



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA
LICENCIATURA EN KINESIOLOGIA Y FISIATRIA

REVISIÓN SISTÉMICA ACERCA DE LA
EFECTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE REALIDAD
VIRTUAL COMO HERRAMIENTA PARA LA
REHABILITACIÓN DE LAS CAPACIDADES
COORDINATIVAS.

Tesina de grado

Carrera: Licenciatura en kinesiología y fisiatría.

Alumno: Tappa, Ezequiel Martín.

Tutor: Feldmann, Andres.

Buenos Aires, Argentina, febrero 2023.

ÍNDICE

1. PORTADA	1
2. ÍNDICE	2
3. DEDICATORIA	4
4. RESUMEN	5
5. INTRODUCCIÓN	6
6. JUSTIFICACIÓN	7
7. PREGUNTA DE INVESTIGACION	8
8. OBJETIVOS	9
8.1 objetivo general	9
8.2 Objetivos específicos	9
9. ESTADO DEL ARTE	10
10. MARCO TEORICO	11
10.1 Realidad virtual y sus variantes	11
10.1.1 Realidad aumentada	13
10.1.2 Realidad mixta	13
10.1.3 Arquitectura de un sistema de realidad virtual	14
10.1.4 Hardware	14
10.1.4.1 Periféricos de entrada (sensores)	14
10.1.4.2 Periféricos de salida (efectores)	15
10.1.4.3 Computadoras	15
10.1.5 Software	18
10.1.5.1 Modelo geométrico 3D	18
10.1.5.2 Software de tratamiento de datos de entrada	18
10.1.5.3 Software de simulación física	18
10.1.5.4 Software de simulación sensorial	18
10.1.6 Funcionamiento de un sistema de realidad virtual	19
10.2 Conciencia	19
10.3 Capacidades coordinativas	20
10.3.1 Reacción	21
10.3.2 Equilibrio	21

10.3.2.1 Equilibrio Estático	22
10.3.2.2 Equilibrio dinámico	23
10.3.3 Diferenciación	23
10.3.4 Acoplamiento	23
10.3.5 Ritmización	24
10.3.6 Adaptación al cambio	24
10.3.7 Orientación Espacial	24
10.4 Procesos implicados en la neurorrehabilitación	27
11. METODOLOGÍA	31
11.1 Tipo de estudio	31
11.2 Estrategia de búsqueda	31
11.3 Resultados de la búsqueda	32
11.4 Síntesis de los resultados	32
11.4.1 Aprendizaje mediante la realidad virtual	32
11.4.2 La realidad virtual usada correctamente para el desarrollo de la rehabilitación	35
11.4.3 Resultados de estudios	36
11.4.3.1 Resultados en torno a la reacción	36
11.4.3.2 Resultados en torno al equilibrio	41
11.4.3.3 Resultados en torno a la diferenciación	45
11.4.3.4 Resultados en torno al acoplamiento	47
11.4.3.5 Resultados en torno a la Ritmización	49
11.4.3.6 Resultados en torno a la adaptación al cambio	51
11.4.3.7 Resultados en torno a la orientación espacial	53
12. ANÁLISIS FODA	57
12.1 Fortalezas	57
12.2 Oportunidades	58
12.3 Debilidades	58
12.4 Amenazas	59
13. CONCLUSIONES	60
14. DISCUSIONES	61
15. BIBLIOGRAFIA	62

3. **DEDICATORIA.**

Dedicarle este trabajo a:

mi familia:

Quienes siempre permitieron que luche por mis sueños y estuvieron presentes cuando las cosas no funcionaban.

A mis amigos:

Quienes estuvieron apoyándome y alentándome para que no baje los brazos.

A mis compañeros de carrera:

Quienes hicieron ameno el largo periodo universitario y de quienes me llevo aprendizajes para la vida.

A mi pareja:

Quien fue mi compañera emocional, por brindarme apoyo y amor durante el periodo más duro durante la pandemia.

4. RESUMEN

En la siguiente revisión sistémica se ha buscado realizar un análisis de distintos artículos científicos encontrados en Pubmed, Scielo y Google académico, se buscó evaluar la efectividad de la realidad virtual como un medio de rehabilitación frente a la pérdida o disminución de la capacidad coordinativa.

Estas capacidades son vitales para poder realizar de una manera económica, eficaz y eficiente las tareas en cualquier nivel de trabajo.

Al analizar estos estudios veremos que es muy difícil aislar una capacidad para su evaluación, trabajo y rehabilitación. Sino que, normalmente trabajan en conjunto para mejorar la performance de una persona.

Los resultados de este análisis es que todas las capacidades han mejorado, unas pueden ser evaluadas directamente, es decir, con métodos que arrojan resultados y otras de manera indirecta, ya que la ejecución de una tarea se realiza de una manera correcta.

Sin embargo, el camino de la realidad virtual en el campo de la kinesiología aun es prematuro, debemos introducir esta herramienta dentro de los protocolos ya conocidos.

5. INTRODUCCIÓN

El proceso científico y tecnológico nos invita a ver y entender el mundo de una manera diferente. Esto se debe a que cada vez se crean nuevos equipos distintas características que los hace superiores a las versiones anteriores.

El avance en dichos aspectos no nos permite identificar áreas o tareas en las que no estén presentes, desde las tareas comunes de la vida diaria hasta las más complejas en las distintas profesiones.

Nuestra profesión no se encuentra ajena a estos cambios generados en la población por los avances tecnológicos. Estos cambios ya han sucedido, modificándose las formas de archivar las historias clínicas, recolecciones de datos y análisis de estos, como también formas de parametrizar trabajos para la rehabilitación. Hoy en día podemos ver que el nuevo paso hacia delante de la tecnología en la kinesiología es el uso de la realidad virtual.

La idea de que la realidad virtual son únicamente juegos de computadora nos lleva a un pensamiento erróneo, depende de nosotros como profesionales de la salud que este tipo de tecnología sea útil para rehabilitar cualquier patología que una persona pueda tener.

Esta revisión sistémica busca recolectar toda información para que los que ejerzamos la profesión podamos hallar en la realidad virtual una herramienta que pueda incidir en la rehabilitación de una persona teniendo en cuenta las distintas capacidades coordinativas que estarán afectadas.

6. JUSTIFICACIÓN

La realidad virtual abrió un campo de trabajo aun inexplorado pero que en un principio nos permitirá achicar la brecha existente entre el consultorio donde se realiza la rehabilitación y los espacios habituales de la vida diaria de una persona.

Debemos entonces estar preparados para que esta variante de trabajo sea un facilitador de nuestra tarea y no por el contrario negarla por el desconocimiento existente de esta.

Para ello, debemos conocer como funciona, que tipos de equipos hay, en que áreas y que momentos de la rehabilitación son los oportunos para utilizarlo.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente ayudaría en un futuro a la correcta toma de decisiones por parte del kinesiólogo para realizar un trabajo convencional o innovar en esta área.

7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es efectiva la utilización de la realidad virtual y sus variantes en el proceso de rehabilitación de las capacidades coordinativas?

8. OBJETIVOS

8.1 Objetivo general

El objetivo general de la siguiente revisión sistémica es determinar la efectividad mediante los efectos y relevancia del uso de la realidad virtual como herramienta en la rehabilitación de las capacidades coordinativas.

8.2 Objetivos específicos

Para poder desarrollar el objetivo general desarrollaremos los siguientes objetivos específicos:

- Describir los distintos equipos de realidad virtual para el uso de la rehabilitación.
- Identificar los efectos de la realidad virtual en la rehabilitación.
- Describir las capacidades coordinativas.
- Describir los métodos de aplicación de los equipos de realidad virtual en la rehabilitación.

9. ESTADO DEL ARTE

En las últimas décadas varios investigadores y médicos han comenzado a utilizar la realidad virtual como una nueva tecnología para implementar tratamientos de rehabilitación en los dominios cognitivos y motores. Sin embargo, aun la expresión se asocia de manera incorrecta a los video juegos.⁽¹⁾

El principal objetivo de la rehabilitación es obtener la independencia producida por el aprendizaje, necesaria para poder realizar las actividades de la vida diaria y para ello es vital nuestra atención pronta y de calidad.

Sin embargo, los costos de atención médica, transporte y el tiempo necesario para el tratamiento diario de cada paciente no son suficientes para lograr una mejoría optima. ⁽¹⁾

Es por ello que se ha empezado a utilizar distintos protocolos de realidad virtual con distintas tecnologías dando como resultados soluciones óptimas para la rehabilitación de las funciones del cuerpo.

La posibilidad de crear entornos experimentales, como los tridimensionales, algunos similares a la realidad puede provocar percepciones y reacciones realistas en situaciones reales demuestra que podría ser útil en la rehabilitación del paciente.

De todas maneras, el uso de estas tecnologías no se realiza de la manera correcta dando como resultados negativos, poniendo en duda la eficacia de estos protocolos.⁽²⁾

10. **MARCO TÉORICO**

En este apartado nos explayaremos sobre los tres temas más importantes de esta revisión: la realidad virtual junto con sus variantes, las capacidades coordinativas y algunos puntos importantes sobre la neurorrehabilitación.

Por la necesidad de selección una, iniciaremos con el tema “realidad virtual” sin restarle importancia a las capacidades coordinativas.

10.1 **Realidad virtual y sus variantes**

Hay tantas definiciones como posibles autores para describir que es la realidad virtual, aunque dentro de todas las posibilidades la que más se adecua es la descrita por Vera Ocete, G. ⁽³⁾ quien describe que la realidad virtual se define como una simulación tridimensional dinámica en la que el usuario se siente introducido en un ambiente artificial que percibe como real en base a estímulos a los órganos sensoriales.

Ahora bien, es necesario poder cumplir ciertas condiciones para que los equipos sean realmente realidad virtual:

A) **Simulación:** Capacidad para representar un sistema con suficiente parecido a la realidad, para convencer al usuario de que constituye una situación paralela a aquella. Este entorno estará regido por una serie de reglas, no necesariamente iguales a las del mundo real.

- B) Interacción: Tener el control del sistema creado para que las acciones del usuario produzcan cambios en el mundo artificial. Para lograr esta interacción existen diversos interfaces hombre-máquina, que van desde los más sencillos como teclado y mouse hasta otros más avanzados como guantes o trajes sensoriales.
- C) Percepción: Es el factor más importante de todos. Actualmente los sistemas de Realidad Virtual se dirigen principalmente a los sentidos (vista, oído, tacto) mediante elementos externos (cascos de visualización HMD, guantes de datos).
- D) Inmersión: Es estar físicamente presente en un mundo no físico. Cuanto más elaborado y creíble sea el entorno visual, más profunda será la inmersión. Los efectos sonoros y las melodías ayudan a aumentarla.
- a. Sistema inmersivo: La persona se siente dentro del entorno virtual por medio de visores, cascos, guantes.
 - b. Semi inmersivo: Interactúa a través de pantallas que rodean a la persona utilizando lentes y dispositivos de seguimiento de movimientos de la cabeza.
 - c. No inmersivo: Utiliza a la pantalla como ventana hacia el mundo virtual y la interacción es por joystick, micrófonos o teclados.
- E) Retroalimentación sensorial: Es el feedback que se consigue a través de equipos (hardware) y programas informáticos (software) integrados, también conocidos como entradas (inputs).

Luego contamos con sus dos variantes, la realidad mixta y la realidad aumentada.

Estas dos comparten aspectos en común con la realidad virtual, como la necesidad de disponer un hardware y software.

10.1.1. Realidad aumentada

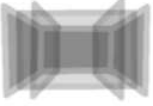
La realidad aumentada se utiliza para definir la visión de un entorno físico del mundo a través de un dispositivo tecnológico, como lo son los smartphones, tables o Smartglasses.

10.1.2. Realidad mixta

Es el resultado de combinar el mundo físico con el mundo digital, capturar la posición de una persona en un entorno físico, superficies, limites, iluminación y sonido.

En él se muestran elementos digitales en el entorno real y además, las personas pueden verlos y manipularlos.

En el siguiente cuadro podremos ver de manera resumida las diferencias entre las 3 modalidades de uso de realidad virtual. ⁽⁴⁾

REALIDAD VIRTUAL (RV)	REALIDAD AUMENTADA (RA)	REALIDAD MIXTA (RM)
Entorno totalmente artificial 	Los objetos virtuales se superponen a entornos del mundo real 	El entorno virtual se combina con el mundo real 
Inmersión total en el entorno virtual 	El mundo real es mejorado con objetos digitales 	Permite interactuar tanto con el mundo real como con el entorno virtual 

Cabe destacar que ninguna es mejor que otra, sino que son diferentes y el uso / selección del equipo dependerá de la necesidad del paciente.

10.1.3. **Arquitectura de un sistema de realidad virtual**

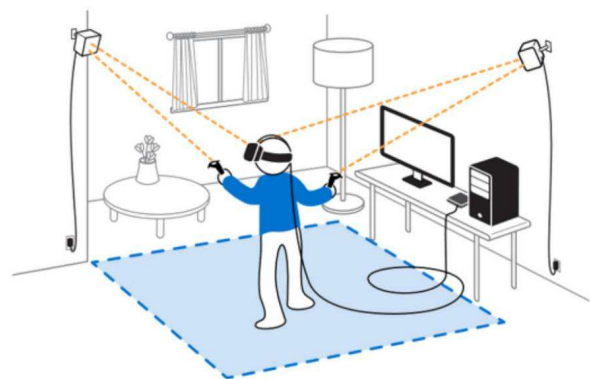
Desarrollaremos en este espacio los distintos tipos de hardware y software que componen un sistema de realidad virtual, la interrelación con los elementos y como afectaran a la simulación, interacción e inmersión. ⁽⁵⁾

10.1.4. **Hardware**

Es el conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora, periféricos de entrada y de salida.

10.1.4.1. **Periféricos de entrada (sensores)**

Son los que se encargan de capturar las acciones del participante, en este caso paciente, y envía la información a la computadora. Los más frecuentes son aquellos que permiten al sistema conocer en tiempo real la posición y la orientación de la cabeza, de la mano, o de todo el cuerpo del usuario, los guantes y los micrófonos.



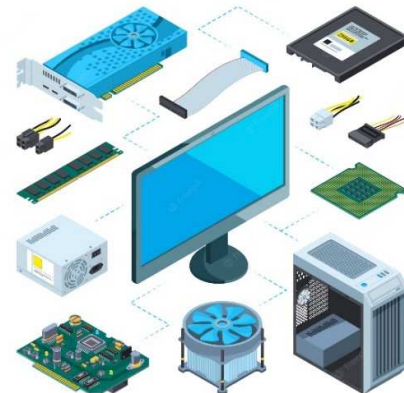
10.1.4.2. Periféricos de salida (efectores)

Son aquellos que se encargan de traducir las señales de audio, video y otros estímulos generados por la computadora para los órganos de los sentidos. Se clasificarán según el sentido estimulado (Visuales, audio, fuerza, tacto y equilibrio).



10.1.4.3 Computadora

Es el dispositivo físico que tenemos más presente en la vida diaria. Se encarga de llevar a cabo la simulación de forma interactiva basándose en el modelo geométrico 3D y en el software de recogida de datos, simulación física y sensorial.



Dentro de los estudios analizados para esta revisión podemos destacar 5 tipos de hardware distintos:

A) Oculus Quest: Es el único visor 6 grados de libertad y no necesita de computadoras para su uso, aunque puede conectarse por cable USB. Posee 4 cámaras con infrarrojo, su software y un procesador de imágenes.



B) Oculus Rift S: Es un modelo similar al anterior pero tiene una cámara más y están distribuidas de manera diferente.



C) Valve index: Cuenta con dos bases y un software de posicionamiento por infrarrojos, almacenados en unos procesadores especializados.



D) Play Station Virtual Reality: Uno de los primeros visores del mercado que por su valor y gran cantidad de juegos es uno de los más utilizados.

Cuenta con dos cámaras externas al visor y un software de procesamiento de imagen con el cual calcula su posicionamiento reconociendo las luces azules colocadas en el visor. También usa las cámaras y la luz del mando y los Move para posicionarlos.



E) HTC vive: Cuenta con a sus dos bases y software de posicionamiento por infrarrojos.



En el siguiente cuadro se mencionan características específicas de cada visor, teniendo en cuenta que estas permitirán mayor o menor movilidad para la persona

	Oculus Quest	Oculus Rift S	Valve index	Play Station Virtual Reality	HTC vive
Campo de visión	104º H. 120º V.	88º H. 118º V.	108º H. 132º V.	100º H.	92º H. 114º V.
IPD (*)	Ajuste mecánico	Ajuste por software	Ajuste mecánico	Ajuste por software	Ajuste mecánico
Pantalla	OLED 1440x1600	LCD 2560x1440	LCD 1440x1600	LCD 1920x1080	OLED 1080x1200
Peso	571 gramos	563 gramos	781 gramos	300 gramos	555 gramos

(*) IPD es la distancia medida en milímetros entre los centros de las pupilas de los ojos.

10.1.5. **Software**

Software será entonces el modelo geométrico y los programas de simulación sensorial, simulación física y recogida de datos.

10.1.5.1 **Modelo geométrico 3D**

Para que dentro de la realidad virtual permita explorar la escena interactiva y ver el mundo virtual desde cualquier punto de vista es necesario disponer de una representación geométrica 3D de este mundo, para hacer cálculos de imágenes, generar sonido, etc.

10.1.5.2. **Software de tratamiento de datos de entrada**

Son los que se encargan de leer y procesar la información que proporcionan los sensores, como son los controladores de dispositivos físicos.

10.1.5.3. **Software de simulación física**

Son los que se encargan de llevar a cabo las modificaciones necesarias en la representación digital de la escena a partir de las acciones del usuario y la evolución interna del sistema.

10.1.5.4 **Software de simulación sensorial**

Calculan la representación digital de las imágenes, sonidos, etc. Que el hardware se encarga de traducir a señales y por último, estímulos para los sentidos.

10.1.6. **Funcionamiento de un sistema de realidad virtual**

Las acciones del usuario son registradas en tiempo real por los periféricos de entrada o sensores. Un requerimiento básico es capturar la posición de la cabeza del usuario, aunque también es frecuente capturar movimientos de la mano y de los dedos de la mano.

Esta información se envía a la computadora, donde es procesada por los módulos de recogida y tratamiento de datos de entrada. Una vez las acciones del usuario están en un formato adecuado, se utilizan en la parte de simulación, tanto para introducir posibles cambios en el mundo virtual como para generar imágenes, sonidos y otros datos para completar la simulación sensorial. En el caso de la simulación visual, los algoritmos de síntesis de imágenes calculan la imagen con los parámetros de cámara virtual correspondientes a la posición y orientación de la cabeza del usuario. La información digital se traduce en una señal de video por la tarjeta gráfica y esta señal se traduce en una imagen física en el dispositivo de visualización. Lo mismo pasa con los estímulos para el resto de los sentidos, que son calculados por los algoritmos de simulación, traducidos en señales digitales para el hardware y finalmente convertidos en estímulos físicos para los dispositivos de salida.

Las etapas descritas anteriormente completan un círculo que se debe repetir lo más rápido posible como para que el usuario sea incapaz de percibir el retardo.

10.2. **Conciencia**

Freud es una de las personas que mas se ha interesado por la la conciencia, esta es el órgano perceptual de nuestra vida mental,

que es originalmente inconsciente. La conciencia sería una la percepción o reflexión de la actividad psíquica.

Sin embargo, nuestro tema de interés se aboca a la conciencia corporal o cinestesia. Y se define como la posibilidad que tiene uno de formarse una imagen mental realista de las partes del cuerpo, ubicándolas en el espacio, como relacionarlas entre sí, como podría moverse y demás conexiones posibles.

La conciencia corporal entonces dependerá de 2 términos importantes:

El esquema corporal que es descripta como la imagen tridimensional de sí mismo, que supone la experiencia inmediata de la existencia del cuerpo como una unidad. Este se asocia a una realidad neurológica.

Por otra parte, la imagen corporal es la representación que nos formamos mentalmente de nuestro propio cuerpo. La forma en que éste se nos aparece. Sería entonces la imagen del cuerpo que se refiere a un proceso psíquico.

10.3. **Capacidades coordinativas.**

Las capacidades condicionales son aquellas que determinan la condición física de un individuo como lo son la fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad. A partir de estas 4 capacidades podremos desarrollar las llamadas capacidades coordinativas.

Las capacidades coordinativas se definen como la posibilidad que tiene el cuerpo de desarrollar una serie de acciones determinadas que dependen del sistema nervioso central y periférico para su dirección y regulación, siendo acciones conscientes.

Dicho conjunto de capacidades son necesarias trabajar la diócocinesia, es decir que las acciones del individuo sean rápidas, exactas, alternadas y adaptadas a las condiciones del entorno.

A continuación se definirán las capacidades que son agrupadas por el término “capacidades coordinativas”.

10.3.1. **Reacción**

Es aquella capacidad que me permite responder lo más rápido posible a un estímulo determinado, es decir, la capacidad que tiene el sistema nervioso para recibir un estímulo, identificarlo, definir si este fue preciso y como resultado enviar una respuesta hacia el cuerpo para que se pueda visualizar una respuesta externa.

Para ello podemos diferenciar 4 fases:

- Estimulo captado por el receptor.
- Tiempo entre que el estímulo es recibido por el receptor hasta que llega al sistema nervioso central mediante las vías aferentes que lo transmiten.
- Procesamiento de la información y generación de la respuesta.
- La respuesta es envía a través de las vías eferentes hasta el musculo produciendo un movimiento.

10.3.2. **Equilibrio**

Es la habilidad de mantener el cuerpo en posición erguida, gracias a los movimientos compensatorios que implican la motricidad global y fina que se genera cuando el cuerpo esta quieto (estático) o en movimiento (dinámico).

Inciden en el equilibrio diferentes parámetros como el fisiológico, el biomecánico, el biológico y el psicológico.

El parámetro fisiológico hace referencia al sistema vestibular, quien tiene 3 características principales: ser el órgano primario en el equilibrio, la información que reciba será indispensable para realizar ajustes en la postura y por último la influencia que tiene sobre la posición y movimiento ocular.

El parámetro biomecánico, tiene especial relación con la gravedad, esta se encuentra presente en todo momento y tiende a ejercer una fuerza hacia el piso. Indistintamente de que el equilibrio sea estático o dinámico el cuerpo humano tratara de contrarrestarla a través de un juego de palancas creadas por los huesos y movilizadas por los músculos y tendones.

En el aspecto biológico veremos la importancia de distintos órganos como lo son receptores cutáneos y musculares para la planta de los pies, el cerebelo y los circuitos neuromusculares para organizar el cuerpo en pos de estar equilibrado.

Dentro del parámetro psicológico se describirá la conducta perceptivo-motriz, la cual explica la adaptación que la persona debe tomar teniendo en cuenta el medio que lo rodea.

10.3.2.1 **Equilibrio Estático**

Es la habilidad que tiene un individuo para mantener el cuerpo en posición estable sin producir desplazamiento del cuerpo. Un ejemplo será la postura, que se mantiene gracias a los reflejos de enderezamiento, laberíntico, óptico y táctil.

Los mismos generaran un aumento del tono flexor y/o extensor que permitirá mantener el cuerpo en equilibrio.

10.3.2.2. **Equilibrio dinámico**

Es la posibilidad de mantener la postura deseada pese a los cambios constantes de posición. La situación se modifica constantemente y no hay ocasión en las que se cumplan las condiciones de equilibrio estático.

10.3.3. **Diferenciación**

Es la capacidad para lograr una alta exactitud y economía fina de movimiento. Esta permite coordinar varios movimientos de distintas partes del cuerpo, con el objetivo de lograr una gran precisión.

Esta capacidad se relaciona con los deportistas, esto no es totalmente correcto ya que en la vida diaria existen varias actividades parecidas pero no iguales. Necesitando entonces de esta capacidad para poder realizar las acciones de manera correcta.

10.3.4. **Acoplamiento**

Se define como la capacidad de coordinar de manera eficaz movimientos parciales del cuerpo entre si y en relación del movimiento total que se realiza para unir habilidades mecánicas.

Visualizaremos en una persona que tiene esta capacidad desarrollada que puede realizar movimientos armónicos y eficientes con todas las partes del cuerpo.

Comprende cambios dinámicos características en una secuencia de movimientos para realizarlos durante la interpretación motriz. Esta capacidad es necesaria para el aprendizaje correcto de habilidades que requieren de orden de movimiento dentro de un tiempo y espacio determinado.

10.3.5. **Ritmización**

Es la capacidad motriz de registrar y reproducir un ritmo dado exteriormente adaptándose a los ritmos grupales o los individuales exigidos y de realizar corporalmente el ritmo interior proveniente de la propia imagen. Su dominio, junto con la reacción, favorece el reconocimiento y el ajuste práctico correctos de los tiempos propios de cada fase de los ejercicios.

10.3.6. **Adaptación al cambio**

Es la capacidad que tiene el organismo de adaptarse a las diferentes situaciones y condiciones en que se realizan los movimientos. Esta capacidad se desarrolla fundamentalmente a través de los complejos ejercicios donde se presentan diferentes situaciones y condiciones, donde la persona debe aplicar las acciones aprendidas y valorarla de acuerdo con la situación planteada.

La función de esta capacidad es hacer que el organismo se adapte a determinadas condiciones del movimiento, pero al presentarse una nueva situación, permite cambiar y volver adaptarse.

10.3.7. **Orientación espacial**

Para poder definir que es la orientación espacial debemos hacer mención de un concepto importante que es la especialidad,

la misma ha sido intentada explicar por diversos autores como por ejemplo:

Blázquez y colaboradores ⁽⁶⁾ expresan que el espacio será todo lo que nos rodea, incluyendo a objetos, personas y cualquier otro elemento. Tener una buena percepción de ellos permite situarse y moverse, analizar situaciones y representarlas.

Comellas y Perpinyá ⁽⁷⁾ agregan que la persona se relaciona a través de los sentidos, debiendo ser una estimulación exacta, y ensaya las experiencias personales para tomar consciencia.

Dificultades en el desarrollo de la espacialidad puede dar lugar a problemas de aprendizaje, dificultades de razonamiento y alteraciones en la conducta.

Usaremos la clasificación expresada por Camerino ⁽⁸⁾ quien indica que hay dos tipos de Espacialidad: orientación espacial, definida como la aptitud o capacidad para mantener constante la localización del propio cuerpo en función de los objetos, así como para posicionar a éstos en función de nuestra propia posición, y por otra parte la espacialidad estructural, que se define como la capacidad para orientar o situar objetos y sujetos.

Las capacidades motrices se interrelacionan entre sí y solo se hacen efectivas a través de su unidad, pues en la ejecución de una acción motriz, el individuo tiene que ser capaz de aplicar un conjunto de capacidades para que esta se realice con un alto nivel de rendimiento.

Distintos autores han dejado realizado distintas clasificaciones sobre las capacidades coordinativas, las cuales llevan distintos nombres aunque similares, pero además han dejado asentado la importancia que estas capacidades en su conjunto tienen sobre el cuerpo humano y su interacción con el medio.

Rivera y col.⁽⁹⁾ describen que es la organización de las sinergias musculares adaptadas a un fin y cuyo resultado es el ajuste progresivo de una tarea. Kiphard⁽¹⁰⁾ aclara que debe ser una interacción armoniosa, en lo posible económica de músculos, nervios y sentidos teniendo como resultado acciones cinéticas precisas, equilibradas, rápidas y adaptadas a la situación.

Grosser y col.⁽¹¹⁾ expresan que la Coordinación Motriz será el conjunto de capacidades que organizan y regulan de forma precisa todos los procesos parciales de un acto motor en función de un objetivo motor preestablecido. Dicha organización se ha de enfocar como un ajuste entre todas las fuerzas producidas, tanto internas como externas.

Weineck⁽¹²⁾ aclara que es la capacidad sensomotriz, consolidada del rendimiento de la personalidad, que se aplican conscientemente en la dirección de los movimientos componentes de una acción motriz con una finalidad determinada.

Otras capacidades estarán presentes en la rehabilitación convencional, resta saber si estas también serán desarrolladas en la realidad virtual. Algunas de ellas son: estereognosia, definida como el reconocimiento de un objeto utilizando solamente la información sensorial del tacto, barognosia es la capacidad para reconocer el peso de un objeto.

La propiocepción será otra capacidad evaluada de forma indirecta en el proceso de rehabilitación por medio de la realidad virtual, si está presente permitirá saber la posición exacta del cuerpo en el momento que sea, permitirá regular el movimiento, coordinar los movimientos y mantener el nivel de atención.

Para ello deberán estar presentes los receptores nerviosos, el huso muscular, los órganos tendinosos de Golgi, los receptores de la piel y los receptores cinestésicos articulares. Nervios aferentes, transmisores del sistema propioceptivo y por último el sistema nervioso central, que procesa toda esta información recibida.

10.4. **Procesos implicados en la neurorrehabilitación**

Dentro de este apartado son mencionados algunos aspectos que entiendo son necesarios para llevar adelante la rehabilitación de una persona que ha sufrido o sufre una patología, siendo cualquiera el sistema afectado debido a que el cuerpo humano trabaja en conjunto y no de manera aislada.

Para hablar de neurorrehabilitación debemos tener en cuenta algunos conceptos importantes para el desarrollo del mismo, por ejemplo la neuro plasticidad, definida por la OMS como la capacidad de las células del sistema nervioso de regenerarse morfológica y funcionalmente, después de estar sujetas a influencias patológicas o ambientales del desarrollo incluyendo traumatismos y enfermedades, permitiendo una respuesta adaptativa (o no) a la demanda funcional. ⁽¹³⁾

Se presentan 3 diversos procesos implicados en la neuro plasticidad:

1. Morfológicos

- a. Neurogénesis: Producción de nuevas células del sistema nervioso central.
- b. Colateralización y sinaptogénesis nerviosa: Es un proceso único que consiste en la ramificación nerviosa a partir de axones intactos y la formación de nuevos axones del mismo tipo del dañado u otro tipo.
- c. Regeneración axonal: Es la reparación y crecimiento de axones tras la lesión.

2. Fisiológicos:

- a. Plasticidad sináptica a corto plazo: Dada la actividad de la sinapsis silientes (aquellas que se encuentran inertes) pueden permitir la rehabilitación del paciente con un neuro traumatismo.
- b. Plasticidad sináptica a largo plazo: Actividades neuronales presentes durante distintas condiciones pueden modular los mecanismos neurofisiológicos dirigidos a controlar la actividad presináptica repercutiendo en el sistema nervioso central.

3. Neuroquímicos producido por cambios en los neurotransmisores y sus receptores.

Estos tres tipos de neuro plasticidad lleva a entender que la recuperación espontanea tras una lesión será limitada, las terapias deben promover la neuro plasticidad residual para maximizar la recuperación del paciente.

La recuperación dependerá como bien sabemos por nuestra formación de ejercicios pasivos y activos, pero nos centraremos en aquellos activos, este es mejor debido a que involucran diversos sistemas moduladores del Sistema nervioso central. Por eso los avances de la neurorrehabilitación apuntan a la recuperación motriz voluntaria mediante entrenamientos repetitivos orientados a la tarea en ambientes sanos permitiendo el aprendizaje.

Como se ha dicho en el párrafo anterior, la rehabilitación esta mediada por el aprendizaje, el cual se consigue por dominar nuevas habilidades o readquirir algunas viejas y es el kinesiólogo quien debe diseñar situaciones de aprendizaje.

El aprendizaje motor no es solo el control muscular, sino que es la adquisición de reglas de programación que permitirán a la

persona comportarse con flexibilidad bajo diferentes condiciones⁽¹⁴⁾.

Debemos tener en cuenta que para que una persona pueda ejecutar una tarea, previamente hay distintos pasos internos del cuerpo que deben darse para poder inciarla, entre ellos veremos:

- inducción: Debe ser optimo, para que el estimulo sea el menor posible para que la persona pueda actuar.
- Intención: Debe ser una estrategia para resolver un problema.
- Input sensorial: Hay mucha información en el entorno, el cuerpo elige la más relevante.
- Reconocer el estimulo y mecanismos de memoria: Los estímulos que reconoce el cuerpo en una acción previa son los que luego formaran parte de la función anticipatoria por el reconocimiento del estímulo en una acción anterior.
- Selección de respuesta: La respuesta que el cuerpo de ante un estimulo es importante que sea flexible debido a que los estímulos y su combinación harán que esta no sea siempre de la misma manera, en ella se encuentran las reglas de programación.

Este último termino mencionado, las reglas de programación son una representación amodal de la tarea que no es visual, táctil o acústica, es una representación abstracta lejos del acto físico de producirlo.

Programación: Es la construcción de programas motores. Consiste en dos procesos el planeamiento, es el ordenamiento temporal de las secuencias de operaciones necesarias para realizar un acto eficientemente requerido y especificación de parámetros, es el contexto y la información dependiente de la tarea.

Para la adquisición de las reglas de programación existen 3 requisitos cruciales:

- Feedback y conocimiento de los resultados. Esta supone la información previa, la información para guiar una respuesta en marcha y por ultimo la información como resultado del movimiento.

Podemos clasificarlo en intrínseco y extrínseco diferenciándolo si es propio del cuerpo o del entorno.

La dependencia que tiene el paciente sobre el kinesiólogo en las primeras etapas de rehabilitación es generada por la falta de información que tienen los pacientes sobre el entorno en el que los rodea, es por eso que una rehabilitación efectiva será por medio del feedback y la información externa adecuada.

- Variabilidad de la practica: Para el aprendizaje es necesario que el paciente repita movimientos bajo condiciones idénticas, no debe tener condiciones simples ni predecibles, sino mas bien deben ser paisajes de aprendizaje en el cual los aspectos relevantes puedan estimular y poner en marcha la terapia.
- Diseño de situaciones de aprendizaje: La brecha entre el mundo clínico y el mundo real es grande, por lo tanto la transferencia de una situación terapéutica a una de la vida diaria es difícil de realizar. Es por ello que debemos ejercitar a los pacientes en ambientes que se asemejen a la vida real o en el mismo lugar donde el paciente vive.

11. **METODOLOGÍA**

11.1 **Tipo de estudio**

Este estudio es una revisión sistémica.

11.2 **Estrategia de búsqueda**

Para realizar la presente revisión bibliográfica se utilizaron los siguientes motores de búsquedas de artículos: Pubmed, Scielo y Google académico.

Las palabras claves utilizadas fueron: Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, rehabilitación, capacidad coordinativa, ritmo, equilibrio, reacción, control motor, aprendizaje motor, neurorrehabilitación.

En total fueron seleccionados 31 archivos que cumplían con los criterios de búsqueda establecidos para realizar la siguiente revisión bibliográfica.

Como criterio de inclusión indicamos que deben ser textos completos, tanto en español, portugués como en inglés, pudiendo ser el tipo de texto libros y documentos, ensayo clínico, metaanálisis, ensayo controlado aleatorio, revisiones, revisiones sistemáticas y con un periodo haber sido escrito desde el año 1991 hasta el año 2022, con la excepción de 1 estudio de 1968 para hablar sobre la técnica de un deporte específico.

Dentro de los criterios de exclusión, además de no cumplir con las características mencionadas anteriormente, mencionamos que hay artículos que no se ajustan al asunto de la revisión bibliográfica.

11.3 **Resultados de la búsqueda**

Luego de haber sometido los artículos a los criterios de inclusión y exclusión se han eliminado aquellos que no correspondían con el tema de análisis, dando por resultado:

- Pubmed: 25
- Scielo: 4
- Google académico: 2

En total se han encontrado 60 artículos que sí cumplían con los criterios de inclusión. Sin embargo, al ser analizados por la forma y métodos en que estos se han llevado se decidió tomar solo 31 para que esta revisión sistémica se pueda llevar a cabo.

11.4 **síntesis de los resultados**

Para iniciar la síntesis de los resultados y poder llevar un orden en el cual se pueda expresar de manera clara el análisis de todos los estudios utilizados dividiremos esta sección en:

- Aprendizaje mediante la realidad virtual.
- La realidad virtual usada correctamente para el desarrollo de la rehabilitación.
- Resultados de estudios en torno a las capacidades evaluadas.

11.4.1 **Aprendizaje mediante la realidad virtual**

Como se ha mencionado anteriormente, el proceso de rehabilitación esta mediado por el aprendizaje.

Es Becerra ⁽¹⁵⁾ quien expresa que los equipos de realidad virtual deben ser utilizados como una herramienta para el aprendizaje, explica que una persona dentro de un entorno virtual tendrá una gran cantidad de estímulos organizados por el terapeuta para que la persona pueda tener un input sensorial adecuado para generar una información interna precisa de lo que esta sucediendo en el entorno que luego tendrá una respuesta mediante un movimiento.

Esta característica que tienen los equipos serán muy útiles a la hora de presentar distintos entornos similares a los de la vida real para crear un primer aprendizaje, almacenar en la memoria los métodos y formas para responder frente a distintos estímulos teniendo un contexto específico, es decir, programar la respuesta.

Ahora bien, debemos cuestionarnos ¿Cómo la realidad virtual incide en el proceso de aprendizaje?

Para ello nos centraremos en el cerebro, y es Velásquez ⁽¹⁶⁾ quien expresa que este es un órgano biológico y social que se encarga de todas las funciones y procesos relacionados con el pensamiento, la intuición, la imaginación, la lúdica, la acción, la escritura, la emoción, la conciencia e infinidad de procesos. Pudiendo de esta manera comprender la capacidad que tiene para realizar cambios de respuesta a diferentes estímulos.

Los estímulos que llegan al cerebro para que la persona pueda tener un aprendizaje continuo y en forma creciente deben ser específicos, para que la persona pueda concentrarse en él así poder captarlo y procesar la información para generar una respuesta. Pero además, deben tener un contexto sino en el proceso de aprendizaje la transferencia hacia lo conocido será un paso que complica la rehabilitación.

Hasta el momento hemos expuesto lo ya conocido por parte del aprendizaje, debemos incluir en esta escritura el termino realidad virtual.

Según Navarrete ⁽¹⁷⁾ se logró alcanzar el vínculo entre la medicina como una alternativa a la realidad virtual, utilizándolo como método para el aprendizaje, educación y ayuda en la reanimación física y cognitiva de las personas, pudiendo proyectar una forma de recuperación con métodos tecnológicos, uniendo la realidad virtual con lo real y se ha observado la aceptación de la sociedad al nuevo método de fisioterapia.

Brito ⁽¹⁸⁾ expresa que los espacios generados por computadoras sustituyen percepciones sensoriales del mundo real por las que han sido creadas digitalmente. La persona tendrá la sensación de estar realmente en el nuevo entorno teniendo estímulos controlados dirigidos hacia la estrategia para cumplir el objetivo del trabajo. Por lo tanto, es una herramienta muy valiosa para la evaluación y tratamiento de la patología.

Valmaggia ⁽¹⁹⁾ y Petkova ⁽²⁰⁾ hablan sobre el gran valor que la realidad virtual le añade a la rehabilitación, esta es la sensación psicológica de estar en el lugar, manipular objetos y además permitir la encarnación corporal virtual, permitiendo que los cambios que se produzcan en la realidad virtual sean incorporadas a la percepción del individuo, configurando la percepción en el cuerpo real.

Para concluir entonces, destacamos que la realidad virtual cuenta con una característica preponderante sobre la rehabilitación convencional, y es la elaboración de un nuevo entorno con múltiples estímulos a los sentidos del cuerpo, los cuales logran acercarle una información específica, repetirlos hasta lograr la asimilación, dar una respuesta, corregir si es necesario. Podremos

modificar a gusto el entorno, elevar la dificultad del trabajo y siempre será seguro para el paciente y con un menor costo.

En otras palabras, podremos mediante el aprendizaje desde un entorno seguro y reconocido para el paciente inducir a una plasticidad cerebral de alta calidad y no tener secuelas postraumáticas.

11.4.2 La realidad virtual usada correctamente para el desarrollo de la rehabilitación.

Tieri ⁽¹⁾ informa que actualmente se utiliza la realidad virtual para un amplio espectro de patologías de todas las ramas de la rehabilitación, neurología, traumatología, cardiología, respiratoria, etc. pero también hace referencia al uso de la herramienta.

Destaca la necesidad de que el uso de la realidad virtual sea realizado de manera correcta ya que el uso inadecuado podría obtener resultados que pongan en duda la eficacia de la herramienta traducido en una neuro plasticidad mal adaptativa, como también puede modificar su eficacia los estados de ánimo del paciente.

Para ello definen a la realidad virtual como una simple visualización de imágenes virtuales, en la que el observador se siente dentro del entorno virtual, percibe estímulos y genera respuestas ya sea generales o específicas en tiempo real a los movimientos del cuerpo de manera naturalista. Dentro de este campo podría ver el ambiente en diferentes ángulos, alcanzarlo, agarrarlo y remodelarlo. ^{(21) (22) (23)}

El nivel de inmersión será determinado por la cantidad de sentidos estimulados mediante canales sensoriales y motores que el usuario tiene conectados (visual, auditivo, podría presentarse

olfativo y gustativo) y veríamos en la persona el movimiento de la cabeza y el cuerpo, tal como lo harían si estuviera en un entorno físico equivalente.⁽²²⁾

Debemos entonces decir que para que la rehabilitación mediante la realidad virtual tenga un alto grado de neuroplasticidad, la misma debe ser realizada a través de una adecuada cantidad de canales sensoriomotores, tener un espacio seguro en el cual el paciente pueda responder y obtener nuevos patrones de movimiento, y dependiendo la necesidad del paciente como también su lesión evitar los equipos de realidad virtual que se limiten a interaccionar mediante un mouse o joystick y un monitor.

Es importante tener en cuenta que los estados de ánimos del paciente van a influir en el resultado del tratamiento, esto puede ser determinante para que el resultado sea positivo o negativo⁽²⁴⁾. Será la clave para entender la necesidad de crear ambientes con características similares a del paciente para poder lograr un apego al tratamiento y por lo tanto resultados positivos.

11.4.3 Resultados de estudios

Dentro de esta sección nos centraremos en el análisis de distintos estudios que se han realizado y agrupado según las capacidades coordinativas que deben ser trabajadas en la rehabilitación de los distintos tipos de patologías.

11.4.3.1 Resultados en torno a la reacción

La capacidad de reacción es una capacidad vital para el feedback de la persona con el ambiente que lo rodea y poder tenerla en un nivel adecuadamente trabajado es indispensable

para poder sobrellevar distintas situaciones a las que nos enfrentamos.

En este apartado se han realizado análisis de estudios sobre personas sin alguna patología presente como también los que si presentan alguna patología.

En el primer estudio analizado, Rutkowski y colaboradores ⁽²⁵⁾ en el que realizaron una serie de entrenamientos en jóvenes músicos mediante la realidad virtual inmersiva sobre la reacción y la coordinación ojo mano.

Tomó como población a 14 personas durante 5 días consecutivos, una vez al día con un tiempo de 15 minutos por sesión utilizando el juego Beat saber.

En él se midió el tiempo de reacción en el que el participante golpeaba el plato y la prueba de caída de regla.

Las pruebas realizadas se tomaron al primer y último día. Me centrare en los métodos y resultados de la evaluación de la reacción debido que es el tema del que se estará hablando en esta sección.

La prueba del golpe de plato consistía en tocar alternativamente dos discos con máxima velocidad con la mano dominante y mide el tiempo de reacción del miembro superior del cuerpo.

La prueba de caída de regla evalúa el tiempo de reacción utilizando un palo de 1,5 cm de diámetro y 50 cm de largo. En una determinada posición se realiza la prueba en la que el evaluador sostiene el palo por su extremo superior y enciende un cronometro al soltar el palo, por su parte el evaluado es responder lo más rápido posible agarrando el palo. Se repite 10 veces con cada mano.

Variable	Prueba	Valor	ms
Coordinación mano-ojo (s)	TMT A pre-	19,2 ± 7,2	un 0.002
	TMT A post-	14,4 ± 3,9	
	TMT B pre-	29,4 (23,2–32,1)	b 0.001
	TMT B post-	19,7 (18,5–26,4)	
tiempo de reacción (s)	PTT para	12,6 ± 1,7	0.0001 a
	PTT postal	10,8 ± 1,2	
Tiempo de reacción (cm)	La mano derecha de Ditrich pre-	17,0 ± 5,9	0.847 a
	Poste de la mano derecha de Ditrich	16,9 ± 5,4	
	La mano izquierda de Ditrich pre-	16,6 ± 5,3	0.025 a
	Poste de la mano izquierda de Ditrich	15,6 ± 5,7	
Gasto energético (kcal)	Día 1 *	80,2 ± 28,7	0.011 c
	Día 2	68,6 ± 20,6	
	Día 3	62,6 ± 18,6	
	Día 4	57,6 ± 18,9	
	Día 5 *	51,2 ± 21,6	

Del cuadro que podemos ver por encima hay dos secciones que nos interesan. Tiempo de reacción en segundos y tiempo de reacción en centímetros.

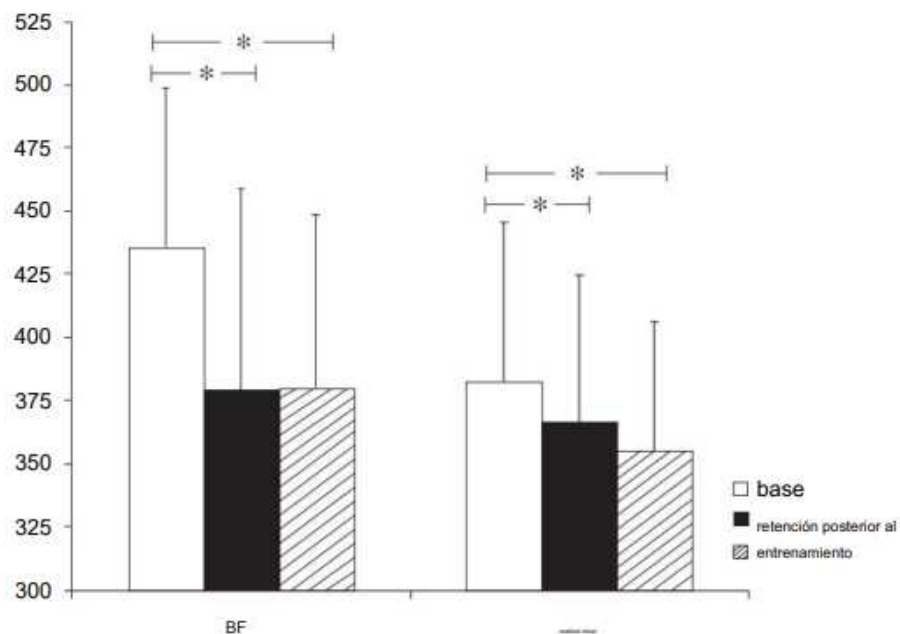
Al analizar los resultados podemos ver que hay una mejora significativa en la de respuesta del golpeo del plato con la mano hábil, mientras que en la prueba de la caída de regla hay una heterogeneidad en las respuestas, se demostró una mejoría en el miembro no dominante mientras que en el dominante no hubo mejoría.

Para continuar, se presenta un estudio realizado por Bisson y colaboradores⁽²⁶⁾, en el cual trabajan sobre la reacción y una capacidad que se detallara más adelante, el equilibrio.

En este estudio se han evaluado a 24 adultos mayores sanos separados en 2 grupos de 12 personas quienes completaron un entrenamiento de 10 semanas, asistiendo 2 veces por semana un tiempo de 30 minutos cada una.

El entrenamiento se basó en realizar malabares con una pelota virtual. Se registraron medidas de equilibrio, balanceo y reacción, centrándonos en la reacción se midió al inicio del entrenamiento, a la semana 1 y 4 después de finalizar el mismo.

Para el entrenamiento de esta, la tarea consistía en que los participantes permanecieran inmóviles con buena postura con los pies juntos sobre la plataforma con la cabeza recta y manos al costado del cuerpo. Debían responder lo más rápido posible a una señal auditiva intervalada entre 5 a 15 segundos.



Del grafico que se presentó anteriormente, podremos visualizar como el tiempo de reacción en la primer semana posterior al entrenamiento disminuyó en relación con la evaluación inicial y como también siguió esa dirección a las cuatro semanas luego de concluir el entrenamiento.

Ahora bien, Pourazar y colaboradores ⁽²⁷⁾ realizaron un estudio en el cual evalúan la mejoría de la reacción mediante la realidad virtual en pacientes que sufren de una parálisis cerebral, se entiende que una persona con estas características tiene apraxia, es decir que no tiene la posibilidad de realizar movimientos dirigidos a un fin, a pesar de poder realizar los movimientos elementales.

El estudio tomó una población de treinta chicos de entre 7 y 12 años que presentaban un rango de 1 a 3 en la clasificación de Gross Motor Function Classification System, los cuales han sido divididos en dos grupos, uno experimental y otro de control.

El equipamiento utilizado fue la XBOX 360 KINECT. Se midieron el tiempo de reacción simple y el tiempo de reacción discriminativo. Estas mediciones se realizaron antes y después del protocolo de realidad virtual.

Las intervenciones para el grupo experimental fueron 12 sesiones de 25 minutos, 3 sesiones por semana, en un período de 4 semanas. Los participantes se pararon detrás de una línea a 200

Dependent variables	Phase	Group		F	df	p
		Experimental	Control			
SRT*	Pretest	.605 ± .133	.610 ± .265	.003	1	.95
	Posttest	.343 ± .156	.576 ± .236	6.72	1	.018
DRT**	Pretest	.936 ± .292	.952 ± .289	.016	1	.899
	Posttest	.568 ± .177	.884 ± .343	6.67	1	.018

*Simple Reaction Time

**Discriminative Reaction Time

95% confidence intervals (95% CI)

cm de la pantalla LCD mientras jugaban juegos basados en realidad virtual. En cada sesión, jugaron bolos y golf durante dos períodos distintos de 10 minutos (5 minutos para cada juego), con un tiempo de descanso de cinco minutos entre dos periodos.

De la tabla anteriormente presentada podemos resumir que si bien ya existía alguna diferencia entre el grupo de control y el grupo experimental, esta diferencia es aún mayor cuando se analiza los valores posteriores al tratamiento siendo un resultado positivo para el uso de la realidad virtual como herramienta de rehabilitación.

11.4.3.2 **Resultados en torno al equilibrio**

Dentro de las 6 capacidades que estaremos analizando, esta es la que más información tiene al respecto.

Es por eso que para hacer un amplio análisis del mismo se seleccionó una serie de artículos que tienen la característica de la heterogeneidad en el área de la rehabilitación.

Dentro de la rehabilitación neurológica pediátrica detallaremos el estudio realizado por Pavão y Arnori ⁽²⁸⁾ en el cual buscan verificar mediante un protocolo terapéutico basado en la realidad virtual el desempeño motor, definido como la capacidad de una persona para realizar un movimiento o actividad física, y por otro lado equilibrio funcional de un niño con parálisis cerebral hemipléjica espástica con un nivel 1 de la Gross Motor Function Classification System.

Este se sometió a una intervención de 12 sesiones de 45 minutos cada una, divididas en 2 veces por semana donde asistió a todas las sesiones, fue realizada mediante la consola XBOX 360

KINECT. Para medir los progresos se han utilizado las escalas de desarrollo motor y escala de equilibrio pediátrico.

En el mismo estudio evaluó y trabajó sobre la motricidad fina, gruesa, equilibrio, esquemas corporales, la organización espacial y temporal.

Se utilizaron dos juegos:

- a) Un juego en el que el niño se ve proyectado dentro de un acuario, en el que aparecen constantes agujeros que deben ser tapados con el uso de sus miembros superiores e inferiores.
- b) Un juego en el que el niño, encima de un remolque en movimiento debe superar obstáculos mediante saltos, agachadas y desplazamientos laterales del cuerpo.

Avaliação	Idade motora geral	Quociente motor geral	Motricidade fina	Motricidade global	Equilíbrio	Esquema corporal	Organização espacial	Organização temporal	PBS
1	54	58	38,7	51,6	64,5	38,7	77,4	77,4	53
2	54	58	38,7	51,6	64,5	38,7	77,4	77,4	53
3	68	71.5	75,7	75,7	69,4	50,5	75,7	82,1	56

De esta investigación podemos decir que las áreas del desempeño motor en las que se observaron incrementos son: Motricidad gruesa (capacidad adquirida para ejecutar movimientos con varios grupos musculares), motricidad fina (capacidad para coordinar nervios, músculos, huesos y tendones para realizar tareas precisas), equilibrio, esquema corporal (definida como la conciencia del cuerpo en el espacio) y organización temporal.

El próximo estudio no presenta una patología en sí pero puede desencadenarla, el estudio realizado por Duque y colaboradores

(29) describen los efectos del entrenamiento del equilibrio utilizando el sistema de realidad virtual en pacientes mayores que sufren caídas, ya sea por una acción rápida que no puede ser respondida por un desequilibrio muscular o disinergia que provoca una acción errónea previo a una buena anticipación por parte de la persona.

El mismo consistió en un reclutamiento de 60 adultos mayores que luego de haber sido diagnosticados con problemas de equilibrio y fracturas. Fueron asignados aleatoriamente a grupos de entrenamiento o control.

Ambos grupos recibieron una atención habitual de prevención de caídas, el grupo de entrenamiento asistió durante 6 semanas 2 veces, mientras que el grupo de control fue evaluado al término de las 6 semanas.

Dentro del grupo de entrenamiento 2 de los 30 participantes abandonaron el programa, marcando un 97% de adherencia al protocolo.

El 91% de los pacientes alcanzaron al menos el 66% de los niveles posibles (10 de 15). Se visualiza una mejora significativa de los parámetros de equilibrio luego de las 6 semanas en las áreas elípticas significativamente bajas con ojos cerrados en superficies dura, blandas, estímulos optocinéticos en vertical y horizontal.

Lo anteriormente explicado se traduce a que los patrones motores, la coordinación muscular y el feedback con el medio han mejorado de manera tal que las caídas y el miedo a que ellas se produzcan han disminuido manteniéndose esta diferencia en el tiempo.

Por último, hablaremos de realizado por Moreno y colaboradores ⁽³⁰⁾ en el cual realiza una revisión bibliográfica sobre la eficacia de la realidad virtual en la marcha y equilibrio sobre persona con esclerosis múltiple.

Mediante distintos motores de búsqueda han recopilado 8 estudios con 303 participantes que cumplieron con los criterios de elegibilidad. Todos los estudios utilizaron una realidad semi inmersiva, 4 estudios se centraron en la neurorrehabilitación, mientras que los otros 4 compararon el tratamiento convencional con respecto a la realidad virtual y de estos, 3 compararon la utilización de realidad virtual frente al no tratamiento.

Dentro de la comparativa realidad virtual vs. Tratamiento convencional un total de 4 estudios con 117 participantes concluyeron que ambas intervenciones mejoran, 2 de ellas encontraron diferencias significativas entre los grupos a favor de la realidad virtual, mientras que los otros 2 grupos no hallaron diferencia significativa para algún grupo.

3 estudios comparan la realidad virtual frente a un no tratamiento, esta comparativa no arroja resultados favorables ya que por su heterogeneidad en la formas y métodos 1 no encontró diferencias entre los grupos, otro estudio encontró diferencias a favor de la realidad virtual y por último el restante determinó que el grupo de realidad virtual tuvo una diferencia pero utilizando un método evaluativo distinto, sin embargo ambos grupos empeoraron, es decir, el grupo de realidad virtual empeoró menos que el no tratamiento.

11.4.3.3 **Resultados en torno a la diferenciación**

Como se ha explicado anteriormente la diferenciación se asocia al deporte debido a que en la actividad deportiva existe una muy amplia gama de actividades parecidas pero no iguales que deben ser resueltas en el menor tiempo posible y con la mayor eficacia posible. Esto tiene que ver con lo mencionado anteriormente sobre las cuestiones previas a realizar una acción, la programación y sus reglas, todos los elementos necesarios para dar una respuesta precisa teniendo en cuenta la situación que se encuentra.

En esta sección hablaremos de la realidad virtual y la relación que tiene con el deporte y esta capacidad.

Faure y colaboradores⁽³¹⁾ mediante una revisión han recopilado una gran cantidad de artículos científicos en los que han buscado evaluar mejor el interés potencial de la realidad virtual para analizar o entrenar la situación de los deportes de pelota en equipo e identificar las limitaciones, las lagunas en el conocimiento y los desafíos científicos restantes.

En esta revisión se han tomado y analizado 30 artículos científicos de los cuales nos hace entender que puede ser una herramienta interesante para evaluar o entrenar habilidades/situaciones de deportes de pelota en equipo, ya que permite a los investigadores controlar y estandarizar situaciones y centrarse en habilidades/ sub-habilidades específicas.

Para entender si esta capacidad puede ser trabajada o no, debemos volver a mencionar el alto nivel de presencia que permite la realidad virtual, como también es importante destacar que los jugadores se comportan de la misma manera en entornos virtuales y reales. Estas determinaciones fueron destacadas por Bideau y

col.⁽³²⁾, Vignais y col.⁽³³⁾ y otros estudios en los que han evaluado a diferentes deportistas de distintas disciplinas y han llegado a conclusiones similares.

Por otra parte, se demostró que mediante la realidad virtual se pueden desarrollar habilidades motoras de una manera más eficiente que en la realidad virtual desacoplando las habilidades en subdestrezas⁽³⁴⁾ en ambientes controlados.

No existirá un único enfoque para explicar la relación entre el rendimiento en el deporte, ya que se pueden utilizar parámetros y combinación de ellos para mejorar el rendimiento.

Dentro de los deportes en los que se utiliza el balón es importante la intercepción de ellos dada la dinámica de la actividad, se han seleccionado 3 artículos de los 30 existentes en la revisión para poder llevar adelante el desarrollo de esta capacidad y centrarnos en los resultados.

Estudio realizado por Craig y col.⁽³⁵⁾ a jugadores de fútbol en los que se observaba la percepción de la dirección del balón con una curva era deficitaria debido a la falta de percepción de la rotación del balón, por lo tanto su participación física sería errónea.

Un estudio realizado por Chapman⁽³⁶⁾ describe que los jugadores acoplan sus movimientos a la información visual en un control continuo, apoyan esta teoría Fink y col.⁽³⁷⁾. quienes realizaron un estudio en 12 jugadores de baseball donde tenían que atrapar una pelota en un área de 12 m² con distintas trayectorias controladas por los investigadores. Como resultado obtuvieron que los participantes pueden responder de manera correcta a trayectorias físicamente imposibles.

Concluye esta revisión con que la realidad virtual proporcionara situaciones de evaluación y entrenamiento confiables para estos

tipos de deportes teniendo un efecto limitado en la representación y realismo.

Además, se destaca la posibilidad de crear situaciones únicas para comprender al deportista, como recoge la información sobre el entorno, tanto como se sitúa, objetos y sujetos que debe superar. Buscar con esto un abanico de situaciones experimentadas, resultados de manera positiva y por lo tanto una mejoría en el rendimiento.

Por último, una vez descrito el estudio de revisión sobre la realidad virtual, el deporte de elite y la relación que tiene con la capacidad podemos inferir que la misma puede ser trabajada mediante la realidad virtual para todas las personas que presenten alguna dificultad para realizar actividades de la vida diaria, siendo un tema para desarrollar para próximas investigaciones científicas.

11.4.3.4 **Resultados en torno al acoplamiento**

En el estudio de esta capacidad debemos evaluar la forma en que dos o mas regiones anatómicas trabajan para la realización de una actividad.

Barton y col.⁽³⁸⁾ han buscado analizar esta capacidad mediante los efectos de una entrenamiento en realidad virtual sobre un niño con parálisis cerebral, en el buscan evaluar el acoplamiento del tronco a la pelvis.

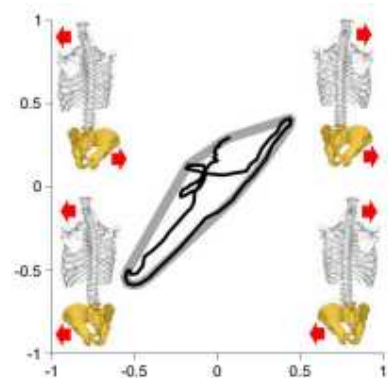
Este estudio se llevó a cabo en un niño de 10 años con diplejía con Nivel 1 en la Gross Motor Function Classification System, el mismo constó de 6 semanas, dos veces por semanas y 30 minutos por sesión. Entrenó mediante el juego Goblin Post Office en el que conducía un dragón volador en una cueva virtual hacia distintos

objetivos que iban apareciendo al azar en un sistema CAREN de realidad virtual.

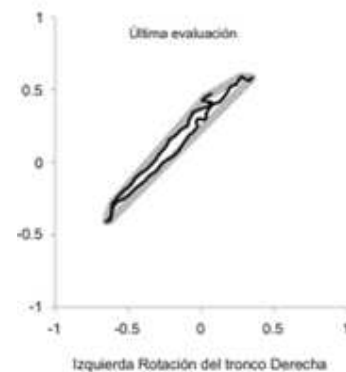
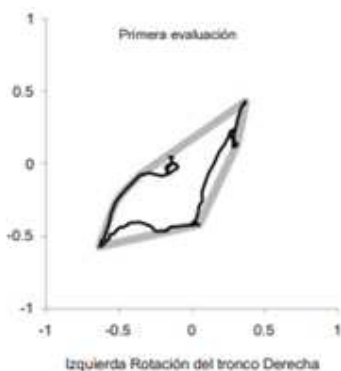
El niño no tenía antecedentes de intervención quirúrgica y no recibía rehabilitación convencional. Presenta una contractura en equipo de 10° en el tobillo derecho e isquiotibiales tensos bilateralmente, caderas desplazadas en rotación interna con torsión tibial externa.

Para cuantificar el acoplamiento entre el tronco y la pelvis, se generaron diagramas de ángulo-ángulo de rotación del tronco y la pelvis, normalizados a sus respectivos rangos de movimiento en todas las sesiones, para secciones de juego entre objetivos consecutivos.

En este grafico podremos entender cómo es que se han analizado los datos, el área del casco convexo que rodea el grafico de ángulo-ángulo (línea negra) fue utilizada para cuantificar el acoplamiento.



Por lo tanto, continuando con la explicación anterior del cuadro, veremos como existe una gran diferencia entre el acoplamiento del tronco y la pelvis entre la primer y ultima evaluación en las sesiones de entrenamiento.



Al estar más cerca la unión de los puntos en gris, como también la línea negra entendemos que existe un avance en el acoplamiento de las tareas de las regiones anatómicas estudiadas.

Como conclusión de este estudio se encontró un desarrollo gradual de un mayor acoplamiento de la pelvis con el tronco, el mismo mejoró el rendimiento durante el juego pero no se logró un control de movimiento selectivo mejorado de la rotación pélvica.

El acoplamiento más estrecho de la pelvis con el tronco parece ser un mecanismo compensatorio que permite al niño mejorar indirectamente el control de la pelvis al fijarla al tronco mejor controlado.

Existe poca bibliografía acorde a la revisión planteada teniendo en cuenta que se busca analizar de manera aislada. De todas maneras, como verán a lo largo de la descripción de las capacidades existe un movimiento corporal generado por distintas estructuras óseas que se encuentran interrelacionadas y al tener esta relación se estará trabajando esta capacidad.

11.4.3.5 **Resultados en torno a la Ritmización**

En la búsqueda de esta capacidad nos hemos encontrado con una gran cantidad de bibliografía que no se ajustaba a los criterios de inclusión como también el uso del término para otros aspectos, como el ritmo cardíaco, ritmo musical y otros.

Sin embargo en la búsqueda he podido filtrar artículos como el de la autora Robles-García y colaboradores ⁽³⁹⁾ quien se encargó de evaluar los efectos de los entrenamientos de imitación del movimiento en el Parkinson mediante la realidad virtual.

Este se realizó mediante un estudio piloto aleatorio donde 16 participantes fueron divididos en 2 grupos, uno de control y otro

experimental. 4 semanas de entrenamiento fueron las programadas para evaluar el golpeteo de los dedos con la mano dominante en la que la imitación fue el motor principal del entrenamiento.

Se evaluó las características del movimiento (amplitud y duración del movimiento) a su propio ritmo y excitabilidad corticoespinal antes, al terminar y dos semanas después del entrenamiento.

Ambos grupos utilizaron el mismo sistema, aunque el entrenamiento se diferenció en los estímulos otorgados a cada grupo, el grupo experimental recibió 3 diferentes tiempos para imitar el movimientos mientras que para el grupo de control solo tuvo 1 tiempo de imitación y fue el mismo tiempo que el participante informaba.

Al finalizar el estudio se determinó que entre los grupos existía una diferencia significativa. Además, dentro del grupo experimental la diferencia se mantuvo en la segunda evaluación post entrenamiento.

El grupo experimental obtuvo una mayor amplitud del movimiento y la posibilidad de modificar la velocidad según los requerimientos del entrenamiento, mientras que el grupo de control obtuvo resultados similares a los presentados en la evaluación inicial.

Distintos estudios ⁽²⁸⁾ ⁽³⁰⁾ ⁽⁴⁰⁾ ⁽⁴¹⁾ han analizado la marcha, el equilibrio y diferentes actividades de la vida diaria. En ellos no se habla específicamente de la capacidad del Ritmización, sin embargo se habla de manera implícita a la hora de explicar cómo varían las características de las actividades solicitadas. Para decirlo de una manera más clara la amplitud de la zancada,

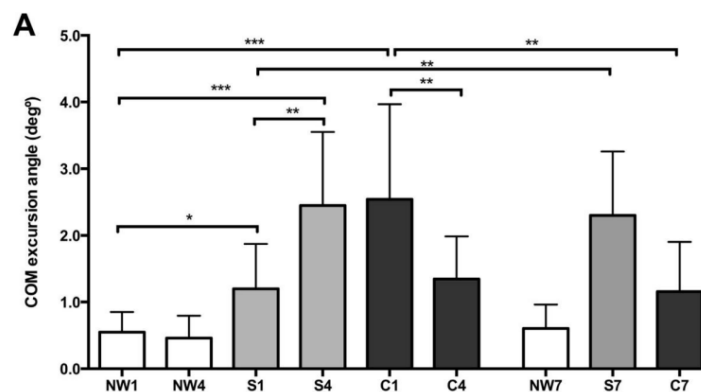
activaciones musculares, como se realizan y controlan los movimientos de manera acompasada hace entender que esta capacidad está siendo trabajada de manera incluida en distintos entrenamientos.

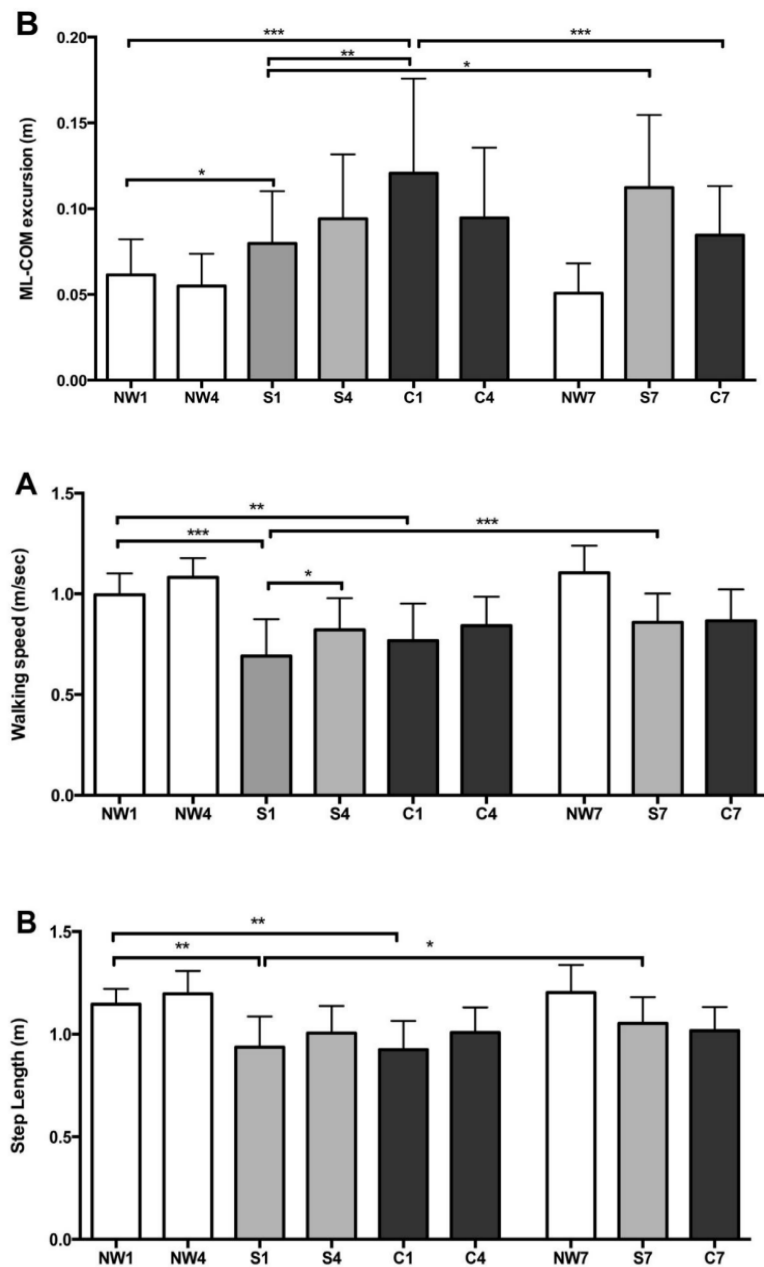
11.4.3.6 Resultados en torno a la adaptación al cambio

La capacidad denominada adaptación al cambio es sin más la posibilidad que tiene una persona de realizar una tarea teniendo en cuenta las características que tiene determinado entorno, es decir que será importante en esta capacidad como la persona que es evaluada modifica sus acciones teniendo en cuenta los cambios en los parámetros de acción.

Debido a ello, se tomó el estudio realizado por Shivani y colaboradores ⁽⁴²⁾ en el cual tuvo como objetivo investigar el efecto de las demandas del entorno virtual, proporcionadas por sistemas inmersivos de realidad virtual en la marcha de participantes sanos.

15 fueron los participantes de este estudio, donde fueron alternando las características del entorno siendo caminata común, caminata con nieve y caminata en condiciones de hacinamiento, y una combinación de ellos. Se evaluó el ángulo de excursión del centro de masa (COM) de los participantes, la excursión COM medio-lateral (ML), la longitud del paso y la velocidad al caminar.





En los 4 gráficos que preceden al presente párrafo podemos ver las diferencias entre los resultados de las evaluaciones pre y post tratamiento con realidad virtual.

La sigla Nw hace referencia a la marcha natural, podemos ver que la Nw1 es la evaluación inicial, mientras que la Nw4 es la evaluación al terminar el ejercicio y el Nw7 es la fase de marcha natural en el bloque mixto. La letra S hace referencia a la marcha

realizada en nieve, mientras que la C hace referencia a la marcha realizada en un entorno de hacinamiento.

Como resultados podremos ver que dentro de estos grupos hay cambios generados por el aprendizaje realizado por los participantes al haber repetido el ejercicio, pero de todas maneras es importante comparar los resultados entre los grupos, ya que la capacidad en cuestión nos habla de la posibilidad de modificar el accionar del participante para cumplir una tarea.

En este caso, el análisis es positivo ya que como vemos en los gráficos, no se mantienen constantes lo que se traduce como ajustes realizados para que los participantes la marcha de manera segura.

11.4.3.7 **Resultados en torno a la orientación espacial**

Para poder analizar esta capacidad de manera aislada no fue fácil encontrar estudios, sin embargo luego de una ardua búsqueda se han encontrado algunos donde el autor se encargó de ello.

Lahav ⁽⁴³⁾ en sus estudios examinó el impacto en los procesos de exploración, construcción de mapas cognitivos y realización de tareas impulsado por la realidad virtual.

Como característica especial es que en los estudios realizados por la autora eligió a una población de personas ciegas, 15 fueron los participantes divididos en 3 grupos de 5 personas cada uno de forma aleatoria, dos grupos experimentales y uno de control. Esto se debe a que utilizó dos sistemas diferentes, BlindAid y Virtual Cane.

Los 3 grupos investigaron ambientes desconocidos de forma independiente, las personas que se encontraban en el grupo de

control se los estudió en dos espacios, equipados con elementos que se pueden encontrar en un trabajo o casa (sillas, mesas, postes, cajas, muebles, etc.). Por su parte, el sistema BlindAid permite manipula objetos virtuales y da una retroalimentación multisensorial, permite simular distintas texturas, rigideces de lo que se puede topar y además incluye audios circundantes. Por último, el sistema Virtual Cane, a través del dispositivo Wii permitió usar el joystick como un bastón, con el que podía interactuar con el medio virtual y así tener una retroalimentación con el entorno.

Se invitó a los participantes a permanecer 40 minutos explorando los espacios, luego de ello se realizó un cuestionario en el cual se les pedía que describan los distintos ambientes explorados, aquí es donde se encuentran las diferencias, los grupos experimentales han descripto con mayor exactitud los entornos que el grupo de control.

Otra diferencia encontrada es el modo de exploración de los ambientes, tanto el grupo de control como el grupo de BlindAid utilizaron una ruta para explorar, en contraste al grupo de Virtual Cane quien utilizo el bastón a la distancia.

		Espacio Componentes	Estrategia Espacial	Representación espacial	Cronología
Grupo experimental BlindAid	1	65%	Perímetro	modelo de ruta	Estructura
	2	87%	Perímetro	modelo de ruta	Estructura
	3	26%	Lista	Lista	Contenido
	4	78%	Perímetro	modelo de ruta	Estructura
	5	37%	Área	modelo de ruta	Estructura
	Media 1	59%		4 Modelo de ruta; 1 lista	4 Estructura; 1 contenido
Grupo experimental Bastón Virtual	2 3	66%	Lista	modelo de mapa	Estructura
		79%	Punto de partida	modelo de mapa	Estructura
		58%	Perímetro	modelo de ruta	Estructura
	4	72%	Perímetro y objeto a objeto	modelo de mapa	Estructura
	5	62%	Punto de partida y objeto a objeto	modelo de mapa	Estructura
	Media 1	69%		4 Modelo de mapa; 1 modelo de ruta	5 Estructura
Grupo de control	2	36%	Perímetro	modelo de ruta	Estructura
	3	54%	Área	modelo de mapa	Estructura
	4 5	27%	Punto de partida	modelo de ruta	Estructura
		15%	Lista	Lista	Estructura
		70%	Punto de partida	modelo de ruta	Estructura
	Significae	40%		3 Modelo de ruta; 1 modelo de mapa; 1 lista	5 Estructura

En cuanto a las tareas de orientación hacia el objeto, hay una clara diferencia en favor al grupo de control, seguido muy de cerca por el grupo que utilizo el mismo mecanismo para la exploración, el grupo BlindAid, dejando relegado al grupo de Virtual Cane, el que utilizó el dispositivo wii.

		Orientado a objetos			Cambio de perspectiva		Apunte a la ubicación	
		RTC(s)	Éxito	Ruta directa RTC (s)	Éxito	Ruta directa		
Grupo experimental BlindAid	1		67%	67%	37	100%	100%	83%
	2	9	100%	100%	53	87%	67%	33%
	3	18	100%	100%	25	100%	100%	100%
	4	26 194	33%	0%	92	67%	67%	50%
	5	ND	67%	33%	NA	100%	100%	67%
	Media	62	73%	60%	52	87%	87%	67%
Grupo experimental Bastón Virtual	1 2	57	100%	100%	192	100%	67%	83%
	3 4 5	24	67%	67%	129	33%	0%	67%
		34	67%	67%	68	87%	67%	83%
		39	67%	67%	74	67%	33%	67%
		68	67%	33%	93	67%	67%	100%
	Media	44	74%	67%	111	67%	47%	80%
Grupo de control	1 2	7	33%	33%	27	33%	33%	67%
	3 4 5	10	100%	100%	27	100%	100%	100%
		17	100%	100%	9	100%	100%	100%
		9	100%	100%	21	67%	67%	83%
		10	33%	33%	22	67%	67%	17%
	Significar	11	73%	73%	21	73%	73%	73%

Lahav⁽⁴⁴⁾ en un nuevo estudio investigó a través del sistema BlindAid y la rehabilitación tradicional el desarrollo de la orientación y la movilidad de personas que han sido diagnosticadas de ceguera. Este estudio se basó en 1 persona, durante 17 sesiones en 10 semanas.

En el aspecto de la orientación, se evaluaron 7 aspectos:

- Finalizar la tarea.
- Estrategias espaciales.
- Tipo de camino utilizado.
- Estrategias de resolución de problemas de orientación.

Se le pidió a la paciente que explore 10 pisos (niveles) diferentes por separado, con un tiempo total de 90 minutos, luego de cada piso explorado se le solicitó a la persona que realice una búsqueda de objetos, por otra parte, también se le pedía que realice tareas de orientación en el espacio físico.

En las tareas de orientación hacia los objetos obtuvo un 98% de aciertos, utilizando mayormente una estrategia espacial para encontrar el objeto, luego debió integrar otras estrategias.

En cuanto a las tareas de orientación espacial en espacios físico se evaluó señalar objetos, ir hacia un lado u otro, en distintos sentidos. Obtuvo un 95% de aciertos en general.

12. ANALISIS FODA

12.1 Fortalezas

Luego de haber realizado el análisis de los estudios bibliográficos podemos describir las siguientes fortalezas de la realidad virtual como herramienta de la rehabilitación:

- Logra alejarse de las abstracciones recreadas por los libros, textos de computadoras o gráficos, permitiendo la investigación del comportamiento humano con la interacción naturista del entorno 3D.
- El entorno que creado por la realidad virtual puede ser muy detallado, variado y personalizado lo cual en términos de rehabilitación convencional serian peligrosos, es decir, podremos crear a través de los visores ambientes familiares a la persona sin salir del consultorio y sin tener que enfrentarse a esa situación ellos solos.
- Disminuye los costos de producir el mismo ambiente de forma convencional.
- Permite transportarse a un entorno conocido por el paciente estando dentro del consultorio con el terapeuta.
- El apego del paciente al tratamiento por tratarse de un ambiente divertido, en contraposición con el tratamiento convencional que puede llegar a ser aburrido.
- Se generan emociones reales debido al logro de la inmersión.
- Aprendizaje guiado mediante pistas para una retroalimentación positiva, un aprendizaje intuitivo sin miedo al error.

12.2 Oportunidades

El vertiginoso desarrollo tecnológico en la industria de los videojuegos que se ha producido en el último tiempo, como también en procesamiento de imágenes y videos ha permitido una unión a través de los usuarios con la maquina haciéndolos más cómodos y usables.

Se prepara entonces un nuevo campo de trabajo para el terapeuta, la tele rehabilitación donde el paciente puede encontrarse en su domicilio mientras que el terapeuta en el consultorio.

12.3 Debilidades

En este apartado encontraremos que los métodos de interacción o interfaces (visor, dispositivos de contactos, auriculares, controles, etc.) son complicados de utilizar.

Las primeras impresiones a la hora de ser utilizado no son buenas, sino más bien representa un miedo para los usuarios.

Por otra parte, los procesos informáticos se encuentran aún inmaduros respecto de las aplicaciones en salud. Es por eso que los procesos deben ser trabajados para que su madurez llegue al punto óptimo.

Una última debilidad es la cantidad de software y hardware que no son compatibles entre todos, elevando los costos de su uso.

12.4 **Amenazas**

Dentro de lo que podemos decir como amenazas, dada la dificultad que se presentó a la hora de escribir esta revisión es la escasa publicación de estudios del tipo costo-beneficio debido a la dificultad de adquirir las nuevas tecnologías en relación con el precio de estas.

Otra posible amenaza es la controversia que existe entre los beneficios que provee la aplicación de la realidad virtual como una herramienta y los efectos secundarios que pueden ocurrir por el uso prolongado.

Una última amenaza será la alta expectativa por parte de los pacientes para la rehabilitación que no tiene una base firme para ser imaginada.

13. **CONCLUSIONES**

Existe evidencia clara que la realidad virtual y sus variantes serán de gran ayuda para nuestra profesión debido a la gran cantidad de estímulos aislados o en conjunto que facilitarán el aprendizaje para una persona que se encuentra en la recuperación de una lesión indistintamente sea el sistema lesionado.

La alta cantidad de variantes, diferentes programas para su uso, la aplicación incorrecta y otras variantes harán que la efectividad de la realidad virtual sea menor.

Será vital la tarea del terapeuta junto con los programadores para crear y utilizar los equipos de la mejor manera posible en pos del entrenamiento de las capacidades coordinativas y todo lo que la persona necesite para mejorar desde la neuro plasticidad mediada por el ejercicio activo.

Además, el desarrollo de las nuevas tecnologías nos hará estar en constante aprendizaje, actualización de equipos y formas de trabajo.

Cabe destacar que hoy en día no todas las capacidades estudiadas en este artículo de revisión tendrán como herramienta principal el uso de la realidad virtual para su rehabilitación.

Por último, no debemos creer que este tipo de equipos tecnológicos desplazan las formas de rehabilitación convencional, sino que será una variante dentro de todo el abanico de posibilidades que tenemos dentro de nuestra profesión.

14. DISCUSIÓN

Como hemos visto y concluido, la realidad virtual es un tipo de tecnología que se encuentra en un gran auge, sin embargo es reciente en el área de la salud y por lo tanto aún no se encuentra suficiente información sobre los momentos y formas de usar que dificultan expresar su grado de eficacia para utilizarla como herramienta.

Esto se pudo observar a la amplia cantidad de equipos, tantos físicos como sistemas, una gran cantidad de protocolos y la poca confiabilidad que traslada a los usuarios, en este caso pacientes a la hora de utilizarla como medio de rehabilitación.

Por último, es obligación mencionar la cantidad de posibles efectos secundarios que pueden llegar a causar por un uso excesivo en relación con el tiempo, para ello la labor de los profesionales de la salud, en este caso los terapeutas determinar el periodo de la rehabilitación y que variantes utilizar para lograr obtener beneficio de estas herramientas y no por el contrario tener efectos adversos de los mismos.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. Expert Review of Medical Devices. 1 de febrero de 2018;15(2):107-17.
2. Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, Cieřlik B, Mazurek J, Turolla A, et al. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. J Rehabil Med. 2020;52(11):jrm00121.
3. Ocete GV, Carrillo JAO, González MÁB. La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. . ISSN.
4. Fundació TIC Salut Social. Informe de realidad virtual en salud. Barcelona; 2019.
5. Introduccion a la realidad virtual. Vol. Capitulo 2.
6. Blázquez D, Ortega E. La actividad motriz en el niño de 3 a 6 años. Madrid, España. Editorial Cíncel; 1984.
7. Comellas M Jesus, Parpinya CA. La psicomotricidad en preescolar. CEAC; 1984.
8. Camerino Foguet O, Castañer Balcells M. La Educación Física en la Enseñanza Primaria. 1.^a ed. INDE; 1991.
9. Rivera E, Trigueros C, Torres J. Coordinación y equilibrio. Concepto y actividades para su desarrollo. Imprenta Rosillo's; 1993.
10. Kiphard E. INSUFICIENCIAS DE MOVIMIENTO Y DE COORDINACION EN LA EDAD DE LA ESCUELA PRIMARIA. Editorial Kapeluz; 1976.
11. Grosser M. El movimiento deportivo. En Editorial Martínez Roca.; 1991.
12. Weineck J. Entrenamiento óptimo. Editorial Hispano Europea.; 1988.
13. Collado Vázquez S, Cano de la Cuerda R. Neurorrehabilitacion: Metodos Especificos Valoracion Tratamiento. Chile; 2018. 512 p.
14. Mulder T. Un modelo orientado al proceso de comportamiento motor humano: Hacia un enfoque de rehabilitacion. Movement science series. 1991;(71):157-64.
15. Becerra JRJ. en el proceso de aprendizaje del cerebro. 2019;
16. Burgos BMV, de Cleves NR, Márquez MGC. El cerebro que aprende1 The Brain That Learns O cérebro que aprende. 2009;

17. Navarrete J manuel. La realidad virtual como arma terapéutica en rehabilitación. *Rehabilitacion integral*. 5 de diciembre de 2009;5(1):40-5.
18. Brito C. H, Vicente P. B. Realidad virtual y sus aplicaciones en trastornos mentales: una revisión. *Rev chil neuro-psiquiatr*. 2018;56(2):127-35.
19. Valmaggia LR, Latif L, Kempton MJ, Rus-Calafell M. Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: An systematic review of recent evidence. *Psychiatry Research*. febrero de 2016;236:189-95.
20. Petkova VI, Khoshnevis M, Ehrsson HH. The Perspective Matters! Multisensory Integration in Ego-Centric Reference Frames Determines Full-Body Ownership. *Front Psychology [Internet]*. 2011 [
21. Sanchez vives MV, Slater M. De la presencia a la conciencia a través de la realidad virtual. *Nat Rev Neurociencia*. 2005;(6):332-9.
22. Slater M. Midiendo la presencia: una respuesta al cuestionario de presencia de Witmer y Singer. 1999;(8):560-5.
23. Rheingold H. Realidad virtual: explorando las valientes nuevas tecnologías. Simon & Schuster Adult Publishing Group. 1991;
24. Villani D, Riva F, Riva G. Nuevas tecnologías para la relajación: la presencia. *Int J Estrés Manag*. 2007;14:260-74.
25. Rutkowski S, Adamczyk M, Pastula A, Gos E, Luque moreno C, Rutkowka A.
Entrenamiento utilizando un sistema comercial de realidad virtual inmersiva sobre la coordinación ojo-mano y el tiempo de reacción en jóvenes músicos. Un estudio piloto. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*. 2021;18.
26. Bisson E, Contant B, Sveistrup H, Lajoie Y. Functional Balance and Dual-Task Reaction Times in Older Adults Are Improved by Virtual Reality and Biofeedback Training. *CyberPsychology & Behavior*. febrero de 2007;10(1):16-23.
27. Pourazar M, Mirakhori F, Hemayattalab R, Bagherzadeh F. Uso de intervención de realidad virtual para mejorar el tiempo de reacción en niños con parálisis cerebral: un ensayo controlado aleatorizado. *Neurorehabilitación del Desarrollo*.
28. Pavão SL, Arnoni JLB. Impacto de una intervención basada en realidad virtual en el desempeño motor y el equilibrio de un niño con parálisis cerebral: un estudio de caso.
29. Duque G, Boersma, Loza-Diaz, Hassan, Suarez H, Geisinger, et al. Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *CIA*. febrero de 2013;257.

30. Moreno Verdú M, Ferreira Sánchez M del R, Cano de la Cuerda R, Jiménez Antona C. Eficacia de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en esclerosis múltiple. Revisión sistemática de ensayos controlados aleatorizados. *RevNeurol*. 2019;68(09):357.
31. Faure C, Limballe A, Bideau B, Kulpa R. Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of Sports Sciences*. 17 de enero de 2020;38(2):192-205.
32. Bideau B, Kulpa R, Ménardais S, Fradet L, Multon F, Delamarche P, et al. Real Handball Goalkeeper vs. Virtual Handball Thrower. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. agosto de 2003;12(4):411-21.
33. Vignais N, Kulpa R, Brault S, Presse D, Bideau B. Which technology to investigate visual perception in sport: Video vs. virtual reality. *Human Movement Science*. febrero de 2015;39:12-26.
34. Ruffaldi E, Bardy B, Gopher D, Bergamasco M. Feedback, Affordances, and Accelerators for Training Sports in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1 de febrero de 2011;20(1):33-46.
35. Craig C, Bastin J, Montagne G. Cómo la información guía el movimiento: interceptar tiros libres curvos en el fútbol. *Ciencia del movimiento humano*. 2011;30(5):931-41.
36. Chapman S. Atrapar una pelota en baseball. *Revista estadounidense de física*. 1968;26(10):868-70.
37. Fink P, Foo P, Warren W. Atrapar pelotas elevadas en realidad virtual: una prueba crítica del problema del jardinero. *Diario de la vision*. 9(13).
38. Barton GJ, Hawken MB, Holmes G. Los efectos del entrenamiento con juegos de realidad virtual en el acoplamiento del tronco a la pelvis en un niño con parálisis cerebral.
39. Robles-García V, Corral-Bergantiños Y, Espinosa N, García-Sancho C, Sanmartín G, Flores J, et al. Effects of movement imitation training in Parkinson's disease: A virtual reality pilot study. *Parkinsonism & Related Disorders*. mayo de 2016;26:17-23.
40. Cano Porras D, Siemonsma P, Inzelberg R, Zeilig G, Plotnik M. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: Systematic review. *Neurology*. 29 de mayo de 2018;90(22):1017-25.
41. Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *Tohoku J Exp Med*. 2016;238(3):213-8.
42. Paralkar S, Varas-Diaz G, Wang S, Bhatt T. Motor adaptation to real-life external environments using immersive virtual reality: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. octubre de 2020;24(4):152-8.

43. Lahav O. Virtual Reality Systems as an Orientation Aid for People Who Are Blind to Acquire New Spatial Information. *Sensors*. 9 de febrero de 2022;22(4):1307.
44. Lahav O, Schloerb DW, Srinivasan MA. Newly blind persons using virtual environment system in a traditional orientation and mobility rehabilitation program: a case study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. septiembre de 2012;7(5):420-35.