" "NOT".

Palabras clave: Parkinson; Rehabilitation; Virtual Reality.

#### 3.3 PROCESO DE SELECCIÓN

El procedimiento de búsqueda para esta revisión se basa en la estrategia PICO, utilizada para la elaboración de la pregunta de estudio.

**Tabla 1:** Proceso de búsqueda siguiendo la estrategia PICO

<b>Paciente</b>	Pacientes con Enfermedad de Parkinson
<b>Intervención</b>	Realidad Virtual
<b>Comparación</b>	Realidad Virtual frente aquellos que no la reciben
<b>Outcomes/Variables</b>	Velocidad, Longitud de la zancada, Time Up and Go, Berg Balance Scale, PDQRS

**Fuente:** Elaboración Propia

Dada la edad a la que se suele manifestar esta patología, no fue necesario incluir criterios a los estudios respecto a la edad, pues todos coincidían en el rango de edad superior a los 55 años.

En cuanto al sexo de los participantes en los estudios, tampoco fue necesario aplicar ningún criterio al ser ambos válidos para la presente revisión.

Por último, al ser objeto de nuevas investigaciones no se ha considerado necesario un protocolo de actuación puesto que en la actualidad no hay ningún consenso al respecto.

### *3.3.1 Criterios de Inclusión*

Primeramente, los criterios de inclusión iban dirigidos hacia estudios cuyos participantes poseyeran diagnóstico de Enfermedad de Parkinson y recibieran algún tratamiento de Realidad Virtual. Para el proceso de selección de búsqueda se han incluido aquellos artículos de habla anglosajona y habla hispana. Del mismo modo, los relacionados con seres humanos y cuyo estudio se fundamenta en un Ensayo Clínico Aleatorizado o Analíticos.

### *3.3.2 Criterios de Exclusión*

Se excluyeron aquellos artículos con más de diez años, que poseyeran información incompleta en los estudios o cuyo ensayo durara menos de una semana. Aquellos estudios que no hayan indicado conclusiones de estudio, también han sido excluidos.

#### 4. **RESULTADOS**

En la siguiente revisión bibliográfica se han identificado un total de 11 artículos extraídos de las bases de datos PubMed y otros enlaces de interés científico como Elsevier, Crochane, Lilacs, Medline y ResearchGate. El proceso de búsqueda comenzó en Pubmed empleando las palabras clave Virtual Reality AND Parkinson, obteniendo un total de 120 resultados. "virtual reality"[MeSH Terms] OR ("virtual"[All Fields] AND "reality"[All Fields]) OR "virtual reality"[All Fields) AND Parkinson [All Fields]. Tras añadir el criterio de inclusión “ensayo clínico” los resultados de la búsqueda se redujeron a 30 ("virtual reality"[MeSH Terms] OR ("virtual"[All Fields] AND "reality"[All Fields]) OR "virtual reality"[All Fields) AND Parkinson [All Fields] AND Clinical Trial[ptyp], quedando el mismo resultado incluyendo el criterio de selección de antigüedad máxima de diez años. Tras revisar el título de los artículos, se seleccionaron un total de 9, excluyendo aquellos que incluían en sus estudios otras patologías diferentes a la del Parkinson. Finalmente, al realizar una lectura comprensiva del Abstract o Resumen se seleccionaron 7 artículos.

Por otro lado, en la base de datos Cochrane se utilizaron las mismas palabras clave y descriptores booleanos, obteniendo en un principio, 20 resultados. Al no poder incluir en la base de datos el criterio de inclusión Clinical Trial, se procedió a eliminar los artículos duplicados. Tras reducir la búsqueda a 15 artículos, se procedió a leer el resumen quedando finalmente 2 artículos.

Finalmente, en Elsevier, con las mismas palabras clave se obtuvieron 10 resultados, pero tras pasar el filtro de estudio clínico el resultado fue de 6 y al realizar una lectura completa detectando las variables estudiadas obtuvimos 2.



### DIAGRAMA DE RESULTADOS

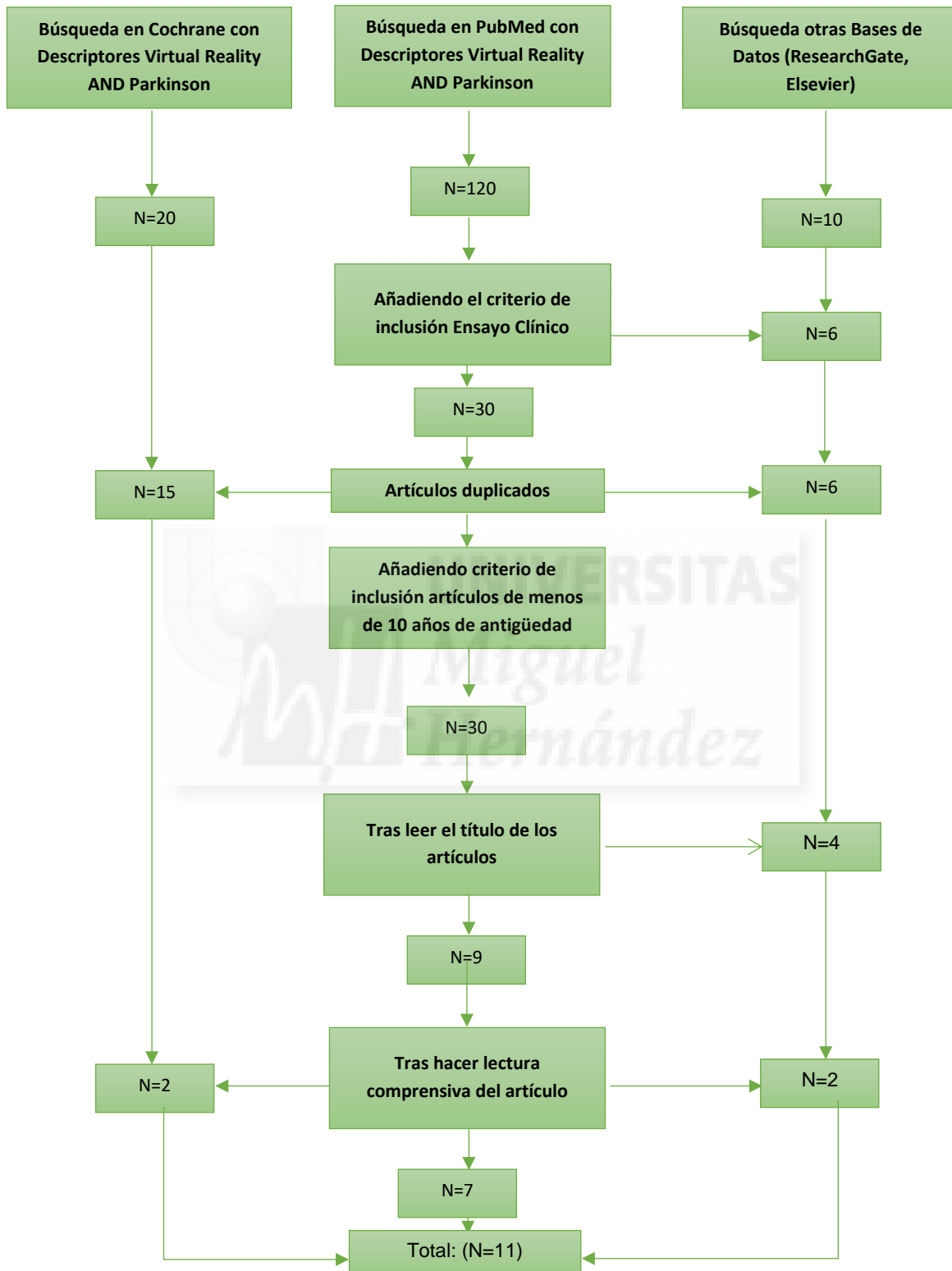


Figura 1: Identificación de los estudios y procesos de selección

Fuente 1: Elaboración Propia

## RESULTADOS

Todas las tablas poseen los resultados en desviación típica (SD) o media.

Tabla 2: Resultados de los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica

<b>Autor</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Intervención</b>	<b>Duración</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Dispositivo de RV</b>
<b>Wang CY, 2011 et al.</b> <sup>(33)</sup>	Estudio piloto controlado aleatorizado	Comparar el rendimiento de alcanzar blancos estacionados y móviles en la RV y realidad física (RF) en personas con EP	GC: mujeres (n=14) hombres (n=11) sin EP de edad similar (n=25) GE: mujeres (n=13) y hombres (n=16) con EP idiopática (n=29)	RF de GC: alcance de pelota en la zona de contacto en 4 ocasiones. RV de GE: alcanzar la pelota observando los tiempos de reacción en función de la velocidad de la pelota establecidas en la RF.	GC: alcance de 1 ocasión de prueba y 5 intentos por condición GE: alcance de 3 ocasiones de prueba y 5 intentos por condición	-Tiempo de movimiento -Amplitud de velocidad pico -Porcentaje de tiempo de movimiento total representada por la fase de aceleración (PTA)	Proyección conectada al sistema Patriot, sensores en la mano derecha y esternón y gafas polarizadas
<b>Ma HI, et al. 2011</b> <sup>(34)</sup>	Estudio piloto controlado aleatorizado	Investigar si la práctica de alcanzar objetivos móviles en la RV mejora la motricidad en personas con EP	GC: Personas con EP (n=16) GE: Personas con EP (n=17)	Ambos grupos realizan un pretest con bola estacionada. GC: entrenamiento placebo girando 60 veces cilindros de madera GE: alcanzar 60 bolas en movimiento con RV	Tiempo: 10 minutos en realizar 1 prueba y 5 intentos por condición (1 con la pelota estacionada y 4 con la pelota en movimiento).	-Tiempo de movimiento(s) -Velocidad Pico (cm/s) -Porcentaje de tiempo de movimiento por la fase de aceleración (PTA)	Proyección conectada al sistema Patriot y sensores en la mano derecha y esternón.

Tabla 2: Resultados de los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica

Autor	Tipo de estudio	Objetivo	Participantes	Intervención	Duración	Herramientas	Dispositivo de RV
<b>Mirelman A, et al. 2011</b> <sup>(35)</sup>	Prueba de etiqueta abierta	Demostrar la posibilidad de utilizar entrenamiento en cinta+RV en pacientes con EP y examinar su efectividad para mejorar la marcha, DT y NO	GE: 20 participantes con EP	GE: caminar en cinta con obstáculos en RV	6 semanas (3 veces por semana) de 45 minutos	-Velocidad de la marcha -Tiempo de paso -Longitud de la zancada -Cognitivos -UPDRS motor -Four Square Step test -Quality of life (PDQ-39)	Entorno virtual al aire libre, luces leds en los zapatos, arnés y cinta.
<b>Yen CY et al, 2011.</b> <sup>(36)</sup>	Estudio clínico controlado longitudinal aleatorizado	Examinar los efectos del entrenamiento con RV en el control postural bajo demandas adaptativas	42 personas con EP GC: (n=14) no recibe intervención GE1: (n=14) tratamiento con RV GE2: (n=14) entrenamiento convencional	GC y GE recibieron un entrenamiento de equilibrio. 3 modalidades: bola 3D rodante, actividad virtual de interior y de exterior.	6 semanas, 2 veces a la semana. Sesiones de 10 minutos de calentamiento y 20 minutos de entrenamiento con RV	-Equilibrio -Reacciones sensoriales -Tiempos de reacción verbales.	Sistema de equilibrio SMART
<b>Yang WC et al, 2015.</b> <sup>(37)</sup>	Estudio clínico controlado aleatorizado	Examinar los efectos del protocolo desarrollado para el entrenamiento del equilibrio en RV en el ambiente de hogar.	23 personas con EP. GC: (n=11) personas con EP GE: (n=12) personas con EP	GC: recibe entrenamiento físico convencional. GE: recibe entrenamiento de equilibrio con RV.	6 semanas, 2 veces a la semana en sesiones de 50 minutos	-Berg Balance Scale (BBS) -Dynamic Gait Index -Time Up and Go -PDQ-39 -UPDRS-III	El sistema de entrenamiento de la balanza RV incluye un ordenador y una tabla de equilibrio inalámbrica
<b>Shih MC et al, 2015.</b> <sup>(38)</sup>	Estudio clínico a doble ciego controlado aleatorizado	Examinar la eficacia de la base del sensor Kinect como intervención en la	20 participantes con EP GE: (n=10) GC: (n=10)	GE: recibe entrenamiento de equilibrio con juegos y el sensor de la Kinect GC: entrenamiento convencional de equilibrio	8 semanas, dos sesiones por semana, durante 50 minutos	-Tiempo de respuesta -Velocidad de movimiento -Berg Balance Scale (BBS) -Timed Up and Go	Sensores de la Kinect con captura en 3D del movimiento

Tabla 2: Resultados de los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica

Autor	Tipo de estudio	Objetivo	Participantes	Intervención	Duración	Herramientas	Dispositivo de RV
<b>Palacios G et al, 2015</b> <sup>(39)</sup>	Estudio piloto	Crear un videojuego a personas con EP para mejorar la rehabilitación motora	7 personas con EP	GE: participar en un juego con RV donde se trabaja miembro inferior.	5 semanas, 4 veces por semana, 30 minutos al día.	-10 MWT (segundos)	Kinect
<b>Killane I et al, 2015</b> <sup>(40)</sup>	Estudio piloto	Combinar sesiones motoras y cognitivas con RV para mejorar la doble tarea en pacientes con y sin FOG	20 participantes con EP. 13 con CDM y 7 sin CDM	La intervención combina entrenamiento cognitivo y motor	8 sesiones, 2 veces a la semana con intervenciones de 20 minutos	-Tiempo de paso -Simetría -Ritmo -Precisión -Tiempo de reacción	Juego de laberinto de RV, tabla de equilibrio y mando Wii.
<b>Pompeu JE et al, 2012</b> <sup>(41)</sup>	Estudio clínico controlado aleatorizado	Investigar los efectos de la Nintendo Wii basado en el entrenamiento cognitivo-motor comparado al ejercicio tradicional en pacientes con EP	22 participantes con EP GC: (n=16) GE: (n=16)	GE: 5 juegos por sesión, 2 entrenamientos por cada juego GC: 10 ejercicios (5 por sesión) donde se trabajan los mismos movimientos que en el GE.	14 sesiones que consta de 30 minutos de calentamiento y 30 de entrenamiento de equilibrio y seguimiento a los 60 días.	-UPDRS-II -Berg Balance Scale (BBS) -Unipedal Stance Test with eyes open -Unipedal Stance Test with eyes open dual task condition -Unipedal Stance Test with eyes closed -Montreal Cognitive Assesment	Nintendo Wii

Tabla 2: Resultados de los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica

Autor	Tipo de estudio	Objetivo	Participantes	Intervención	Duración	Herramientas	Dispositivo de RV
<b>Laio Y et al, 2015</b> <sup>(42)</sup>	Estudio clínico a simple ciego, estratificado, aleatorizado	Examinar los efectos de RV basados en ejercicios con obstáculos y equilibrio en pacientes con EP	36 participantes con EP Grupo RV Wii (n=12) Grupo ET: (=12) GC: (N=12)	Grupo RV Wii Fit: 10 minutos de Yoga, 15 minutos de ejercicios de fuerza y 20 de juegos de equilibrio Grupo ET: 10 minutos de estiramientos, 15 minutos de fortalecimiento y 20 de ejercicios de equilibrio GC: reciben educación preventiva	12 sesiones en 6 semanas, 45 minutos de entrenamiento y 15 min de cinta	-Velocidad -Longitud de la zancada -Crossing stride length -Crossing stride velocity -Vertical toe-obstacle clearance	Wii Fit con tablero de equilibrio
<b>Espay A et al, 2010</b> <sup>(43)</sup>	Estudio clínico no aleatorizado	Evaluar la viabilidad y los efectos del entrenamiento en el hogar con un dispositivo de retroalimentación sensorial de circuito cerrado en pacientes con EP.	12 participantes con EP sin grupo control	Ejercicios de entrenamiento en el hogar para mejorar la forma de andar con gafas de RV y auriculares que funcionan en modo de bucle cerrado adaptativo	Uso del dispositivo visual-auditivo en casa 2 veces al día al menos 30 minutos al día durante dos semanas.	-UPDRS III	Gafas de RV GaitAid Virtual Walker™

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las tablas que se muestran a continuación muestran la Desviación Estándar (SD) o media de las variables de sus estudios

Tabla 3: Resultados "Comparison of Virtual Reality Versus Physical Reality on Movement Characteristics of Persons With Parkinson's Disease: Effects of Moving Targets" Wang CY et al, 2011 <sup>(33)</sup>

Variables dependientes	Contexto	Estacionada	1,1s	0,9s	0,7s	0,5s
<b>Tiempo de movimiento (s)</b>						
<b>Control</b>	Físico	0,58±0,13	0,79±0,16	0,72±0,10	0,60±0,06	0,44±0,06
	Virtual	0,57±0,10	0,82±0,16	0,73±0,13	0,57±0,10	0,44±0,05
<b>Experimental</b>	Físico	0,78±0,18	0,81±0,09	0,76±0,10	0,61±0,09	0,45±0,06
	Virtual	0,76±0,13	0,87±0,15	0,75±0,10	0,62±0,07	0,51±0,08
<b>Velocidad pico</b>						
<b>Control</b>	Físico	199,09±43,5	135,26±31,56	145,16±27,26	163,74±25,22	243,68±35,31
	Virtual	189,69±33,8	132,77±36,00	146,41±39,87	176,81±37,26	223,36±35,46
<b>Experimental</b>	Físico	153,41±33,8	128,78±21,12	139,58±22,93	164,90±28,79	223,25±24,70
	Virtual	147,79±33,2	129,24±25,79	143,39±25,81	170,88±23,55	204,78±28,64
<b>PTA (%)</b>						
<b>Control</b>	Físico	38,31±10,17	49,65±13,12	49,21±12,02	39,99±11,33	42,81±11,85
	Virtual	36,12±7,50	49,36±14,19	10,12±11,96	39,43±10,93	38,88±7,10
<b>Experimental</b>	Físico	40,72±9,87	54,55±15,24	49,86±12,83	48,25±10,87	48,01±10,36
	Virtual	36,48±7,48	41,03±8,014	39,04±11,17	35,31±8,62	37,23±7,39

Tabla 4: Resultados del estudio RV con pelota estacionada "Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial" Ma HI, et al. 2011 <sup>(34)</sup>

Variable	Grupos		
	Prueba	Virtual reality	Control
<b>TM (s)</b>	Pre	0.79±0.17	0.78±0.20
	Post	0.67±0.15	0.79±0.18
<b>VP (cm/s)</b>	Pre	147.55±31.37	159.63±36.17
	Post	166.84±36.58	149.33±40.50
<b>PTA (%)</b>	Pre	0.42±0.10	0.39±0.10
	Post	0.39±0.08	0.41±0.09

VP: velocidad pico

PTA: porcentaje tiempo de movimiento pasa la fase de aceleración

TM: tiempo de movimiento

Tabla 5: Resultados del estudio RV con pelotas en movimiento: "Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial" Ma HI, et al. 2011 <sup>(34)</sup>

Variable	Prueba	Grupo de realidad virtual				Grupo Control			
		1,1s	0,9s	0,7s	0,5s	1,1s	0,9s	0,7s	0,5s
TM (s)	Pre	0.83±0.10	0.77±0.09	0.60±0.08	0.46±0.06	0.78±0.08	0.73±0.11	0.61±0.11	0.45±0.07
	Post	0.82±0.14	0.73±0.11	0.59±0.07	0.44±0.07	0.77±0.06	0.72±0.08	0.62±0.11	0.45±0.05
VP(cm/s)	Pre	124.4±2.15	137.6±2.2	164.5±3.52	217.6±3.60	133.7±20.1	141.1±2.50	164.4±2.15	229.0±3.45
	Post	126.9±3.11	138.4±3.32	165.6±3.22	218.5±4.30	131.1±19.1	139.0±2.98	158.0±2.54	222.3±2.75
PTA (%)	Pre	0.55±0.17	0.50±0.16	0.47±0.11	0.47±0.12	0.54±0.13	0.52±0.09	0.50±0.12	0.49±0.08
	Post	0.52±0.12	0.50±0.13	0.42±0.10	0.43±0.09	0.53±0.13	0.53±0.13	0.50±0.12	0.47±0.10

VP: velocidad pico

TM: tiempo de movimiento

PTA: porcentaje tiempo de movimiento pasa la fase de aceleración

Tabla 6: Resultados de efectos de capacitación sobre medidas de la marcha en el estudio "Virtual Reality for Gait Training: Can It Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease?" Mirelman A, et al. 2011 <sup>(35)</sup>

Condición de prueba	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	A las 4 semanas
<b>MARCHA HABITUAL</b>			
Velocidad (m/s)	1,16±0,18	1,26±0,20	1,28±0,19
Tiempo de paso(s)	1,08±0,07	1,04±0,05	1,04±0,09
Longitud de la zancada (cm)	123,08±17,22	129,78±18,20	133,18±15,65
<b>DOBLE TAREA AL ANDAR</b>			
Velocidad(m/s)	1,01±0,23	1,17±0,15	1,13±0,17
Tiempo de paso (s)	1,15±0,11	1,10±0,07	1,08±0,09
Longitud de la zancada (cm)	113,07±23,70	121,31±24,21	126,32±15,88
<b>MARCHA EN PRUEBA DE RESISTENCIA</b>			
Velocidad (m/s)	1,01±0,18	1,16±0,18	1,13±0,16
Tiempo de paso (s)	1,13±0,24	1,04±0,07	1,06±0,13
<b>NEGOCIACIÓN DE OBSTÁCULOS</b>			
Velocidad (m/s)	0,96±0,19	1,17±0,22	1,17±0,20
Tiempo de paso (s)	1,10±0,09	1,05±0,07	1,06±0,10
Longitud de la zancada	147,97±16,97	160,66±17,79	161,46±17,47

## La Realidad Virtual y su aplicación en la rehabilitación de la Enfermedad de Parkinson

Tabla 7: efectos del entrenamiento en las medidas cognitivas y clínicas en el artículo: Virtual Reality for Gait Training: ¿Can I Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease? Mirelman A, et al. 2011 <sup>(35)</sup>

	Pre- entrenamiento	Post- entrenamiento	Seguimiento
<b>COGNITIVO</b>			
Fallos durante la marcha	1.5±1.8	1.0±1.2	0.8±1.2
Fallos doble tarea	13.9±14.8	6.9±8.4	12.8±7.6
<b>CLÍNICO</b>			
UPDRS motor	26.5±7.6	23.5±6.6	24.7±7.1
Four Square Step Test (S)	13.3±2.5	11.6±1.6	11.9±1.6
Quality of life (PDQ-39)	27.4±15.9	19.4±13.6	23.6±14.5

Tabla 8: Resultados Prueba Organización sensorial (POS) del artículo "Effects of Virtual Reality-Augmented Balance Training on Sensory Organization and Attentional Demand for Postural Control in People With Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Trial" Yen CY et al, 2011 <sup>(36)</sup>

Condición	GE1 con RV			GE2: convencional			GC		
	Pre	Post	Seguimiento	Pre	Post	Seguimiento	Pre	Post	Seguimiento
<b>POS-1</b>									
T.única	91	91.4	91	91.9	92	90.6	91.4	90.3	89.5
Doble tarea	90.9	91.4	89.9	92.1	91.9	90.9	91.3	89.9	89.7
<b>POS-2</b>									
T.única	87.7	88.8	89.0	89.8	91.2	90.2	88.9	89.3	89.3
Doble tarea	87.8	86.6	87.6	89.3	90.1	89.9	89.0	88.8	88.7
<b>POS-3</b>									
T.única	87.4	87.4	86.6	89.4	89.9	88.6	87.5	85.8	86.2
Doble tarea	87.1	87.1	87.2	89.2	87.1	87.9	87.5	85.7	86.5
<b>POS-4</b>									
T.única	64.8	68.1	71.0	72.1	77.7	76.14	70.4	66.8	67.4
Doble tarea	66.3	68.2	69.2	71.2	76.4	73.7	70.4	64.8	65.7
<b>POS-5</b>									
T.única	43.0	51.1	50.9	41.9	63.1	55.4	45.1	39.9	40.9
Doble tarea	43.0	49.6	49.9	37.9	55.1	53.6	40.2	36.7	41.4
<b>POS-6</b>									
T.única	37.4	54.3	48.6	40.2	55.0	53.2	44.5	42.1	44.2
Doble tarea	39.9	55.3	52.6	33.8	48.1	52.9	44.9	38.4	40.9

Tabla 9: resultados del estudio "Home bases virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's Disease: a randomized controlled trial" Yang WC et al, 2015 <sup>(37)</sup>

VARIABLE	GRUPOS					
	PRETEST		POSTTEST		SEGUIMIENTO	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC
BBS	46.9	46.9	50.3	51.1	49.6	49.8
DYNAMIC GAIT INDEX	16.9	17.4	21.0	20.6	20.0	20.1
TIME UP AND GO	22.9	21.1	19.6	18.0	20.7	18.8
PDQ-39	29.2	31.7	23.8	26.4	24.6	25.2
UPDRS-III	22.5	21.7	25.1	18.5	22.5	16.9

PDQ-39: cuestionario de 39 ítems en EP

UPDRS-III: escala de valoración unificada de la EP



Tabla 10: Resultados del estudio "Effects of balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individual with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial" Shih MC et al, 2015 <sup>(38)</sup>

	Grupo Experimental		Grupo Control	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
<b>LÍMITES DE ESTABILIDAD</b>				
-Tiempo de reacción (s)	0.96 0.33	0.74 0.24	0.88 0.24	0.79 0.18
-Velocidad de movimiento (deg/s)	3.37 1.35	3.83 0.97	4.19 1.54	4.57 1.41
Berg Balance Scale	50.9 5.32	53.2 2.86	50.4 4.79	53 1.89
Time Up and Go	9.5 2.45	8.71 1.18	10.5 4.66	9.18 3.42

Tabla 11: Resultados del artículo "A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study" Palacios G et al, 2015 <sup>(39)</sup>

10 MWT		
TEMA	ANTES	DESPUÉS
S1	6.7	6.1
S2	5.9	4.6
S3	18.2	14.6
S4	20.1	15.5
S5	12.3	10.1
S6	10.5	8.8
S8	7.3	5.9
SD	12.6	10.5

Tabla 12: Resultados del estudio "Dual Motor-Cognitive Virtual Reality Training Impacts Dual-Task Performance in Freezing of Gait" Killane I et al, 2015 <sup>(40)</sup>

Diferencias de intervención entre los grupos							
Tarea	Medida	Grupo CDM			Grupo sin CDM		
		Pre	Post	p-valor	Pre	Post	p-valor
ST	RT	0.75 0.37	0.7 0.07	0.052	0.79 0.27	0.62 0.07	0.049
	Tiempo de paso	0.96 0.15	0.80 0.23	<b>&lt;0.001</b>	0.78 0.12	0.62 0.09	<b>&lt;0.001</b>
	Ritmo Simetría	31.73 25.59 34.38 35.02	24.32 18.04 26.67 28.46	0.080	19.66 13.12	17.44 11.66	0.438
DT	RT	0.92 0.34	0.76 0.14	0.03	0.71 0.19	0.62 0.08	0.104
	Tiempo de paso	0.88 0.19	0.76 0.22	<b>0.003</b>	0.77 0.11	0.61 0.09	<b>0.001</b>
	Ritmo Simetría	41.41 38.6 53.13 62.22	28.85 24.6 31.93 36.36	0.044 0.132	18.95 12.27 7.28 2.33	15.15 11.89 7.71 2.45	0.182 0.571
DTE	RT	-27.5 25.5	-8.2 13.3	0.004	-4.8 21.4	-1.1 16.2	0.533
	Tiempo de paso	17.54 31.79	5.36 11.40	0.269	2.44 6.70	2.04 3.47	0.891
	Ritmo Simetría	-31.43 50.49 -51.16 77.77	-16.35 31.62 -15.57 30.93	0.434 0.195	-1.31 21.77 -0.72 12.86	19.17 14.59 0.00 12.4	0.061 0.916

ST: Single Motor Task  
 DT: Dual Motor Cognitive Task  
 DTE: Dual Task Effect

Tabla 13: Resultados Wii Fit Games del artículo "Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial" Pompeu JE et al, 2012. <sup>(41)</sup>

Game type	Initial session Mean (SD) score	Last session Mean (SD) score	Follow-up Mean (SD) score	Mean difference (SD) between scores in initial session and last session
Static balance	64 (25)	75 (20)	73 (23)	11 (16)
Dynamic balance	28 (18)	45 (30)	42 (30)	17 (26)
Stationary gait	101 (94)	154 (121)	138 (118)	51 (68)

Tabla 14: Resultados del artículo "Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial" Pompeu JE et al, 2012. <sup>(41)</sup>

	Before training Mean (SD)	After training Mean (SD)	Follow-up Mean (SD)
<b>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</b>			
Grupo Experimental	10.1(3.8)	8.1(3.5)	8.3(3.6)
Grupo Control	8.9(2.9)	7.6(2.9)	8.1(3.2)
<b>Berg Balance Scale</b>			
Grupo Experimental	52.9(4.1)	54.4(2.2)	54.1(2.0)
Grupo Control	51.9(4.6)	53.1(3.4)	53.1(3.1)
<b>Unipedal Stance Test with eyes open</b>			
Grupo Experimental	23.4(22.0)	32.9(22.6)	31.2(23.1)
Grupo Control	21.1(20.8)	25.2(21.4)	23.4(19.9)
<b>Unipedal Stance Test with eyes open, dual task condition</b>			
Grupo Experimental	23.8(18.9)	26.0(20.3)	25.0(21.4)
Grupo Control	18.6(16.5)	20.3(19.8)	20.8(18.1)
<b>Unipedal Stance Test with eyes closed</b>			
Grupo Experimental	4.0(2.9)	5.3(5.0)	5.3(5.0)
Grupo Control	3.1(3.0)	4.2(4.5)	4.5(4.4)
<b>Montreal Cognitive Assessment</b>			
Grupo Experimental	20.6(4.5)	22.2(4.5)	21.8(4.5)
Grupo Control	21.7(4.6)	23.1(4.6)	23.3(3.4)

Tabla 15: Resultados de Obstáculos artículo "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, 2015<sup>(42)</sup>

	Control (n = 12)			TE (n = 12)			VRWii (n = 12)		
	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up
<b>Velocidad (cm/s)</b>	0.4± 6.1	8.5± 7.0	8.2± 7.3	7.5± 1.8	5.8± 8.0	4.7± 1.4	5.2±11.4	87.0±16.5	91.1± 0.0
<b>Longitud zancada(cm)</b>	09.8± 7.5	08.3± 9.0	07.0± 9.3	10.3±19.12	18.6± 8.7	15.7±18.6	08.9 ± 8.4	23.0± 4.2	25.2± 3.7

TE: Traditional exercise

VRWii: virtual reality-based Wii Fit exercise.

Tabla 16: Resultados Equilibrio Dinámico and SOT Score del artículo "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, 2015 <sup>(42)</sup>

	Control (n = 12)			TE (n = 12)			WRWii (n = 12)		
	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up
Forward MV (%)	2.4 ± 0.7	2.4 ± 0.8	2.3±1.	2.2±0.9	3.0 ± 1.1	3.0 ± 1.3	2.0±0.6	3.6 ± 0.8	3.6 ± 1.3
Sideward MV	2.9 ± 0.9	2.7 ± 1.0	2.9±1.2	2.9±1	3.8 ± 1.6	3.7 ± 1.3	2.7 ± 0.6	4.3 ± 0.9	4.3 ± 1.1
Forward DC (%)	76.6±10	76.1±11	76.5±11.0	74.5±9.7	81.3±6.4	80.5±3.8	73.5±4.8	84.0 ± 10.0	83.2 ± 10.7
Sideward DC (%)	76.7±6.6	74.2 ± 9.2	73.6±11.0	77.3±5.8	80.1±5.8	78.2±6.9	74.9 ± 9.3	79.7 ± 6.3	81.6 ± 4.2
SOT score (%)	68.2± 8.1	67.2±11	65.7±9.3	67.9±10.5	74.3±8.2	74.7±6.7	65.4±8.5	75.9 ± 5.0	75.8 ± 6.2

DC: directional control

MV: movement velocity (mayor puntuación indica mejor integración sensorial)

SOT: sensory organization test (mayor puntuación indica mejor integración sensorial)

TE: traditional exercise

Tabla 17: Comparación TUG, PDQ-39 y FES-I "Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease" Laio Y et al, <sup>(42)</sup>

	Control (n = 12)			TE (n = 12)			WRWii (n = 12)		
	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up	Pre	Post	Follow-up
TUG	11.9±2.7	12.6±3.6	12.9±3	12.1±2	11±1.8	10.7±1.5	12.6±4	12.6±4.1	9.7± 2.3
PDQ-39	78.2±23.3	79±24.3	80.2 ±24.5	82.2±27.3	70.8±27.	70.6 ±26	84.5±26	68.8±20	65.8 ± 18.3
FES-I	34.4±11	34.9±12	35.2±1	38.7±12.4	31.5±9	31.5±10.	39±14	27.8 ±9.4	28± 11.4

TUG: time up and Go

PDQ-39: parkinson's disease questionnaire

FES-I: Falls efficacy scale international

Tabla 18: Resultados estudio "At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease" Espay A et al, 2011 <sup>(43)</sup>

Condición	Velocidad (cm/s)	Longitud de la zancada (cm)	Cadencia (pasos/min)
<b>Sin dispositivo</b>			
Visita 1	64,2±18,8	75,0±15,4	104,4±22,0
Visita 2	69,2±22,8	81,1±19,9	108,9±23,3
<b>Dispositivo sin retroalimentación</b>			
Visita 1	66,6±18,3	73,9±15,9	117,1±23,3
Visita 2	71,5±23,4	86,1±23,7	114,8±43,6
<b>Retroalimentación solo visual</b>			
Visita 1	56,4±22,0	69,6±20,5	105,3±26,3
Visita 2	69,5±26,8	80,4±22,6	109,2±24,5
<b>Retroalimentación visual-auditiva</b>			
Visita 1	61,6±20,1	74,3±16,4	105,4±32,0
Visita 2	72,6±26,5	84,0±18,5	110,6±41,8
<b>Sin retroalimentación</b>			
Visita 1	64,5±21,4	79,0±20,3	107,4±42,3
Visita 2	75,4±21,5	88,8±17,7	114,6±25,8





## 5. DISCUSIÓN

A continuación se realiza una descripción de las intervenciones empleadas en los artículos de esta revisión bibliográfica:

MA HI et al <sup>(35)</sup>: Se utilizó un sistema de movimiento electromagnético tridimensional (Patriot), para registrar movimientos cinemáticos. Para ello se emplearon 2 sensores: uno colocado en el esternón y otro a la posición inicial de la superficie dorsal de la mano derecha. El sistema de RV está basado en la proyección conectado al Patriot para proporcionar el programa de entrenamiento virtual con pelota en movimiento. Para ello, los participantes llevaban gafas polarizadas, visualizando una rampa. Los usuarios pueden ver en tiempo real el movimiento de sus manos. Además la flexión y extensión de tronco produce cambios en en el mundo virtual. La pelota es lanzada desde detrás de la rampa y se diseña una zona de contacto de 10 cm de longitud en el extremo final de la rampa y, se requirió que los participantes agarraran la tabla en la zona de contacto. Debido a que la bola se libera desde diferentes puntos desde detrás de la barrera, el tiempo que tardó en aparecer hasta la zona de contacto fue de 1,1 , 0,9, 0,7 y 0,5 s.

Wang CY et Al <sup>(34)</sup> : Se estudió un diseño de medidas repetidas. Al igual que en el estudio de Ma HI et al<sup>(35)</sup>, los participantes deben alcanzar la pelota con la mano derecha en 5 condiciones, una estacionaria y 4 en movimiento. En la condición estacionaria, el paciente debía alcanzar la pelota lo más rapido posible colocada en la zona de contacto, y el resto, de forma aleatoria.

Mirelman A et al <sup>(36)</sup>: El sistema de RV fue diseñado específicamente para este estudio. Se requirió que los participantes procesaran estímulos múltiples simultáneamente y, los desafió a tomar decisiones sobre la negociacion de obstáculos en dos planos mientras continuan caminando en cinta. Estas decisiones se hicieron más difíciles con los distractores, como los cambios de iluminación y los objetos en movimiento en la simulación y mediante el ajuste de la frecuencia y el tamaño de los obstáculos virtuales. Por lo tanto, el entorno virtual impuso un carga cognitiva que exigía atención, selección de respuesta y procesamiento de estímulos visuales intensos que implican varios procesos

perceptivos. La actividad comienza tras 5 minutos de calentamiento (caminar sobre la cinta). Tras esto, se introduce la RV manipulados la velocidad, orientación, tamaño, frecuencia de aparición y la forma de los objetos de acuerdo a las necesidades individuales, siguiendo un protocolo estandarizado. Este está diseñado para lograr una tasa de éxito del 80 % durante el entrenamiento, tratando de eliminar obstáculos promoviendo el compromiso y el aprendizaje motor.

Yen Cy et al <sup>(37)</sup>: A continuación se detalla el procedimiento de evaluación antes de entrenamiento, después del entrenamiento, y en seguimiento, incluyendo: tarea única primaria (SOT o POS estando de pie), una sola tarea secundaria (prueba cognitiva sentado) y una tarea doble (SOT prueba cognitiva estando de pie). La secuencia de las 3 tareas fue al azar.

- La tarea única primaria (mientras está de pie) se realizó utilizando el sistema de equilibrio SMART. Por otro lado, los participantes usaron un arnés tipo chaleco para evitar caídas.

Durante la prueba, los participantes fueron instruidos para permanecer lo más quietos posible con sus brazos a los lados y ojos mirando hacia adelante. Se permitió de quince a treinta segundos de descanso entre las condiciones sensoriales.

- Tarea única secundaria (mientras está sentado). Los participantes se encuentran sentados. Durante esta tarea reciben 4 sesiones de resta aritmética auditiva para practicar. En cada sesión, se practicaron 6 reales y 4 ensayos falsos de señal auditiva distribuidos aleatoriamente para evitar efecto anticipatorio. Los participantes fueron instruidos para responder lo más rápido posible, contando hacia atrás, restando 1 después de escuchar los 2 dígitos.
- Tarea doble (mientras está de pie). En adición al resto, a mitad de la prueba, el participante debía responder durante 20 segundos una prueba aritmética.

Yang Wc et al <sup>(38)</sup>: El sistema de RV empleado por este autor, incluye una pantalla táctil y una tabla de equilibrio inalámbrico. La tabla manda la información sobre el equilibrio por bluetooth al ordenador. Por otro lado, para incrementar el grado de dificultad se emplea una espuma blanda superpuesta a la tabla. El software de RV posee tres programas: aprendizaje básico, tareas de la vida diaria en interiores y por último, en exteriores. En cada sesión practican: postura estática (10 minutos) y, cambios de peso dinámicos (2 bloques de 10 minutos cada uno) en el entrenamiento convencional el participante actúa bajo instrucción del terapeuta, practicando las mismas posturas con dificultad similar.

Shih MC et al <sup>(39)</sup>: Los participantes en ambos grupos se sometieron a entrenamiento de equilibrio durante 50 minutos por sesión, dos sesiones cada semana, durante 8 semanas. Cada sesión de entrenamiento comenzó con un calentamiento de 10 minutos y finalizó con un período de relajación de 10 minutos. Tanto el período de calentamiento como el de relajación se centraron en los ejercicios de estiramiento del tronco y las extremidades.

Los participantes en el grupo experimental (BE-balance-based exergaming) recibieron una intervención de ejercicio basada en el equilibrio de 30 minutos utilizando el sensor Kinect (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.). El sensor Kinect incorpora luz infrarroja y una cámara de video, lo que crea un mapa en 3D del área que se encuentra frente a él. Este dispositivo proporciona una captura de movimiento 3D de cuerpo completo. Se usaron cuatro programas de ejercicio para el entrenamiento, diseñados para incorporar un nivel apropiado de desafío para que coincida con la capacidad y la forma física de las personas con EP.

El primer programa se llamó "Alcanzar la tarea 1". En esta tarea, se les pidió a los participantes que alcanzaran un objetivo estacionario en un lugar determinado.

El segundo programa se llamaba "Alcanzar la tarea 2". Se les pidió a los participantes que rastrearan un objeto en movimiento alargando el brazo y sumergiendo la mano en el objeto mientras navega en el espacio tridimensional.



El tercer programa se llamaba “Evitación de Obstáculos”. Los participantes fueron instruidos para evitar próximos obstáculos que se aproximaran desde diferentes direcciones al azar, moviendo el cuerpo hacia la derecha / izquierda o arriba / abajo.

La tarea final se llamó “Marchar”. Los participantes fueron instruidos para dar pasos alternativos sin avanzar ni retroceder mientras seguían barras dinámicas que subían y bajaban automáticamente a una velocidad y frecuencia predeterminadas. Durante la duración del entrenamiento, el nivel de desafío se incrementó progresivamente ajustando la amplitud, frecuencia, velocidad, complejidad y cantidad de pistas.

Palacios G et al<sup>(40)</sup>: el protocolo de ejercicio propuesto involucró movimientos laterales de las piernas. Mientras estaban de pie, los sujetos debían alcanzar uno de los dos topos visualizados en la pantalla, presentándose de forma aleatoria, ya sea a la derecha o izquierda del usuario. El movimiento se consideró como finalizado cuando la pierna accede al objetivo. La interacción existente entre el paciente y la aplicación está formada por una secuencia de acciones que compone una sesión de rehabilitación. Las principales etapas de este proceso son: El terapeuta tiene que seleccionar el paciente en la sesión activa, la configuración de los parámetros se realiza más tarde de acuerdo al grado de dificultad obteniendo mayor adherencia al tratamiento. A continuación el paciente realiza la sesión virtual y finalmente, observa los resultados obtenidos para verificar la progresión alcanzada.

Killane I et al <sup>(41)</sup>: La intervención se realizó en un entorno hospitalario, pero fue diseñado para ser transportado y permitir la intervención en el hogar, dado la reducida movilidad de este grupo de pacientes. Asistieron 20 minutos por sesión, en 8 ocasiones durante un período de dos semanas. Asistieron dos participantes simultáneamente donde se combinaba el entrenamiento cognitivo y motor. La tarea se muestra en una pantalla de cincuenta y cinco pulgadas colocada a una altura de 2 metros, y a 1 metro del participante. El diseño consistía en un juego de laberinto RV a través del cual, el participante es orientado con la ayuda de un mapa leyenda (Figura 2). El laberinto incorporó giros, pasillos estrechos y puertas. El entorno de RV funcionaba a una velocidad

constante 1m/s teniendo que encontrar su salida del laberinto dentro de un límite de tiempo indicado por un temporizador de cuenta regresiva.

Pompeu JE et al <sup>(42)</sup>: El Entrenamiento de equilibrio para el grupo experimental fue compuesto de 14 sesiones, cada una con una duración de 30 minutos, con 10 juegos de la Wii (cinco juegos por sesión, dos pruebas de cada juego). Además, se realizó una sesión adicional a los 60 días después del final del entrenamiento (seguimiento). Las puntuaciones fueron grabadas en la segunda prueba de cada juego, que se realizó sin interrupción del fisioterapeuta. La primera prueba de cada el juego se llevó a cabo bajo la supervisión de un fisioterapeuta, que participó activamente en el entrenamiento a través de la orientación sobre los movimientos necesarios para un buen rendimiento del juego por estimulación somatosensorial, correcciones posturales e instrucciones verbales. Para evaluar el rendimiento de los pacientes para requisitos motores, los juegos se dividieron en tres grupos: (1) equilibrio estático (extensión de una pierna y giro del torso); (2) equilibrio dinámico (Tabla de inclinación, inclinaciones en la ciudad, futbolista y de pingüino slide); y modo de andar estacionario (desfile de ritmos, obstáculo curso, paso básico y ejecución básica). Las demandas cognitivas de los juegos fueron la atención para resolver las tareas, memoria de trabajo y gestión del rendimiento. Tres juegos requieren inhibición de respuestas, toma de decisiones y cambios de estrategia. Dos juegos requieren memoria a corto plazo, y dos juegos estimulados división de la atención entre los movimientos de los miembros superiores e inferiores.

El grupo de control realizó ejercicios de equilibrio con los mismos movimientos y el tiempo requerido por cada juego en cada prueba; esto consistió en 10 ejercicios (cinco por sesión, dos ensayos de cada uno) que fueron equivalentes a las demandas del motor de la formación experimental del grupo, pero sin la disposición de señales externas, retroalimentación y estimulación cognitiva. En general, los ejercicios estimularon el desplazamiento del centro de la gravedad en los planos sagital y frontal, equilibrio estático, ejercicios de rotación del tronco en posición de pie y alternando pasos.

Laio Y et al <sup>(43)</sup>: consta de 3 grupos con diferentes intervenciones. El grupo de ejercicio tradicional (ET) incluye un programa de 10 minutos de ejercicios de

estiramiento, 15 de ejercicios de fortalecimiento y 20 de ejercicios de equilibrio. Los ejercicios de estiramiento se centraron en la parte superior del cuerpo y las extremidades inferiores con suave extensión y flexión de la articulación y rotación del tronco en posición de pie. En el grupo de RV, los ejercicios fueron dirigidos a fortalecimiento de miembros inferiores (encargados del control postural, el equilibrio y la marcha) y hacia ejercicios de equilibrio, empleando este protocolo:

- Las combinaciones de entrenamiento de equilibrio dinámico incluyeron cambios de peso simétricos con velocidad lenta y rápida, atrapar y lanzar bolas y pasos multidireccionales en posición de pie.
- Los ejercicios de entrenamiento de integración sensorial incluye posición parcial con una pierna con los ojos abiertos y cerrados y de pie con los ojos abiertos y cerrados.
- El ejercicio con RVWii: se visualizo un entorno virtual en una pantalla con un ancho y alto de 230 cm frente al participante. A través de la tecnología avatar, las imágenes se visualizaban en la pantalla a través de un proyector . Los caracteres virtuales proporcionan un feedback auditivo y visual. Además, los participantes pueden imitar el personaje virtual y ajustar los propios movimientos de acuerdo con la retroalimentación en tiempo real. En cada sesión de ejercicio WiiFit, los participantes se sometieron a 10 minutos de yoga, 15 minutos de ejercicios de fortalecimiento y 20 minutos de juegos de equilibrio. Los juegos de equilibrio consistían en fútbol, ski sin obstáculos, equilibrio de canicas, y equilibrio de burbujas.

Ambos grupos recibieron entrenamiento en cinta después de las sesiones de ejercicio para valorar los efectos del entrenamiento.

El último grupo, correspondiente al Grupo Control, compuesto por 12 personas, tan sólo recibieron instrucción preventiva ante el riesgo de caídas.

Espay E et al <sup>(44)</sup>: en este estudio se emplea el dispositivo visual-auditivo (Figura 4). El sistema de análisis de la marcha validado (GAITRite, CIR Systems, Inc., Havertown, Pensilvania) utilizado en este estudio consiste en una pasarela electrónica de 4 metros que contiene seis almohadillas de sensor encapsuladas en una alfombra enrollable para producir un área activa de 24 pulgadas (61 cm) ancho y 144 pulgadas (366 cm) de largo. En esta disposición, el área activa es una cuadrícula (48 sensores por 288 sensores colocados en centros de 0,5 pulgadas [1,27 cm]) con un total de 13,824 sensores. El software de aplicación controla la funcionalidad de la pasarela, procesa los datos brutos en patrones de pasos y calcula los parámetros temporales (de tiempo) y espaciales (de distancia) de la marcha, incluida la longitud de la zancada, la cadencia y la velocidad. Se pidió a los sujetos que caminaran a su ritmo habitual en un camino definido de 10 metros que abarca la pasarela GAITRite comenzando y terminando en el mismo punto bajo cinco condiciones: (1) sin retroalimentación sensorial (sin dispositivo, línea de base); (2) dispositivo visual-auditivo posicionado pero desactivado (dispositivo apagado), (3) dispositivo visual-auditivo posicionado con retroalimentación visual-activada, (4) retroalimentación visual y auditiva activada, y (5) nuevamente sin retroalimentación sensorial (dispositivo apagado, efecto residual inmediato). Cada condición se repitió tres veces y el promedio de éstas se utilizó para el análisis. Los sujetos fueron evaluados en dos momentos: línea de base (visita 1) y después de 2 semanas de uso en el hogar (visita 2).

La mayoría de los artículos tienen en común los métodos llevados a cabo para incluir a sus participantes objeto de estudio, al incorporar variables tales como edad, medicación, test cognitivos (Mini-mental) y situación basal, excluyendo a aquellos pacientes con evolución avanzada de la enfermedad.

Hay diversidad de dispositivos empleados en estos estudios de realidad virtual y variedad de métodos de registro de las variables.

Algunos autores como Ma HI et al, <sup>(34)</sup> y Wang CY et al, <sup>(33)</sup> deciden emplear como sistema de RV una proyección conectada al Patriot (sistema de seguimiento del movimiento para aplicaciones que requieren sensores), otros como Yang WC et al, <sup>(27)</sup> y Killane I et al, <sup>(40)</sup> hacen uso de plataformas de equilibrio

con apoyo de pantallas con imagen virtual y otros sin embargo, combinan en el entrenamiento tradicional con cinta, con la aplicación de sensores e imagen de RV para entrenar la marcha <sup>(35)</sup>.

Actualmente, es muy común el uso de las plataformas de videojuegos para la rehabilitación motora y cognitiva. Por ello, autores como Palacios-Navarro G et al, <sup>(39)</sup> y Shih MC et al, <sup>(38)</sup> han utilizado como sistema de evaluación de captación de gestos y movimientos que ofrece el Microsoft Kinect y, Laio Y et al, <sup>(42)</sup> y Pompeu JE et al, <sup>(41)</sup> utilizan el dispositivo WiiFit.

Otros estudios como el de Espay J et al, <sup>(43)</sup> deciden utilizar gafas virtuales para alcanzar una mayor inmersión en la RV, en concreto las WaitAid Virtual Walker™. Este sistema virtual emplea el modo de control de ciclo cerrado, esto quiere decir que, a medida que el sujeto avanza, el entorno retrocede en proporción a la velocidad del sujeto

Por otro lado, algunos dirigen su foco de estudio a la rehabilitación del miembro superior en EP. Wang CY et al, <sup>(33)</sup> utiliza los sistemas de RV basado en la proyección conectado al sistema Patriot para evaluar el efecto de la rehabilitación con RV en la velocidad y calidad del movimiento de los miembros superiores, al igual que Ma HI et al, <sup>(34)</sup>. El Patriot es un digitalizador que permite al usuario moverse libremente alrededor de los objetos.

Las variables de estudio más comunes para la evaluación de la marcha son la UPDRS y BBS, coincidiendo en los artículos de Mirelman A et al <sup>(35)</sup>, Yang et al <sup>(29)</sup>, Pompeu et al <sup>(41)</sup>, y Espay et al <sup>(43)</sup> para UPDRS y Shih MC et al <sup>(38)</sup>, Yang et al <sup>(30)</sup> y Pompeu JE et al <sup>(41)</sup> para la BBS. Por tanto, es posible describir las diferencias entre los resultados de estos análisis, con el empleo de métodos diferentes de investigación y determinando la actuación más eficaz.

En los ensayos clínicos de Pompeu JE et al <sup>(41)</sup> y Mirelman A et al <sup>(35)</sup> se observan cambios significativos entre los grupos de casos control y experimental, obteniendo mayores beneficios en estos últimos. Sin embargo, en el de Yang WC et al <sup>(30)</sup>, los resultados muestran cambios negativos en la escala UPDRS. La conclusión del estudio muestra la ineficacia del entrenamiento de equilibrio con RV en el hogar en comparación con el entrenamiento

convencional. Los resultados sugirieron que la RV domiciliaria podría ser una opción viable para los pacientes con EP, especialmente aquellos que viven en áreas con acceso limitado a los servicios de rehabilitación. También es plausible que el entrenamiento de balance de RV sea una alternativa interesante a la prescripción de ejercicio en el hogar.

Por otro lado, la escala BBS utilizada por Shih MC et al<sup>(38)</sup>, Yang WC et al<sup>(30)</sup> y Pompeu JE et al<sup>(41)</sup> en sus estudios muestra mejorías en las terapias en casa en ambos grupos entre el pre-tratamiento y post-tratamiento, sin encontrar diferencias en el post-tratamiento y el seguimiento en el caso de Yang WC et al<sup>(30)</sup>. En la aplicación del “exergaming” (juegos de ejercicio) con el sensor Kinect en el caso de Shih MC et al,<sup>(38)</sup> se observa un incremento en la puntuación (3.36 en GC y 4,17 en GE), traduciéndose en una mayor independencia funcional reflejada por la escala. Del mismo modo, Pompeu JE et al<sup>(41)</sup> también obtiene resultados positivos al emplear las intervenciones ofrecidas por la Wii Fit, con un incremento entre el pre y post-tratamiento de 1,4 puntos en el GE y 1,1 en el GC.

Estos mismos autores, a excepción de Pompeu JE et al<sup>(41)</sup>, emplean como herramienta de evaluación la escala Time Up and Go (TUG), también resultando positiva al aplicar la RV en su entrenamiento de equilibrio, sin poder justificar cuál de los tratamientos fue más efectivo, al tratarse de una escala con carácter subjetivo que varía según el evaluador.

En cuanto al resto de autores, como Palacios Navarro G et al<sup>(39)</sup>, y Yen CY et al<sup>(36)</sup>, emplean variables de estudio que difieren del resto. Para evaluar si el protocolo de entrenamiento realizaba transformaciones en el grado de deterioro de los sujetos en el estudio de Palacios Navarro G et al<sup>(39)</sup>, se realizó la comparación entre los resultados de 10MWT (Test de los 10 metros) antes del inicio y al final del protocolo de entrenamiento. Las puntuaciones de 10MWT, respectivamente, antes y después del entrenamiento, fue de  $12 \pm 6$  s (rango 6-20 s) y  $10 \pm 5$  s (rango 5-19 s). Se encuentran diferencias significativas con respecto al punto de vista estadístico ( $p = 0.002$ ). De igual modo, Yen CY et al<sup>(37)</sup> realiza el estudio con la finalidad de examinar los efectos del entrenamiento de RV en la integración sensorial solo y condiciones de doble tarea y comparar los

resultados con los de un entrenamiento de equilibrio convencional. Para ello emplea la Prueba de Organización Sensorial (POS).

Este consiste en 6 condiciones sensoriales: ojos abiertos, ojos cerrados y oscilación, balanceo con ojos abiertos, balanceo con ojos cerrados, plataforma y visión balanceante (Figura 3).

Las puntuaciones de equilibrio en POS-6 del grupo RV aumentó significativamente más que la del grupo de control después del entrenamiento.

Con relación a los dos autores que estudian los beneficios de la RV en la sintomatología propia de la EP en miembros superiores (MMSS), se observa que la metodología es similar, únicamente diferenciándose en el número de participantes y los intentos de prueba. Con el fin de detectar si la RV es una herramienta prometedora al ofrecer estímulos visuales de movimiento para aumentar la velocidad de movimiento, Wang CY et al, 2011<sup>(33)</sup> sometió a sus participantes a pruebas de alcance de objetos en distintas condiciones donde se debía alcanzar una pelota de tenis en una ocasión estacionada y en cuatro móviles.

Los resultados obtenidos tanto en la RV como en la realidad física, el grupo EP tuvo un tiempo de movimiento más largo ( $P < 0.001$ ) y una velocidad pico más baja ( $P < 0.001$ ) que los controles al alcanzar las bolas estacionarias. Cuando se proporcionaron objetivos móviles, el grupo de EP mejoró más que los controles en el tiempo de movimiento ( $P .001$ ) y la velocidad máxima ( $P .001$ ), y alcanzó un nivel de rendimiento similar al de los controles. Excepto por la condición de bola en movimiento más rápida (tiempo de visión objetivo de 0,5 s), que provocó un peor rendimiento en realidad virtual que en la realidad física, la mayoría de las condiciones de localización en realidad virtual provocaron un rendimiento generalmente similar al de la realidad física.

A pesar de ser más lentos que los controles al alcanzar las bolas estacionarias, las personas con EP aumentaron la velocidad de movimiento en respuesta a las bolas de movimiento rápido tanto en terapia física como en realidad virtual.



Un estudio con las características similares a este Ma HI et al<sup>(34)</sup>, coincide en los resultados y sugiere que el entrenamiento de RV puede mejorar la velocidad de movimiento, así como en el rendimiento cinemático alcanzando bolas estacionarias. Las personas con EP que practicaron la RV mejoraron en las tareas de orientación secuencial. Sin embargo, los resultados de la tasa de éxito sugieren que este entrenamiento de RV no ayudó a los participantes mejorar su coordinación visomotora cuando alcanzas objetos en movimiento. Estos resultados pueden atribuirse a la dificultad de la tarea, la diferencia de contexto y la práctica de condiciones.

El estudio de Mirelman A et al<sup>(35)</sup>, es el único en examinar los efectos del tratamiento en cinta de correr con RV para examinar su efecto en los pacientes con EP. Los resultados indican que puede mejorar significativamente el rendimiento físico y la marcha más allá de las mejoras que ofrece en tratamiento con cinta de correr únicamente. Las condiciones de la marcha complejas tales como, caminar con una doble tarea, negociación de obstáculos e incluso aspectos cognitivos parecer ser afectados positivamente por esta intervención.

Después de 6 semanas, se mostraron cambios significativos ( $p < 0.002$ ) con tres puntos en el UPDRS motor, 7 puntos en el dominio de la movilidad del PDQ-39 y en el cognitivo, poniendo en relieve los efectos beneficiosos de la RV+Entrenamiento en cinta, en la función cognitiva. Mirelman A et al<sup>(35)</sup>, incluye la negociación de obstáculos en su estudio por lo que el entorno virtual impuso un estímulo cognitivo que exigía atención, selección de respuesta y procesamiento de estímulos visuales que implican varios procesos perceptivos Este dato marca la diferencia con respecto a otros estudios donde no enfatizan los beneficios de la rehabilitación de la marcha en las habilidades cognitivas.

Yang WC et al<sup>(30)</sup>, no encontró en su estudio ninguna diferencia entre los efectos del entrenamiento de RV en el hogar con el entrenamiento convencional en casa, debido, posiblemente a la similitud del protocolo de ejercicios. Ambos tratamientos fueron efectivos. La hipótesis inicial sostenía que el entrenamiento de equilibrio RV en el hogar iba a ser superior al entrenamiento de equilibrio convencional en la mejora del equilibrio y deambulación.



En cuanto al estudio de Mirelman A et al<sup>(35)</sup> la intervención finalizó tras 6 semanas de entrenamiento (3 sesiones por semana). Durante la sesión inicial, los pacientes obtuvieron un 17 % de errores al negociar los obstáculos virtuales. En la última sesión el porcentaje medio de error disminuyó un 9%. La velocidad de la marcha durante la marcha habitual aumentó un 8,9 % y la longitud de la zancada y el tiempo de zancada también mejoraron. Los efectos de entrenamiento sobre la velocidad de la marcha, el tiempo de zancada y la longitud se mantuvieron en el seguimiento. La marcha en la doble tarea mejoró en un 17,4%, con mejoras significativas en la longitud de la zancada y el tiempo de zancada. La variabilidad también mejoró disminuyendo de 2,26 y 0,86 a 2,07 y 0.79% y se notaron mejoras adicionales en el seguimiento.

En el ensayo clínico de Shih MC et al<sup>(38)</sup>, se estudian dos grupos de entrenamiento con protocolos similares. El entrenamiento de equilibrio basado en el exergaming dio como resultado una mayor mejora en la estabilidad postural en comparación con el entrenamiento de equilibrio convencional.

Los resultados apoyan el uso terapéutico de “exergaming” ayudado por el sensor Kinect en personas con EP. Este estudio produjo dos hallazgos principales: 1) el entrenamiento basado en el equilibrio de “exergaming” tuvo un mayor efecto de estabilidad en la postura en comparación con el equilibrio convencional; 2) y ambos programas de entrenamiento mejoraron el equilibrio. Los cambios observados en este estudio son pequeños pero significativos apoyando el uso terapéutico de intervenciones de exergaming.

En el artículo de Espay A et al<sup>(43)</sup>, se observa después del entrenamiento con el dispositivo visual-auditivo, una velocidad de marcha ( $61.6 \pm 20.1$  cm / s a  $72.6 \pm 26.5$  cm / s,  $p = 0.006$ ) y la longitud de la zancada ( $74.3 \pm 16.4$  cm a  $84.0 \pm 18.5$  cm,  $p = 0.004$ ) mejorada. Tras la supresión del dispositivo, la velocidad de marcha ( $64.5 \pm 21.4$  cm / s a  $75.4 \pm 21.5$  cm / s,  $p < 0.001$ ) y la longitud de la zancada ( $79.0 \pm 20.3$  cm a  $88.8 \pm 17.7$  cm,  $p = 0.003$ ) mostraron una mayor magnitud de cambio, sugiriendo beneficios residuales inmediatos. También después de la eliminación del dispositivo, casi el 70% de los sujetos mejoró en al menos un 20%, ya sea en la velocidad de marcha, en la longitud de la zancada o en ambos.

El entrenamiento con retroalimentación visual-auditiva RV mejoró la velocidad de la marcha entre un 18 y 20% en el estado inmediato de remisión en una cohorte de pacientes con EP que presentaban alteraciones sustanciales de la marcha fuera del estado después de un período de 2 semanas de autoaprendizaje en el hogar. Los beneficios no se observaron en cada visita, inmediatamente después de la activación del dispositivo, sino como un efecto inmediato residual al final de la última evaluación.

En el ensayo clínico de Laio Y et al<sup>(42)</sup>, se trabaja desde el objetivo de examinar los efectos del ejercicio basado en la RV en el rendimiento de cruce de obstáculos y equilibrio dinámico en participantes con EP. En los grupos de ejercicio, los participantes recibieron ejercicio con RV basado en WiiFit o ejercicio tradicional (grupo ET) durante 45 minutos, seguido de 15 minutos de entrenamiento en cinta rodante en cada sesión para un total de 12 sesiones durante 6 semanas. Los participantes en el GC no recibieron programa de ejercicio estructurado. Los resultados primarios incluyeron el rendimiento de cruce de obstáculos (velocidad de cruce, longitud de zancada) y, equilibrio dinámico (excursión máxima, velocidad de movimiento y control direccional).

Los resultados secundarios incluyeron la prueba de organización sensorial (SOT), el Parkinson Cuestionario de Enfermedad (PDQ39), escala de eficacia de caída (FES-I), y prueba cronometrada TUG. Todos los resultados fueron evaluados al inicio del estudio, después del entrenamiento y en el seguimiento de 1 mes. El grupo VRWii mostró una mayor mejora en el obstáculo velocidad de cruce, longitud de zancada cruzada, equilibrio dinámico, SOT, TUG, FES-I y PDQ39 que el grupo de control. VRWii. El entrenamiento también resultó en una mayor mejora en la velocidad de movimiento de la prueba de límites de estabilidad que en el entrenamiento TE, concluyendo que el entrenamiento de VRWii mejoró significativamente el rendimiento de cruce de obstáculos y el equilibrio dinámico, apoyando la implementación de Entrenamiento de VRWii en participantes con PD.

Una vez reclutadas las diferencias y resultados de los estudios de esta revisión, cabe destacar a otros autores como Aram Kim et al<sup>(44)</sup>, que han centrado su estudio en valorar los efectos adversos del uso de la RV para el entrenamiento

de la marcha en usuarios con EP debido a su patología (mareos, pérdida de equilibrio...). El estudio concluye exponiendo que los adultos y personas de edad avanzada con EP fueron capaces de utilizar con éxito las sesiones de RV durante la marcha, sin efectos adversos. Esto proporciona evidencia sistemática para apoyar la seguridad de la RV para los ejercicios de movilidad en estas poblaciones.

Además, es el único estudio clínico que relaciona la RV inmersiva con el empleo de gafas inmersivas de entorno simulado en la EP. A pesar de ello, su propósito consiste en buscar la relación de la RV con los efectos adversos que esta produce durante un uso continuado en el Parkinson (44). La mayoría de los estudios que emplean las gafas de RV están destinados a valorar los beneficios que estas aportan a patologías como el ICTUS y el ELA.



## 6. CONCLUSIONES

1. Existen evidencias científicas que apoyan la Realidad Virtual como método rehabilitador para alteración motora y cognitiva en la Enfermedad de Parkinson, obteniendo beneficios en su estado de salud. Aun así, se requieren de estudios con mayor rigor significativo, extrapoliándose a una población de estudio mayor.
2. La Realidad Virtual como herramienta rehabilitadora aporta más beneficios que la terapia convencional tradicional únicamente en el equilibrio en pacientes con diagnóstico de Enfermedad de Parkinson. El empleo del entrenamiento con obstáculos en un entorno significativo y seguro da mayor posibilidad de ejercicio que un entorno real, donde se favorece el riesgo de caídas.
3. La realidad virtual en el tratamiento del déficit motor en la Enfermedad de Parkinson en la extremidad superior va orientada a mejorar la fuerza de agarre y la velocidad en la función manual; la independencia de las AVD's y, en consecuencia, la calidad de vida, as funciones cognitivas y psicológicas. En miembros inferiores, aporta beneficios en el tiempo de paso, la longitud de la zancada y la cadencia durante la marcha habitual.

Es importante diseñar programas de RV de acuerdo con las necesidades y características de la población objetivo, de tal modo que en el Parkinson es conveniente emplear la velocidad del movimiento para evaluar la respuesta motora.

Para próximos estudios, se recomienda la ampliación del tamaño de muestra de estudio, así como su duración y amplitud de tratamiento, para aportar mayor significancia. A su vez, es preciso considerar los nuevos avances en los dispositivos de RV, con el empleo, por ejemplo, de las Oculus Rift, como herramienta de intervención para aportar mayor inmersión en el tratamiento del entorno simulado y por otro lado, estudiar su aplicabilidad en el domicilio, considerándola una herramienta portátil y de uso diario en la rehabilitación, estudiando el grado de retardo de los síntomas motores y cognitivos.



## 7. BIBLIOGRAGÍA

1. Robles García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? Fisioterapia. :1-3.
2. Fasse ED, Hogan N, Kay BA, Mussa FA. Haptic interaction with virtual objects. Spatial perception and motor control. Biol Cybern. 2000; 82:69-83
3. Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, de la Peña AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. Rev Neurol. 2010; 51:481-8.
4. Subramanian SK, Lourenço CB, Chilingaryan G, Sveistrup H, Levin MF. Arm Motor Recovery Using a Virtual Reality Intervention in Chronic Stroke: Randomized Control Trial. Neurorehabil Neural Repair. 2013;27(1):13-23.
5. Siegert RJ, Taylor KD, Weatherall M, Abernethy DA. Is implicit sequence learning impaired in Parkinson's disease? A meta-analysis. Neuropsychology. julio de 2006;20(4):490-5.
6. Nieuwboer A, Kwakkel G, Rochester L, Jones D, van Wegen E, Willems AM, et al. Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: the RESCUE trial. J Neurol Neurosurg Psychiatry. febrero de 2007;78(2):134-40.
7. Dietz V, Nef T, Rymer WZ. Neurorehabilitation Technology. Springer Science & Business Media; 2012. 493 p.
8. Lopez BM. Estudio longitudinal del rendimiento neuropsicológico, neuropsiquiátrico y motor en la enfermedad de Parkinson [Internet] [<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>]. Universidad Complutense de Madrid; 2016 [citado 16 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=126635>
9. García-Ramos R, López Valdés E, Ballesteros L, Jesús S, Mir P. Informe de la Fundación del Cerebro sobre el impacto social de la enfermedad de Parkinson en España. Neurología. julio de 2016;31(6):401-13.

10. Núñez JT, Cuevas PC. Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson. Rev Neurol. 2004;38(1):61-7.
11. Hindle JV, Watermeyer TJ, Roberts J, Martyr A, Lloyd-Williams H, Brand A, et al. Cognitive rehabilitation for Parkinson's disease dementia: a study protocol for a pilot randomised controlled trial. Trials. 2016; 17:152.
12. Enfermedades neurodegenerativas - ScienceDirect [Internet]. [citado 1 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712004734878>
13. Enfermedad de Parkinson: Esperanza en la investigación: National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS) [Internet]. [citado 2 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/parkinson\\_disease\\_spanish.htm](https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/parkinson_disease_spanish.htm)
14. Cordero JM, Tápanes SH, Cabrera M, Acosta TB, Velázquez REV. Rehabilitación en la enfermedad de Parkinson. Arch Med. 2006;2(1):3.
15. Definición de la enfermedad de Parkinson – Asociación Parkinson Madrid [Internet]. [citado 3 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.parkinsonmadrid.org/el-parkinson/el-parkinson-definicion/>
16. ENFERMEDAD DE PARKINSON - Síntomas, Causas y Tratamiento » MD.Saúde [Internet]. [citado 3 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.mdsaude.com/es/2016/12/enfermedad-de-parkinson.html>
17. Gallardo MJ, Burriel L, Cabello JP, Valencia C, Corrales MJ, Carrasco S, et al. Congelación de la marcha y funciones ejecutivas en la enfermedad de Parkinson avanzada. Neurol Argent. :17-22.
18. Walter U, Wittstock M, Benecke R, Dressler D. Substantia nigra echogenicity is normal in non-extrapyramidal cerebral disorders but increased in Parkinson's disease. J Neural Transm. 2002;109(2):191-6.
19. Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) – Grupo de Estudio de Trastornos del Movimiento [Internet]. [citado 2 de mayo de 2019]. Disponible

en: <http://getm.sen.es/escalas-de-valoracion/unified-parkinsons-disease-rating-scale-updrs/>

20. Duncan RP, Earhart GM. Four square step test performance in people with Parkinson disease. *J Neurol Phys Ther JNPT*. 2013;37(1):2-8.

21. Berg Balance Scale [Internet]. Physiopedia. [citado 2 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://www.physio-pedia.com/Berg\\_Balance\\_Scale](https://www.physio-pedia.com/Berg_Balance_Scale)

22. LM HF and N. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. - PubMed - NCBI [Internet]. [citado 2 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3734861>

23. Estudio de los trastornos del equilibrio en pacientes con enfermedad de Parkinson, mediante la videonistagmografía, la craneocorpografía y la posturografía dinámica computerizada. Rehabilitación vestibular y propuesta de una nueva clasificación del equili. Univ Santiago de Compostela; 332 p.

24. Jenkinson C, Peto V, Fitzpatrick R, Greenhall R, Hyman N. Self-reported functioning and well-being in patients with Parkinson's disease: comparison of the short-form health survey (SF-36) and the Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39). *Age Ageing*. noviembre de 1995;24(6):505-9.

25. Hagell P, Nilsson MH. The 39-Item Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39): Is it a Unidimensional Construct? *Ther Adv Neurol Disord*. julio de 2009;2(4):205-14.

26. Ortiz-Gutiérrez R, Cano-de-la-Cuerda R, Galán-del-Río F, Alguacil-Diego IM, Palacios-Ceña D, Miangolarra-Page JC. A Telerehabilitation Program Improves Postural Control in Multiple Sclerosis Patients: A Spanish Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health*. noviembre de 2013;10(11):5697-710.

27. Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am J Med*. marzo de 1986;80(3):429-34.

28. Análisis comparativo de los tests de Tinetti, Timed Up and Go, apoyo monopodal y Berg en relación a las caídas en el mayor [Internet]. eFisioterapia.



2012 [citado 12 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.efisioterapia.net/articulos/analisis-comparativo-tests-tinetti>

29. Pagonabarraga J, Kulisevsky J. Tratamiento dopaminérgico en la enfermedad de Parkinson: ¿qué puede ofrecer cada familia terapéutica? *Rev Neurol.* 2014;58(1):25-34.

30. Estimulación cerebral profunda para la enfermedad de Parkinson: National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS) [Internet]. [citado 3 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/estimulacion\\_cerebral\\_profunda.htm](https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/estimulacion_cerebral_profunda.htm)

31. López BP, Molina PD, Arnaiz BN. Conceptos fundamentales de terapia ocupacional. Ed. Médica Panamericana; 2001. 368 p.

32. Muñoz Boje R, Calvo-Muñoz I. Efectos de la terapia de realidad virtual en el miembro superior en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Rehabilitación.* enero de 2018;52(1):45-54.

33. Wang C-Y, Hwang W-J, Fang J-J, Sheu C-F, Leong I-F, Ma H-I. Comparison of Virtual Reality Versus Physical Reality on Movement Characteristics of Persons With Parkinson's Disease: Effects of Moving Targets. *Arch Phys Med Rehabil.* 1 de agosto de 2011;92(8):1238-45.

34. Ma H-I, Hwang W-J, Fang J-J, Kuo J-K, Wang C-Y, Leong I-F, et al. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* octubre de 2011;25(10):892-902.

35. Mirelman A, Maidan I, Herman T, Deutsch J, Giladi N, Hausdorff J. Virtual Reality for Gait Training: Can It Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1 de febrero de 2011;66:234-40.

36. Yen C-Y, Lin K-H, Hu M-H, Wu R-M, Lu T-W, Lin C-H. Effects of Virtual Reality-Augmented Balance Training on Sensory Organization and Attentional

Demand for Postural Control in People With Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial Response. *Phys Ther.* 1 de junio de 2011;91:862-74.

37. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial - ScienceDirect [Internet]. [citado 29 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929664615002491>

38. Shih M-C, Wang R-Y, Cheng S-J, Yang Y-R. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* 27 de agosto de 2016;13:78.

39. Palacios-Navarro G, García-Magariño I, Ramos-Lorente P. A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: A Pilot Study. *J Med Syst.* septiembre de 2015;39(9):1–10.

40. Killane I, Fearon C, Newman L, McDonnell C, Waechter S, Sons K, et al. Dual Motor-Cognitive Virtual Reality Training Impacts Dual-Task Performance in Freezing of Gait. *IEEE J Biomed Health Inform.* 22 de septiembre de 2015;

41. Pompeu J, Mendes F, Guedes K, Modenesi Lobo A, Oliveira T, Peterson Zomignani A, et al. Effect of Nintendo Wii (TM)-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiotherapy.* 1 de septiembre de 2012;98:196-204.

42. Laio Y-Y, Yang Y-R, Chen W, Wu Y-R, Fuh J-L, Wang R-Y. Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease. *Neurorehabil Neural Repair.* 24 de diciembre de 2014;29.

43. Espay AJ, Baram Y, Dwivedi AK, Shukla R, Gartner M, Gaines L, et al. At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease. *J Rehabil Res Dev.* 2010;47(6):573.

44. Kim A, Darakjian N, Finley JM. Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and

individuals with Parkinson's disease. J NeuroEngineering Rehabil [Internet]. 21 de febrero de 2017 [citado 24 de mayo de 2019];14. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5320768/>



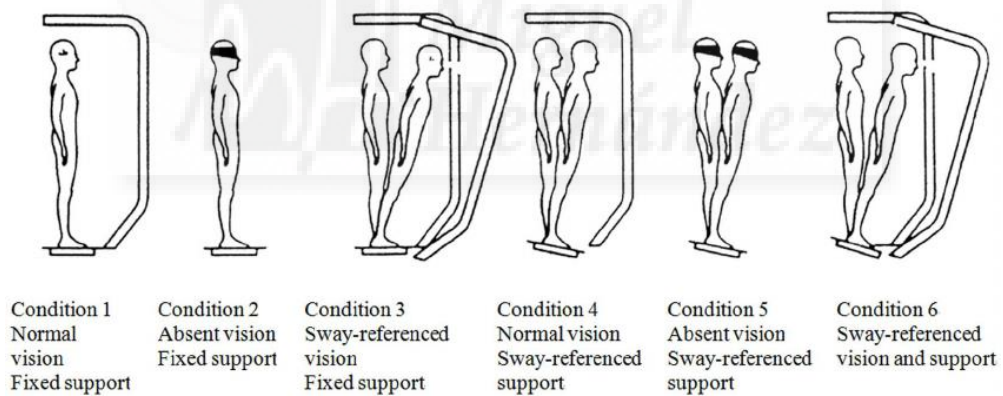
**ANEXOS**

**Figura 2:** Instalación experimental en la intervención de *Killane I et al* <sup>(40)</sup>



*Fuente 2: Killane I et al* <sup>(40)</sup>

**Figura 3:** Prueba Organización Sensorial (SOT) de Yen CY et al <sup>(37)</sup>



*Fuente 3: Yen CY et al* <sup>(37)</sup>

**Figura 4:** Gafas Realidad Virtual usadas en el estudio de Espay A et al <sup>(43)</sup>



*Fuente 4:* Espay A et al <sup>(43)</sup>

