



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE MEDICINA

CARRERA DE KINESIOLOGÍA

“EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA BASADA EN EL JUEGO DE REALIDAD VIRTUAL SUMADO A LA TERAPIA FÍSICA CONVENCIONAL, COMPARADO CON LA TERAPIA FÍSICA CONVENCIONAL POR SÍ SOLA, MEDIDA EN FUNCIÓN DEL CONTROL POSTURAL Y DEAMBULACIÓN, EN NIÑOS QUE PRESENTAN PARÁLISIS CEREBRAL, NIVEL 1, 2 Y 3, ENTRE LOS 6 Y 18 AÑOS, SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN MOTRIZ GRUESA EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, EN LOS AÑOS 2018-2019”

Autores : Esteban Carrasco Martínez.

Leonela Pichuñán Briones.

Romina Riquelme Mellado.

UNIVERSIDAD DE

FRONTERA

LA

FACULTAD DE MEDICINA  
CARRERA DE KINESIOLOGÍA

“EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA BASADA EN EL JUEGO DE REALIDAD VIRTUAL SUMADO A LA TERAPIA FÍSICA CONVENCIONAL, COMPARADO CON LA TERAPIA FÍSICA CONVENCIONAL POR SÍ SOLA, MEDIDA EN FUNCIÓN DEL CONTROL POSTURAL Y DEAMBULACIÓN, EN NIÑOS QUE PRESENTAN PARÁLISIS CEREBRAL, NIVEL 1, 2 Y 3, ENTRE LOS 6 Y 18 AÑOS, SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN MOTRIZ GRUESA EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, EN LOS AÑOS 2018-2019”

Autores : Esteban Carrasco Martínez.  
Leonela Pichuñán Briones.  
Romina Riquelme Mellado.  
Profesora Guía : Klga. Pía Martino

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, quisiera agradecer a Dios, quien ha estado conmigo y me ha dado fortalezas en todo momento, por las diferentes personas que ha puesto en mi camino, y por la familia que me ha dado, la cual ha estado presente no solo en este proceso, sino que, en todas las etapas de mi vida, siendo sus enseñanzas y consejos que me han ayudado a formarme como una persona íntegra, entregándome su esfuerzo y confianza para que así mis metas y sueños se puedan cumplir. Agradecer además a mis compañeras de este arduo trabajo, quienes me han demostrado ser unas grandes amigas, con las cuales he compartido no solo momentos de dificultades, sino que también grandes momentos de alegría. Y finalmente dar gracias a aquellos profesores que se han mostrado cercanos, comprometidos y que con dedicación han traspasado sus conocimientos y experiencias, dándome un aporte no tan solo académico, sino que a la vida misma.*

*Esteban Carrasco Martínez*

*Quisiera agradecer a mi familia por ser ese pilar fundamental, por creer siempre en mí, por recordarme que en la vida puede haber tiempo para todo menos para rendirse, porque de eso se trata ¿verdad?, de constancia, perseverancia y no detenerse. Gracias a mis compañeros, por su amistad, por su entrega, por la suma de pequeños esfuerzos día tras día, por el camino recorrido y todo lo que este conllevó. Porque es aquí cuando te detienes a mirar hacia atrás y te das cuenta de que todo ha valido. Y agradecer a Dios, por siempre, por todo y por tanto.*

*Leonela Pichuñán Briones*

*Dios, tu amor y bondad no tiene fin, ya que me permitiste estar en esta instancia tan importante y relevante en mi vida. Agradecer profundamente a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por su confianza al creer en mí y en mis expectativas. A mis hermanos y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado en cada momento que los necesité. Finalmente, agradecer a Esteban y Leonela por su compañerismo, pero sobre todo por nuestra amistad que se fortaleció aún más en esta etapa, además de ser los pilares fundamentales para concluirla.*

*Romina Riquelme Mellado*

*De manera general, queremos agradecer a los distintos docentes que nos brindaron su apoyo, al Klgo. Leonardo Toloza por su ayuda y sus propuestas, al Klgo. Fernando Valenzuela por recibirnos en el Instituto Teletón de Temuco y tener la disposición para responder nuestras inquietudes, a la Klga. Valeska Gatica, docente del Dpto. de Movimiento Humano de la Universidad de Talca, quién nos proporcionó material para el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.*

*Finalmente, agradecer a nuestra profesora guía Klga. Pía Martino, por su disposición a corregir y responder nuestras dudas, por su constante colaboración, entusiasmo y confianza para llevar a cabo nuestro proyecto de investigación.*

## **RESUMEN**

**Introducción:** La parálisis cerebral se define como una lesión cerebral de carácter no progresivo, que se produce en un cerebro inmaduro y en distintos periodos de la infancia hasta los 5 años, ésta tiene una alta prevalencia en Chile, siendo de un 34%. Actualmente existen diversos tratamientos, uno de estos es la innovadora terapia de realidad virtual, la cual se basa en una simulación de la vida diaria, con un entorno altamente motivante, que busca la interacción y la entrega de un feedback sensorial a la persona.

**Objetivo:** Determinar la efectividad de la terapia basada en el juego de realidad virtual sumado a la terapia física convencional, medida en función del control postural y deambulación, en niños que presentan parálisis cerebral, nivel 1, 2 y 3, clasificados según la función motora gruesa, entre los 6 y 18 años, en la región de la Araucanía, en los años 2018-2019.

**Material y métodos:** El estudio se realizará en 20 niños de ambos sexos, que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión. Posterior a esto se asignarán aleatoriamente a cada grupo. En cuanto a las intervenciones, el grupo control recibirá terapia física, mientras que el grupo experimental el uso de “Wii Balance Board” más terapia física.

**Palabras claves:** Parálisis cerebral, control postural, marcha, equilibrio dinámico, equilibrio estático, longitud de paso, velocidad de marcha, terapia física, Wii Balance Board.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Cerebral palsy is defined as a brain injury of a non-progressive nature, which occurs in an immature brain and at different periods of childhood up to 5 years, it has a high prevalence in Chile, being 34%. Currently there are several treatments, one of these is the innovative virtual reality therapy, which is based on a simulation of daily life, with a highly motivating environment, which seeks interaction and the delivery of sensory feedback to the person.

**Objective:** Determine the effectiveness of the therapy based on the virtual reality game added to conventional physical therapy, measured in terms of postural control and ambulation, in children with cerebral palsy, level 1, 2 and 3, classified according to gross motor function, between 6 and 18 years, in the region of Araucanía, in the years 2018-2019.

**Material and methods:** The study will be conducted on 20 children of both sexes, who meet the inclusion and exclusion criteria. After this, each group will be assigned randomly. Regarding interventions, the control group will receive physical therapy, while the experimental group will use "Wii Balance Board" plus physical therapy.

**Keywords:** Cerebral palsy, postural control, gait, dynamic equilibrium, static equilibrium, step length, walking speed, physical therapy, Wii Balance Board.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>17</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>19</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1 Parálisis cerebral .....	19
2.2 Clasificación de la Parálisis Cerebral.....	21
2.3 Clasificación topográfica .....	22
2.4 Clasificación clínica .....	22
2.5 Clasificación de la función motriz o GMFCS.....	24



2.6	Juegos de realidad virtual.....	26
2.7	Terapia Física.....	30
2.8	Control Postural .....	31
2.8.1	Definición de la Acción del Control Postural .....	32
2.8.1.1	Orientación postural.....	32
2.8.1.2	Estabilidad postural.....	33
2.8.2	Definición de los Sistemas del Control Postural .....	33
2.8.3	Control Postural Bípedo .....	34
2.8.4	Control Postural Sedente .....	35
2.8.5	Mecanismos Motores del Control Postural .....	35
2.8.6	Mecanismos Sensoriales Relacionados con la Postura .....	36
2.8.6.1	Impulsos Visuales .....	36
2.8.6.2	Impulsos Somatosensoriales .....	37
2.8.6.3	Impulsos Vestibulares .....	37
2.9	La Marcha .....	37
2.9.1	Fisiología de la Marcha .....	38
2.9.2	Ciclo de la marcha.....	41
2.9.3	Fases del ciclo de la marcha .....	42
2.9.3.1	Fases de la marcha en el periodo de soporte.....	43
2.9.3.2	Fases de ciclo de la marcha durante el periodo de balanceo.....	44
2.9.4	Parámetros Espaciales. ....	44
2.9.5	Parámetros Espaciotemporales.....	46

**CAPÍTULO 3 .....48**

**3. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....48**

3.1 Pregunta de búsqueda .....48

3.2 Área de estudio epidemiológico.....48

3.3 Protocolo de búsqueda .....49

3.4 Análisis crítico de la literatura .....50

3.4.1 Artículo 1.....50

3.4.2 Artículo 2.....52

3.4.3 Artículo 3.....54

3.4.4 Artículo 4.....57

3.4.5 Artículo 5.....59

3.4.6 Artículo 6.....61

**CAPÍTULO 4 .....63**

**4. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....63**

4.1 Pregunta de investigación .....63

4.2 Objetivo general.....64

4.3 Objetivos específicos .....65

4.4 Justificación de la pregunta de investigación.....65

4.4.1 Factible .....65

4.4.2 Interesante .....66

4.4.3 Novedoso.....67

4.4.4 Ético.....67

4.4.5 Relevante .....	68
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>69</b>
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
5.1 Diseño de investigación propuesto .....	69
5.2 Justificación del diseño .....	70
5.3 Población de estudio .....	71
5.3.1 Población diana .....	71
5.3.2 Población accesible .....	71
5.3.3 Población de estudio.....	71
5.3.4 Grupo control .....	72
5.3.5 Grupo experimental.....	72
5.4 Muestra .....	72
5.4.1 Criterios de elegibilidad .....	72
5.4.2 Tamaño muestral .....	73
5.4.3 Aleatorización .....	74
5.4.4 Enmascaramiento .....	75
5.5 Variables y mediciones .....	75
5.5.1 Variables de resultado .....	75
5.5.2 Variables de control.....	76
5.5.3 Variable de exposición .....	77
5.6 Intervención .....	78
5.6.1 Grupo Control: Terapia Física.....	78

5.6.2	Grupo experimental: Uso de Wii Balance Board más terapia física ...	80
<b>CAPÍTULO 6</b>		<b>82</b>
<b>6.</b>	<b>PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>82</b>
6.1	Hipótesis	82
6.1.1	Hipótesis nula	82
6.1.2	Hipótesis alternativa	82
6.2	Estadística descriptiva	82
6.3	Estadística inferencial	83
<b>CAPÍTULO 7</b>		<b>85</b>
<b>7.</b>	<b>ÉTICA EN INVESTIGACIÓN</b>	<b>85</b>
7.1	Principios éticos	85
7.1.1	Autonomía	85
7.1.2	No maleficencia	85
7.1.3	Beneficencia	86
7.1.4	Justicia	86
7.2	Consentimiento y asentimiento informado	87
<b>CAPÍTULO 8</b>		<b>88</b>
<b>8.</b>	<b>ADMINISTRACIÓN Y PROSUPUESTO DEL ESTUDIO</b>	<b>88</b>
8.1	Administración	88
8.2	Presupuesto del estudio	88

8.2.1	Materiales de terapia y mediciones .....	88
8.2.1.1	Implementos para medición de variables.....	89
8.2.1.2	Implementos generales.....	90
8.2.1.3	Implementos para intervención.....	91
8.2.1.4	Espacio físico.....	91
8.3	Recursos humanos .....	92
8.4	Total del presupuesto .....	93
8.5	Carta Gantt .....	94
<b>ANEXOS.....</b>		<b>96</b>
<b>9.</b>	<b>Anexo 1: Clasificación específica de la función motora gruesa según edades.....</b>	<b>96</b>
<b>10.</b>	<b>Anexo 2: Búsqueda sistemática .....</b>	<b>106</b>
<b>11.</b>	<b>Anexo 3: Test de evaluaciones .....</b>	<b>107</b>
11.1	Test Time up and Go.....	107
11.2	Prueba de Alcance Funcional.....	108
11.3	Analizador de marcha y salto (Modelo: AMS-1). .....	109
<b>12.</b>	<b>Anexo 4: Características de los juegos de realidad virtual.....</b>	<b>111</b>
<b>13.</b>	<b>Anexo 5: Consentimiento y asentimiento informado. ....</b>	<b>116</b>
<b>14.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>122</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

PC	:	Parálisis cerebral
SNC	:	Sistema nervioso central
GMFCS	:	Sistema de clasificación de la función motora gruesa
CIF	:	Clasificación internacional de funcionamiento de la discapacidad y salud
RV	:	Realidad virtual
AVD	:	Actividades de la vida diaria
GMFM	:	Medida de la función motora gruesa
CP	:	Control postural
CG	:	Centro de gravedad
CSC	:	Conductos semicirculares
ECCA	:	Ensayo clínico controlado aleatorizado
CAK	:	Centro de atención kinésica
FONIS	:	Fondo nacional de investigación y desarrollo en salud

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1 : Adaptación de la clasificación de PC topográfica, del libro  
“Tratamiento de la Parálisis cerebral y retraso motor”
- Tabla 2 : Clasificación clínica de la PC
- Tabla 3 : Clasificación general de PC, según la GMFCS
- Tabla 4 : Componentes de los Sistemas Musculoesquelético y Nervioso
- Tabla 5 : Adaptación de criterios de elegibilidad y valoración de validez de  
un ECCA
- Tabla 6 : Criterios de elegibilidad
- Tabla 7 : Implementos para la medición de variables
- Tabla 8 : Implementos generales
- Tabla 9 : Implementos para la intervención
- Tabla 10 : Recursos humanos
- Tabla 11 : Total presupuesto

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1 : Representación del ciclo de la marcha, con sus dos periodos soporte y balanceo respectivamente
- Figura 2 : Longitud de paso largo o zancada y paso largo
- Figura 3 : Ancho y ángulo del paso respectivamente
- Figura 4 : Cálculo del tamaño muestral



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de todas las patologías neurológicas según el informe anual 2014 observado en la Red Nacional de Institutos Teletón, la parálisis cerebral es la que tiene mayor prevalencia siendo ésta de un 34% y su incidencia de un 18%(1,2).

La Parálisis Cerebral está definida como una lesión cerebral de carácter no progresivo que se produce en un cerebro inmaduro y en distintos periodos, que va desde el prenatal hasta los cinco años(3). Esta patología trae consigo alteraciones a nivel del tono muscular, de la postura y la realización funcional del movimiento, el impacto resultante de estas alteraciones dependerá de la ubicación y el alcance de la lesión producida en las distintas áreas del cerebro, e influirá en el tipo y la gravedad de la disfunción, la cual variará entre las personas que presentan parálisis cerebral.

Todas las alteraciones mencionadas anteriormente conllevan a una deficiencia en el control postural, que en pacientes con esta alteración, presentan un desorden a nivel sensorial o también dadas por paresias musculares, debido a que afecta la habilidad de la persona para adaptar los inputs sensoriales a cambios de tareas y demandas ambientales y por no permitir la creación de modelos internos corporales precisos para éste. En cuanto al nivel motor, afecta directamente a la correcta ejecución de la marcha, además produce una alteración en la secuencia de la activación muscular, afectando directamente al equilibrio y a la mantención de la estabilidad, lo que finalmente puede traducirse a una limitada independencia(4).

Frente a esta problemática, los juegos de Realidad Virtual son una innovadora modalidad terapéutica que ha comenzado a usarse como herramienta en el tratamiento y evaluación en el área de la rehabilitación, aplicándose a poblaciones que presentan un déficit cognitivo y metacognitivo. Esta herramienta terapéutica está basada en una interface que genera un mundo alterno en las salas de terapia, dentro del cual los pacientes pueden tener logros con base en ejercicios programados, que le permiten tener movilidad y realizar la terapia en un entorno seguro.

El uso de la realidad virtual actualmente ha demostrado beneficios como aumentar la motivación y participación activa, que llevan a una mejor adherencia al tratamiento por parte del paciente, dando la oportunidad tanto de crear un aprendizaje repetitivo como la capacidad de aumentar gradualmente la complejidad de las tareas(5). Entretanto decrece el apoyo del terapeuta, mientras que a este último, le entrega habilidades para medir de manera objetiva el avance de los cambios post intervención, dado a un ambiente seguro y adecuado a la actividad.

Finalmente, este tratamiento podría ser efectivo en esta población, debido a los aspectos ya mencionados, que pueden influir en una óptima rehabilitación, mejorando aspectos técnicos del control postural y deambulación, para así lograr una mayor independencia, mejorando la calidad de vida del paciente.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Parálisis cerebral

Actualmente en Chile, la población infantil en situación de discapacidad constituye en sí un grupo vulnerable, donde se suman factores tanto personales como ambientales, entre ellos la pobreza, la disfunción familiar y un ambiente socio cultural adverso(1). Según datos utilizados, a nivel mundial, alrededor de 93 millones de niños menores de 14 años, presenta alguna discapacidad moderada o grave(6).

Según el informe anual 2014 observado en la Red Nacional de Institutos Teletón(2), la prevalencia de la parálisis cerebral (PC) constituye un 34% y su incidencia un 18%(1).

El término PC tiene su origen en 1862 cuando William John Little, un cirujano ortopedista inglés presentó sus observaciones en un grupo de niños con alteraciones del tono y el desarrollo que él describió como “rigidez espástica”. Observó que un porcentaje de éstos presentaban antecedentes de trabajo de parto difícil, prolongado y/o presentación distócica, postulando que las alteraciones motoras observadas eran resultado de trastornos en el proceso del nacimiento(7). Posteriormente, en 1897, Sigmund Freud sugirió que la PC podría estar arraigada

en el desarrollo del cerebro en el útero y la formación aberrante relacionada con factores que influyen directamente en el crecimiento del feto(8). Hoy en día se refiere a “un grupo de trastornos en el desarrollo del control motor y la postura, que ocurren como resultado de un deterioro no progresivo del sistema nervioso central (SNC) en desarrollo”(9).

Esta alteración a nivel del SNC se genera cuando el sistema nervioso no ha madurado por completo, y se puede producir o presentar en los periodos prenatal, perinatal, y posnatal, hasta los cinco años de edad(7,8).

La lesión no es progresiva y causa un deterioro variable de la coordinación de la acción muscular, lo que conlleva a la incapacidad del niño, para mantener posturas y realizar movimientos de manera correcta, influyendo directamente de forma negativa en su desarrollo general, afectando su potencial para explorar, hablar, aprender y ser independiente(8).

La PC puede ser el resultado de una o más etiologías, de hecho, en más del 30% de los niños, no hay factores de riesgo ni origen conocido. Hoy, se cree que las principales causas que desencadenan esta patología, ocurren durante el desarrollo intrauterino, la asfixia que sucede en cualquier edad gestacional y el nacimiento prematuro explican la mayoría de los casos(10). Además se mencionan la anoxia, la hemorragia intracraneal, la excesiva ictericia neonatal, el traumatismo y la infección, provocando algún daño cerebral(11).

Como se mencionó anteriormente, el principal síntoma es el trastorno del movimiento que conlleva a una alteración a nivel del tono muscular, presentando

características hipotónicas, espásticas, movimientos involuntarios o descoordinados. Además, se pueden observar reflejos aumentados o presencia de clonus en las extremidades. Dependiendo de la severidad, se pueden presentar dificultades en tareas tales como, control cefálico, sentarse, gatear o caminar, estos cambios o déficits se expresan más a medida que el niño crece, el área del cerebro afectada se refleja directamente por las discapacidades resultantes(9,10).

Como indicó Levitt et al.(11); dentro del cuadro clínico existen tres aspectos que se consideran primordiales, los cuales son:

- Retraso en el desarrollo en relación con la adquisición de nuevas habilidades que deberían lograrse a la edad cronológica del niño.
- Persistencia de reacciones reflejas infantiles no acorde a su edad.
- Ejecuciones de múltiples funciones mediante una combinación de patrones atípicos y típicos de su edad, los cuales se mantienen a través del tiempo, tornándose éste último como un patrón atípico, esto debido a los síntomas patológicos como: hipertonía, hipotonía, movimientos involuntarios y alteraciones biomecánicas derivadas de las lesiones de la motoneurona superior.

## 2.2 Clasificación de la Parálisis Cerebral

La PC se puede clasificar según; severidad, topografía y la clínica, las dos últimas mencionadas se encuentran resumidas en las siguientes tablas, además de la clasificación de la función motora gruesa, la que se abarcará con mayor detalle en los capítulos próximos(11,12):

### 2.3 Clasificación topográfica

Cuadriplejía	Afecta a las cuatro extremidades
Diplejía	Afecta a las cuatro extremidades, aunque están más afectados los miembros inferiores
Paraplejía	Afecta ambos miembros inferiores
Triplejía	Afecta a tres extremidades
Hemiplejía	Afecta a un lado del cuerpo
Monoplejía	Afecta a una sola extremidad

**Tabla 1: Adaptación de la clasificación de PC topográfica, del libro “Tratamiento de la Parálisis cerebral y retraso motor” (11).**

### 2.4 Clasificación clínica

Espástica	La lesión asienta en la vía piramidal (corteza motora o vías subcorticales intracerebrales), generando una falta en el control motor de los centros superiores sobre los músculos, la persistencia de los reflejos primitivos, la exaltación de los reflejos osteotendinosos, un tono muscular elevado y en ocasiones paresia muscular. Es causada por un desequilibrio entre las neuronas alfa y gamma
Atetoide y distónica	Son causadas por una lesión en los núcleos grises de la base. En la PC atetoide provoca contracciones involuntarias de los músculos voluntarios, expresándose clínicamente movimientos

	involuntarios y en PC distónica causará una contracción prolongada de los músculos fásicos
Atáxica	Esta lesión asienta en los circuitos cerebelosos, presenta una perturbación de los sentidos cinestésicos y del equilibrio, junto a una alteración de la coordinación muscular

**Tabla 2: Clasificación clínica de la PC” (13).**

En cuanto al tratamiento de la PC, Bobath indicó 2 principios generales, los cuales son(10):

- La inhibición o supresión de la actividad refleja tónica anormal, que es responsable de los patrones de la hipertonía.
- La facilitación de las reacciones normales altamente integradas de enderezamiento y de equilibrio en su correcta secuencia de desarrollo, con progresión hacia las actividades de destreza.

Hay consideraciones generales dentro del tratamiento de la PC, y que dependerán directamente de cada paciente, a grandes rasgos el tratamiento va enfocado a los siguientes aspectos(11);

- Ayudas ortopédicas y educación muscular.
- Patrones de movimientos progresivos.
- Patrones de movimiento sinérgico.
- Facilitación neuromuscular propioceptiva.
- Desarrollo neuromotor.
- Estimulación sensorial para la activación y la inhibición.

- Educación conductiva.

## 2.5 Clasificación de la función motriz o GMFCS

El sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) para PC está basado en el movimiento autoiniciado por el paciente, con énfasis en la sedestación, las transferencias y la movilidad. Este sistema de clasificación consta de cinco niveles, en el cual su principal criterio es la diferencia que existe entre cada uno de los niveles, centrándose éstas en las limitaciones funcionales, la necesidad de uso de dispositivos auxiliares de la marcha o de movilidad sobre ruedas. La GMFCS tiene como objetivo, determinar qué nivel representa mejor las habilidades y limitaciones del niño o joven, basándose en el desempeño actual de la función motora gruesa y que no incluye juicios acerca de la calidad del movimiento o pronóstico de mejoramiento(14).

Esta clasificación se centra en los logros funcionales, más que las limitaciones que presenta el paciente, enfatizando la ejecución de las actividades diarias ya sea, en la casa, escuela y/o en la comunidad. Se gradúa valorando la realización de la actividad diaria y no lo que se espera que realice(12).

Esta es una escala ordinal, por lo tanto, se clasifica de la misma manera a los niños y a los jóvenes, conservándose el mismo número de niveles para cada grupo de edad, intentando que en cada grupo se describa la función motora gruesa. En cada nivel, existe una descripción diferente de acuerdo con el grupo de edad. En los niños menores de dos años, se considera la edad corregida, si es que éstos fueran de pretérmino. Las descripciones para los niños de 6-12 años y de 12-18 años



reflejan el impacto potencial tanto de factores ambientales como factores personales, sobre los métodos de movilidad. Todo esto tiene relevancia en los aspectos evaluados en la Clasificación Internacional de Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF), la cual reúne sistemáticamente los diferentes dominios de una persona en una determinada condición médica(14).

Como indica CanChild Centre for Childhood Disability Research(14), la clasificación distribuye estos niveles con respecto a la movilidad, primero de manera general y luego más específica en relación con la edad, las cuales se representan a continuación.

Generalidades de cada nivel

NIVEL I	Camina sin restricciones
NIVEL II	Camina con limitaciones
NIVEL III	Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha
NIVEL IV	Auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada
NIVEL V	Transportado en silla de ruedas

**Tabla 3: Clasificación general de PC, según la GMFCS(14).**

Este sistema de clasificación de la función motora gruesa abarca hasta los 18 años y se divide en 5 grupos etarios, siendo estos; 0-2, 2-4, 4-6, 6-12 y 12-18, cada uno de ellos se subdivide en 5 subgrupos; ordenados de menor a mayor, con respecto a las limitaciones presentes.

De manera general todos estos niveles, se basan principalmente en realización de actividades, como la manipulación de objetos, marcha, cambio de posición tanto en bípedo y sedente, relación con el entorno y la comunidad, uso de ayudas técnicas o asistencia física, participación de actividades tanto recreativas como deportivas y la supervisión o asistencia de algún adulto, además de características psicomotoras tales como la alineación pélvica, control de la cabeza y tronco en posición antigravitatoria.

## 2.6 Juegos de realidad virtual

La realidad virtual (RV) consiste en una simulación de la realidad cotidiana a la que nos vemos enfrentados. Esta simulación se crea con base en un sistema informático que utiliza de forma combinada, tanto el software como el hardware. Todo esto constituye una tecnología cuya principal característica es la posibilidad de interactuar y entregar un feedback sensorial al sujeto con un entorno virtual multidimensional, altamente motivante, en el que la persona se puede desenvolver en actividades o tareas comparables a situaciones reales. Todo esto permite una gradación en la intensidad y en la dificultad de éstas, ofreciendo información en tiempo real de los objetivos alcanzados, para así finalmente producir en los órganos sensoriales del jugador, estímulos electromecánicos, de tal forma que perciban la acción de lo que sucede en el juego, además de que cada reacción de su cuerpo sea interpretada por el juego(15,16).

Dentro de las características básicas de la RV se distinguen tres estadios o fases:

En el estadio pasivo los entornos son inmersivos no interactivos, en donde se puede ver, oír y en algunos sentir lo que sucede, el entorno se puede mover, sin embargo, no es posible controlar dicho movimiento. El exploratorio, corresponde a sistemas que permiten el desplazamiento por un entorno virtual, y por último el interactivo, que es un sistema que permite experimentar el entorno y además modificarlo(17).

Los requisitos que debe cumplir un sistema de RV, son: (16)

- **Inmersión:** el jugador debe creer que está en un entorno diferente al habitual, por lo que deben estimularse todos sus sentidos.
- **Interactividad:** el jugador puede interactuar con el mundo virtual en tiempo real acercándose al máximo a la realidad.
- **Seguimiento del usuario en el entorno simulado.**

Durante las dos últimas décadas se han desarrollado softwares destinados a la práctica clínica, ya sea como una herramienta de entrenamiento para los tratantes o como una herramienta, con la finalidad de entregar estímulos de manera controlada y consistente que sean significativos para el paciente, con el fin de graduar tanto las exigencias como los logros. Además, la terapia de RV genera un ambiente lúdico, distendido y menos estresante para el paciente(15).

Para el uso de RV en la rehabilitación se requiere de tres factores claves, los cuales son:

- **Repetición:** la plasticidad varía según la práctica, causando cambios en la organización neuronal en el cerebro. La repetición busca la mejora en el aprendizaje de las habilidades funcionales y motrices.
- **Retroalimentación sensorial:** El máximo desarrollo de redes neuronales se obtiene mediante el trabajo de diferentes canales. Los entornos virtuales propuestos facilitan una estimulación sensorial motora masiva e intensiva, la cual es necesaria para inducir la reestructuración cerebral.
- **Motivación individual:** esto se logra al enfocar las distintas actividades que integran la terapia del sujeto de una forma agradable y atractiva(18,19).

La intervención que utiliza juegos de RV permite una retroalimentación instantánea en cuanto al rendimiento de la tarea, además de despertar el interés a través de la estimulación visual y auditiva. Sumado a esto, entrega estabilidad en las distintas actividades de la vida diaria de los pacientes, lo que les genera la oportunidad de aumentar su autonomía(20).

Existen distintas clasificaciones dentro de la gama de juegos de RV; en los cuales están los entornos virtuales inmersivos y los entornos virtuales no inmersivos. El primero se liga a un ambiente tridimensional generado por ordenador en el cual el usuario interacciona a través de guantes de datos, cascos de visualización estereoscópica, pantallas interconectadas que abarcan un amplio campo de visión y cabinas o cuevas virtuales que representan escenarios virtuales en los que se realizan los ejercicios programados. Mientras que el segundo se diferencia del anterior por su bajo coste y el no necesitar de otros dispositivos o hardware

adicionales al propio ordenador. Dentro de esta clasificación están las de escritorio, en la cual la interfaz es básicamente la que se establece a través de un dispositivo señalador y un teclado, y se desarrolla fundamentalmente como un juego de rol, en que el usuario interactúa con el ambiente virtual modificando su entorno de acuerdo a sus propios requerimientos, los del sistema y/o la tarea asignada(15,18).

Por otro lado, existe una clasificación más específica de RV, haciendo énfasis en la relación del individuo con la pantalla, siendo éstas:

- **Interacción centrada en la retroalimentación:** se basa en la entrega de refuerzos a la terapia base o convencional del paciente. Dicha interacción entre individuo y pantalla es unidireccional y solo varía cuantitativamente.
- **Interacción basada en gestos:** sistema que incluye cámaras especializadas para capturar puntos de referencia de un objetivo durante la realización de varios movimientos, para que luego, esta imagen capturada se proyecte y facilite la interacción entre el objetivo y el entorno virtual. Este sistema de interacción está diseñado tanto para rehabilitación como para entretenimiento.
- **Interacción basada en estímulos hápticos:** sistema que se caracteriza por permitir al usuario detectar estímulos mecánicos dentro del entorno virtual. Además este sistema incorpora tanto retroalimentación visual, como vestibular, feedback olfativo y somatosensorial(19).

## 2.7 Terapia Física

En diferentes etapas de la vida se pueden presentar deficiencias y limitaciones funcionales, es decir, discapacidades, las cuales pueden tener diversos orígenes, tales como genético, traumático o degenerativo, y en cualquiera de ellos se puede utilizar la fisioterapia como tratamiento, la cual consiste en la utilización de diferentes agentes físicos, tecnológicos y acciones mecánicas, dentro de los cuales podemos encontrar la terapia física como un medio clave de terapia principal o complementaria de éstos.

Dentro de la terapia física encontramos fuertemente unido e inmerso el ejercicio físico, como parte fundamental en la medicina preventiva, terapéutica y de rehabilitación, el cual se caracteriza por ser específico, libre y voluntario, con movimientos planeados, estructurados y repetitivos, realizados para mejorar o mantener una o más de las cualidades biomotoras y por sobre todo mejorar la calidad de vida de la persona(21).

Cuando un tratamiento se basa en el ejercicio se debe tener en consideración ciertas especificaciones, sin descartar una exhaustiva anamnesis y evaluación al momento de la prescripción, ya que puede producir efectos secundarios que son un riesgo para la salud o agravar los ya presentes. El ejercicio físico produce una variedad de respuestas fisiológicas, metabólicas y hormonales, que dependen del tipo, la intensidad y la duración del esfuerzo realizado, así como del nivel de acondicionamiento físico individual, edad, género y estado nutricional del individuo. La respuesta fisiológica y metabólica inicial a una sesión de ejercicio,

es inmediata y temporal y se presenta prácticamente en todos los aparatos y sistemas del organismo, pero además intenta lograr la movilidad, libertad e independencia del sujeto(21).

Todo lo anteriormente expuesto ocurre en personas en ausencia de alguna patología, sin embargo, la población que padece PC generalmente presenta una deficiente condición física y un elevado riesgo de tener enfermedades secundarias, asociado además a una mala calidad de vida y limitaciones en la realización de las actividades de la vida diaria (AVD).

Diversos estudios corroboran que un entrenamiento que involucre la realización de ejercicios de fuerza muscular y ejercicios cardiovasculares en personas con PC, generan un impacto positivo en variables como; velocidad de la marcha, cadencia del paso, puntuaciones de la escala Medida de la Función Motora Gruesa (GMFM) y adaptación física. Por otra parte, es relevante realizar un entrenamiento en el control del equilibrio, ya que éstos mejoran la estabilidad en niños con PC(13).

Finalmente es importante mencionar que la adherencia a la terapia se favorece con la existencia de un apoyo positivo y supervisión permanente del terapeuta.

## 2.8 Control Postural

Dentro de la rehabilitación, existen al menos dos teorías, que describen el control neural de la postura y del equilibrio siendo éstas la teoría jerárquica refleja y la teoría de sistemas.

La teoría jerárquica/refleja postula que son resultados de respuestas organizadas jerárquicamente, producidas por sistemas sensoriales independientes. Además, durante el desarrollo ocurre un cambio progresivo que va desde los reflejos espinales primitivos a los niveles superiores de las reacciones posturales, hasta que dominan las respuestas corticales maduras(22).

La teoría de sistemas sugiere que la acción nace de una interacción entre el individuo, su actividad y el entorno. Para controlar de manera correcta la posición de nuestro cuerpo en el espacio se necesita de una compleja interacción de los sistemas musculoesquelético y neurológico, conformando así, el sistema del control postural (CP)(22).

### 2.8.1 Definición de la Acción del Control Postural

La acción del CP involucra el control de la posición del cuerpo en el espacio para lograr el doble propósito de estabilidad y orientación.

#### 2.8.1.1 Orientación postural

“Capacidad de mantener una relación adecuada entre las partes del cuerpo-entre el cuerpo y el entorno-el entorno de la actividad”(23). La posición que mantiene el ser humano en la mayoría de las actividades funcionales es una orientación vertical del cuerpo, en el proceso de establecer tal orientación, se requieren múltiples referencias sensoriales, que incluyen los sistemas vestibular, somatosensorial y visual.



### 2.8.1.2 Estabilidad postural

“Capacidad de mantener la posición del cuerpo y, específicamente, del centro de gravedad (CG), dentro de márgenes específicos en el espacio, los llamados límites de estabilidad” (23). Los límites de estabilidad son los márgenes de un área del espacio, estos no son físicos, sino que cambian según la actividad, los mecanismos biológicos del individuo y los diversos aspectos del ambiente. Para así, el cuerpo pueda mantener su posición sin cambiar la base de apoyo. Se utiliza el concepto estabilidad de forma intercambiable con balance y equilibrio. La estabilidad busca establecer una concordancia entre las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras.

### 2.8.2 Definición de los Sistemas del Control Postural

El CP para la estabilidad y la orientación demanda la integración de la información sensorial y la capacidad de generar fuerzas para controlar la posición del cuerpo(23).

**Sistema Musculoesquelético**

**Sistema Nervioso**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de movimiento articular</li> <li>• Flexibilidad espinal</li> <li>• Propiedades musculares</li> <li>• Relaciones biomecánicas entre las partes del cuerpo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinergias de respuesta neuromuscular</li> <li>• Procesos sensoriales</li> <li>• Influencias cognitivas</li> <li>• Los procesos de nivel superior, básicos para los aspectos adaptativos y anticipatorios del CP</li> </ul>
--	---

Como indica Shumway(23), el CP requiere de la integración tanto del sistema musculoesquelético como del sistema nervioso que abarcan diferentes componentes, tales como:

**Tabla 4: Componentes de los Sistemas Musculoesquelético y Nervioso(23).**

El CP adaptativo implica la modificación de los sistemas motor y sensorial en respuesta a las cambiantes necesidades de la actividad y del ambiente. Los componentes anticipatorios presintonizan dichos sistemas para las necesidades posturales basándose en la experiencia y aprendizaje previo. Otro aspecto relevante es la cognición, que incluye procesos como la atención, motivación e intención, los cuales afectan directamente al CP.

**2.8.3 Control Postural Bípedo**

La posición bípeda posee límites de estabilidad definidos principalmente por la longitud de los pies y la distancia entre ellos, estos elementos colaboran para que el CG se mantenga dentro de la base de sustentación. El CP bípedo generalmente se asocia a la conservación de la orientación vertical, sin embargo, podrían existir

cambios de movimientos acoplados a nivel de tronco y de extremidades, aunque las necesidades de estabilidad no cambian(22).

#### 2.8.4 Control Postural Sedente

El mantenimiento del CP en una posición sentada no ha sido estudiado tanto como el CP bípedo; no obstante, muchos científicos creen de los conceptos importantes para este último serán igualmente válidos para comprender el control de la postura sedente(23).

En esta posición ocurren cambios tanto a nivel motor como sensitivo, la altura del CG se reduce, la base de soporte es más grande y la cantidad de uniones a controlar está reducida, los umbrales somatosensoriales plantares y de piernas se encuentran menos activos, mientras que la zona glútea es la de mayor contacto con la superficie. Esta posición se encuentra principalmente controlada por los músculos del tronco que movilizan la región lumbopélvica(24).

A pesar de estas diferencias, la postura tanto bípeda como sedente tienen características mecánicas similares y/o están controladas por un mismo comportamiento central(24).

#### 2.8.5 Mecanismos Motores del Control Postural

El CP requiere la generación, graduación y coordinación efectiva de las fuerzas que producen el movimiento para controlar la posición del cuerpo en el espacio. La bipedestación inmóvil se caracteriza por pequeñas cantidades de balanceos posturales espontáneos. Factores como la alineación y el tono muscular colaboran

con la estabilidad en esta situación. La primera, minimiza el efecto de las fuerzas gravitacionales, que tienden a descentralizar, mientras que la segunda evita que el cuerpo colapse por la fuerza de gravedad. Existen tres factores principales que contribuyen a este último durante la bipedestación inmóvil siendo éstos; la rigidez intrínseca de los músculos, el tono muscular basal y por último el tono postural para la activación de los músculos antigravitatorios al estar de pie(22).

## 2.8.6 Mecanismos Sensoriales Relacionados con la Postura

Un CP efectivo requiere la capacidad de generar y aplicar fuerzas para controlar la posición del cuerpo en el espacio, para esto el SNC debe organizar la información proveniente de todos los receptores sensoriales antes de poder determinar la posición y movimiento del cuerpo en el espacio en relación con la gravedad y al entorno. Normalmente, están disponibles los impulsos periféricos de los distintos sistemas y sentidos, donde cada uno entrega un marco de referencia distinto para el CP(22).

### 2.8.6.1 Impulsos Visuales

Los impulsos visuales entregan información sobre la posición y movimiento de la cabeza con relación a los objetos del entorno, además de proporcionar una referencia de la verticalidad, debido a que mucho de los elementos que nos rodean, están alineados verticalmente(22).

### 2.8.6.2 Impulsos Somatosensoriales

Este sistema entrega la información sobre la posición y movimiento del cuerpo en el espacio según las superficies de apoyo. Además, suministra datos sobre las conexiones entre las secciones del cuerpo. Los receptores somatosensoriales incluyen los propioceptores articulares y musculares, los receptores cutáneos y los de presión(22).

### 2.8.6.3 Impulsos Vestibulares

El sistema vestibular comunica al SNC la posición y movimiento de la cabeza en relación con la gravedad y las fuerzas de inercia, proporcionando un marco de referencia gravito-inercial para el CP.

Este sistema posee dos tipos de receptores, los conductos semicirculares (CSC) que recogen la aceleración angular de la cabeza y son particularmente sensibles a los movimientos rápidos como los que ocurren durante la marcha o el desequilibrio y los otolitos, los cuales señalan la posición lineal y la aceleración. Adicionalmente son una fuente importante de información sobre la posición de la cabeza en relación con la gravedad. Responden principalmente a movimientos lentos de la cabeza, como los que ocurren durante el balanceo postural(23).

## 2.9 La Marcha

La marcha es el resultado de la interacción de distintos dominios y sistemas corporales, que le permite al hombre un cierto grado de funcionalidad e independencia para la realización de sus AVD(25). La marcha se define como “el

paso bípedo que utiliza la raza humana para desplazarse de un lugar a otro, con bajo esfuerzo y un mínimo consumo energético”(26), con una serie de movimientos alternos y rítmicos tanto de las extremidades como del tronco, que determinan el desplazamiento hacia adelante del CG(27), lo cual compone una característica específica que identifica a cada sujeto, por tanto permite revelar aspectos individuales de la personalidad, la autoestima, la condición de salud y las situaciones emocionales(26).

El patrón de marcha está relacionado con múltiples factores: extrínsecos, intrínsecos, físicos, psicológicos, fisiológicos y patológicos, los cuales podrían modificar el patrón de marcha, generando alteraciones transitorias o permanentes y locales o generales(25).

### 2.9.1 Fisiología de la Marcha

Desde el nacimiento, el niño integra la información recibida y realiza un progresivo control cortical sobre los patrones neuromotores innatos para desarrollar diferentes formas de locomoción hasta lograr una marcha independiente(28). La marcha es una actividad altamente compleja por la dificultad de mantener el equilibrio que implica, lo cual requiere la consideración de una gran cantidad de informaciones relativas al propio cuerpo y al ambiente. Además estas informaciones son cambiantes y deben ponerse en relación con las de referencia para cada persona, a fin de resultar útiles para el control motor(23).

La marcha está estrechamente ligada al CP, tanto éste como la locomoción se logran por una distribución del tono muscular en los distintos grupos musculares.

La bipedestación se mantiene por un tono muscular mayor en los grupos musculares antigravitatorios que soportan el peso del cuerpo. Éste está basado en el reflejo miotático que estabiliza la longitud del músculo, al ser distendido mediante su contracción refleja. En la posición bípeda, la fuerza de gravedad tiende a distender los músculos de las extremidades inferiores lo que produce su contracción refleja, para así mantener la posición erguida(29).

López Chicharro(29), menciona que los centros supraespinales pueden influir en diferentes niveles sobre los reflejos miotáticos, tono muscular y por ende sobre la marcha; por estimulación de las motoneuronas gamma que modifican la sensibilidad de los husos neuromusculares; por estimulación directa de las motoneuronas alfa, a través de los fascículos descendentes; y por estimulación e inhibición de las motoneuronas alfa, a través de interneuronas sobre las que terminan las vías descendentes. Así, el tono muscular depende del balance entre las señales que llegan a los núcleos motores de los músculos a través de todas las vías descendentes(29).

Para mantener la posición actual el CP debe intervenir equilibrando las fuerzas que actúan en nuestro cuerpo (equilibrio estático) y ejecutar movimientos sin desequilibrarnos ni caernos (equilibrio dinámico). Sin embargo, el CP durante los movimientos no se puede explicar en su totalidad en base a respuestas reflejas(29).

Las alteraciones en el equilibrio que introducen las actividades motoras se compensan por dos tipos de respuesta:

- **Feedback:** la información visual, vestibular y somatosensorial generan respuestas correctoras. Estas se originan ante desequilibrios inesperados y sólo la información aferente del suceso que produce el desequilibrio dará al SNC la posibilidad de corregirlo.
- **Feedforward:** necesitan aprendizajes, pero que una vez aprendidas, se ejecutan de forma automática al efectuar determinados movimientos, preparando al cuerpo para la alteración previsible e inmediata de su equilibrio(29).

Prácticamente todos los movimientos voluntarios se acompañan de este tipo de acciones y su finalidad es mantener el CG dentro del área de sustentación(29).

Estos movimientos producen un ajuste constante y se modifica su ejecución para adaptarlo a la viabilidad del medio y la necesidad de mantener el equilibrio constantemente. La médula espinal es capaz de generar movimientos de marcha sin generar señales de centros superiores ni información sensorial, este generador está formado por redes neuronales con capacidad de producir actividad motora rítmica. Se ha propuesto un modelo por dos redes de interneuronas situadas en la parte intermedia de la sustancia gris medular que se inhiben mutuamente por medio de otras interneuronas. En ambas redes se encuentran neuronas que actúan como marcapasos que al ser excitadas producen descargas rítmicas, estas se pueden modular por la actividad de vías descendentes o por aferentes cutáneas o propioceptivas. Una de las redes estimula las motoneuronas flexoras y las otras las extensoras por lo que se producen movimientos rítmicos de flexo-extensión(29).



Los sistemas que se encuentran involucrados en la regulación o la determinación del patrón de la marcha son el sistema visual, vestibular y propioceptivo. Las estructuras centrales intervienen en el inicio, finalización de la marcha y en su modificación voluntaria. Se ha descrito un centro locomotor en el mesencéfalo que contribuye en el inicio de la marcha y a su velocidad; este centro activa a las neuronas de la formación reticular bulbar, que a su vez estimula al generador medular a través del fascículo reticuloespinal lateral. La corteza motora modifica el patrón de marcha en función de la información visual, a través de las proyecciones corticoespinales sobre la médula. El cerebelo recibe la información sensorial del cuerpo, analiza todos los movimientos que se están realizando y los compara con los planeados, si este detecta errores de la ejecución motora, genera señales correctoras que puedan ajustar la actividad, las cuales son proyectadas sobre los núcleos del tronco encefálico, y a través de las vías descendentes llega la corrección a las unidades motoras(29).

### 2.9.2 Ciclo de la marcha

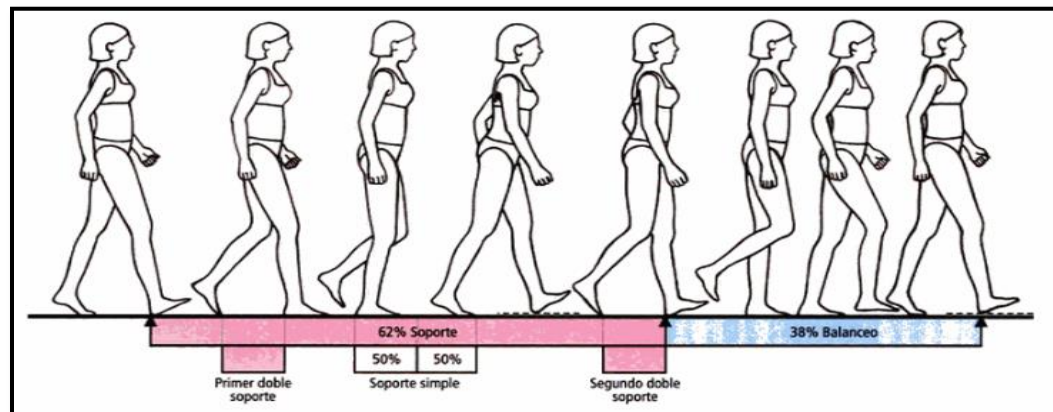
La marcha, como actividad rítmica y cíclica que compromete todo el cuerpo y, en especial a las dos extremidades inferiores, comprende un inicio y un final para cada ciclo. Un ciclo de la marcha se define como “el periodo en el que se presentan acciones sucesivas, alternas y uniformes; se inicia en un evento específico hasta que se repite en el pie ipsilateral”(26).

El ciclo de la marcha se ha dividido en dos periodos, de soporte y de balanceo; el primero se refiere al tiempo que transcurre mientras el pie permanece en contacto

con el piso, permite que la carga o el peso del cuerpo se transfiera de una extremidad a la otra y se avance sobre el pie de soporte, en condiciones normales constituye el 62% del ciclo total. El segundo es el tiempo durante el cual la extremidad inferior permanece en el aire y avanza hacia adelante, el pie pierde contacto con el piso y se presentan una serie de mecanismos para ajustar la longitud de la extremidad inferior que avanza; representa el 38% restante del ciclo; en ocasiones los dos pies se encuentran en contacto con el piso, este evento se denomina periodo de doble soporte y se presenta en dos ocasiones durante el ciclo, al iniciar y culminar la fase de soporte (26).

### 2.9.3 Fases del ciclo de la marcha

El ciclo de la marcha comprende ocho fases, perteneciendo cinco de éstas al periodo de soporte y tres al de balanceo(26).



**Figura 1: Representación del ciclo de la marcha, con sus dos periodos, soporte y balanceo respectivamente(26).**

### 2.9.3.1 Fases de la marcha en el periodo de soporte

Entre las fases de soporte se encuentra el contacto inicial, la respuesta a la carga, el soporte medio, el soporte terminal y el prebalanceo(26). Éstas se describen así:

- **Contacto inicial:** 0 a 2% del ciclo, es el instante en el cual el pie que se adelanta hace contacto con el piso, normalmente el contacto tiene lugar en el talón, esta fase se considera para registrar el inicio y culminación del ciclo (25,26).
- **Respuesta a la carga:** es el intervalo en el que el pie hace contacto total con el piso y el peso corporal es soportado totalmente por esta extremidad, 10% inicial del ciclo de la marcha, se presenta el primer doble soporte(26).
- **Soporte medio:** Representa del 10 al 30% del ciclo. Se inicia cuando la extremidad contralateral pierde contacto con el piso y el peso del cuerpo se transfiere a lo largo del pie hasta que se alinea con la cabeza de los metatarsianos (medio pie). La transferencia de peso se da gracias a la rotación de la tibia sobre el pie estático(25,26).
- **Soporte terminal:** Transcurre esta fase entre el 30 y el 50% del ciclo de la marcha. El talón se levanta para desplazar el peso hacia los dedos y transferir la carga al pie contralateral, el cual, entra en contacto con el piso(25).
- **Prebalanceo:** Es la fase de transición entre el periodo de soporte y de balanceo. Se inicia cuando el pie contralateral entra en contacto con el piso y termina cuando el pie ipsilateral (dedos) se despegas del piso. El peso

corporal es transferido totalmente de una extremidad a otra. Trascurre entre el 50 y el 60% del ciclo de la marcha(25,26).

### 2.9.3.2 Fases de ciclo de la marcha durante el periodo de balanceo.

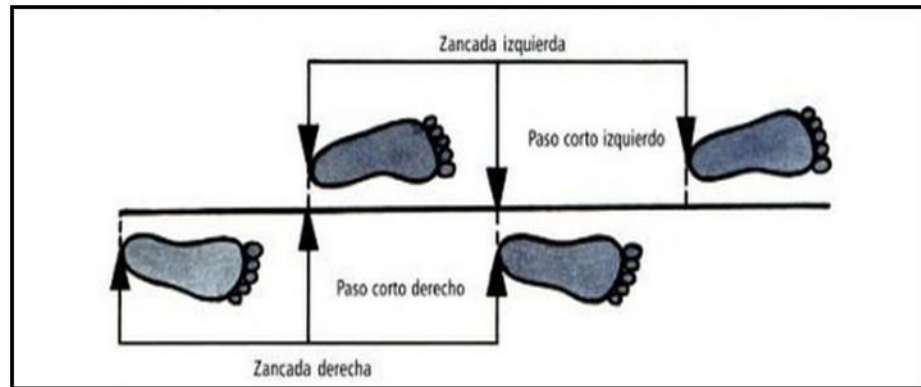
El periodo de la marcha comprende tres fases diferentes; balanceo inicial, medio y terminal(25,26,30). A continuación, se describen cada una de ellas.

- **Balanceo inicial (aceleración):** Aproximadamente del 50 al 73% del ciclo. Inicia cuando los dedos del pie se despegan del piso y termina cuando la rodilla alcanza la flexión máxima durante la marcha ( $60^\circ$ ), el muslo se encuentra directamente debajo del cuerpo y paralelo a la extremidad inferior contralateral que, en este instante, soporta el peso corporal(25,26,30).
- **Balanceo medio:** Entre el 73 y el 87% del ciclo. El muslo continúa avanzando y la rodilla, que ha alcanzado la flexión máxima, ahora se extiende, de manera que el pie permanece despegado del suelo y termina cuando la tibia se dispone en posición perpendicular al piso(25,26,30).
- **Balanceo terminal:** Inicia con la posición vertical de la tibia, continúa a medida que la rodilla se extiende completamente y la extremidad se prepara para aceptar la carga durante el contacto inicial(25,26,30).

### 2.9.4 Parámetros Espaciales.

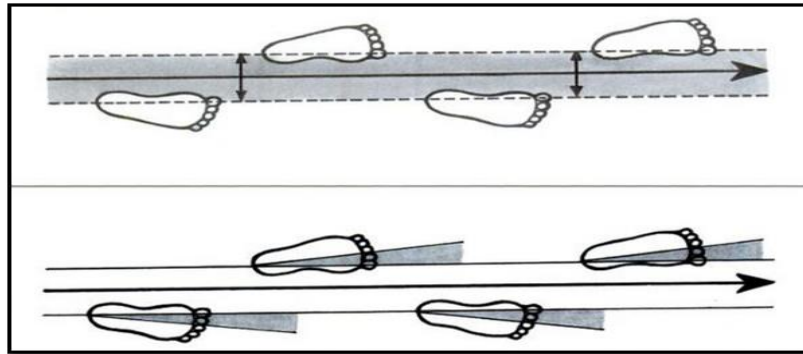
- **Longitud de zancada:** Distancia lineal entre dos contactos de talón consecutivos de la misma extremidad (25,26).

- **Longitud de paso:** Distancia lineal entre el contacto inicial del talón de una extremidad y el de la extremidad contralateral. Aunque depende de la estatura del individuo (25,26).
- **Altura del paso:** El movimiento de las extremidades inferiores otorga una altura de 5 centímetros al paso, evitando el arrastre de los pies (25,26).



**Figura 2: Longitud de paso largo o zancada y paso largo (23).**

- **Ancho de paso o amplitud de base:** La distancia entre ambos pies, generalmente entre los talones, que representa la medida de la base de sustentación y equivale a 5 a 10 centímetros, relacionada directamente con la estabilidad y el equilibrio. Como la pelvis debe desplazarse hacia el lado del apoyo del cuerpo para mantener la estabilidad en el apoyo medio, una base de sustentación estrecha reduce el desplazamiento lateral del CG(25,26).
- **Ángulo del paso o ángulo de la marcha:** Se refiere a la orientación del pie durante el apoyo. El eje longitudinal de cada pie forma un ángulo con la línea de progresión (línea de dirección de la marcha); normalmente, está entre 5° y 8° (25,26).



**Figura 3: Ancho y ángulo del paso respectivamente (26).**

### 2.9.5 Parámetros Espaciotemporales.

**Velocidad:** Es la relación de la distancia recorrida en la dirección de la marcha por unidad de tiempo, se expresa en m/s(25).

**Velocidad de balanceo:** Tiempo que se demora un miembro inferior desde la aceleración inicial hasta el siguiente paso(25).

**Velocidad media:** Producto de la cadencia por la longitud de la zancada expresada m/s(25).

**Cadencia o ritmo del paso:** Se relaciona con la longitud del paso y representa generalmente el ritmo más eficiente para ahorrar energía en un individuo particular y según su estructura corporal(25).

Relacionando todo lo expuesto anteriormente, se puede decir, que en la PC hay un déficit variado, siendo uno de estos específicamente el CP, el cual afecta de manera directa al desempeño de la marcha, desencadenando así, una limitación en las actividades funcionales de la vida diaria.

Es por ello, que el tratamiento a estos pacientes está principalmente enfocado en la mejora del CP, con el fin de obtener una mayor autonomía, y mejorar su desempeño en relación con el entorno y la comunidad.

Actualmente existe diversa evidencia científica que avala diferentes tratamientos para estos pacientes, siendo uno de ellos la terapia de juegos de realidad virtual, que es una herramienta relativamente nueva en el área de la rehabilitación Neurokinésica, la cual ha sido probada en distintas poblaciones, demostrando principalmente el rol motivador que cumple, dado a que brinda la oportunidad de que el paciente esté inmerso en la terapia y que pueda aprender y adquirir nuevas habilidades que llevarán a una mejora en su funcionalidad. Sin embargo, se llega a la conclusión de que aún falta evidencia que avale esta terapia, en cuanto a su efectividad en el mejoramiento del control postural y la marcha en pacientes con PC. Es por ello, por lo que es importante llevar a cabo una investigación que comprenda componentes del CP como el equilibrio dinámico y estático, además de los componentes de la marcha, como la longitud del paso y su velocidad, para así finalmente entregar una completa y pertinente rehabilitación.

## CAPÍTULO 3

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Desde el punto de vista clínico, ocurren distintas problemáticas de salud. Éstas las podemos evidenciar en diferentes estadios de cualquier enfermedad, tales como en la evaluación, diagnóstico, y tratamiento, entre otras. Para llevar a cabo la resolución de dichas inquietudes y a través de éstas poder tomar las mejores decisiones terapéuticas que beneficien a los pacientes, se debe realizar una búsqueda sistemática, para así poder acceder a la mejor evidencia disponible que se encuentran en diversas bases de datos de forma rápida y precisa.

Mediante este proceso, se podrá dar respuesta a la pregunta que se ha planteado, de manera que se pueda recopilar la información atingente, necesaria y con la mínima cantidad de sesgos, con el objetivo de guiar la investigación y así poder tener una base de conocimiento que garantice la efectividad del estudio.

#### 3.1 Pregunta de búsqueda

¿Es efectivo el uso de la terapia de juego de realidad virtual comparado con la terapia física convencional sobre el control postural y la marcha en niños que presentan parálisis cerebral?

#### 3.2 Área de estudio epidemiológico

Nuestra pregunta está inmersa en el área de estudio epidemiológico, que involucra terapia o tratamiento, ya que se pretende conocer el efecto sobre el control postural



y la marcha, que tiene la terapia de juegos de realidad virtual comparada con la terapia física convencional, en niños que presentan parálisis cerebral, y así finalmente verificar si este tratamiento es útil o no.

### 3.3 Protocolo de búsqueda

Para la búsqueda de la información con respecto a nuestra pregunta formulada, se utilizó la base de datos PubMed, en el cual se ocuparon herramientas que complementan este método, tales como los términos Mesh y términos libres. Para la búsqueda se utilizó una adaptación del modelo arquitectónico, en la que se forma el acrónimo PICO (31).

- **Pacientes:** cerebral palsy
- **Intervención:** virtual reality games, virtual reality therapy
- **Comparación:** physical therapy
- **Resultado:** postural control, postural balance, gait, walking, locomotion

En primera instancia, se utilizaron los operadores boléanos para realizar una búsqueda más exhaustiva, los cuales se indican a continuación:

Operadores boléanos

- AND
- OR

La búsqueda, solo arrojó un resultado, en el cual las variables de evaluación eran el equilibrio y la movilidad en adolescentes con parálisis cerebral nivel I, según la

GMFCS. Debido a que la búsqueda fue muy acotada, se tuvo que generalizar la pregunta de búsqueda, para así poder ampliar el conocimiento con respecto al tema. A raíz de esto, se utilizó sólo paciente e intervención del acrónimo PICO<sub>R</sub> y como consecuencia proporcionó 57 resultados, y tras la aplicación de los filtros Clinical Trials y Humans, quedó en 16 resultados, de los cuales sólo se seleccionaron 3, ya que respondían por lo menos a una de las variables bajo estudio.

### 3.4 Análisis crítico de la literatura

Para el desarrollo de este proceso, se utilizó la guía de valoración crítica CASPe.

#### 3.4.1 Artículo 1

**Nombre:** “Un programa intensivo de realidad virtual mejora el equilibrio funcional y la movilidad de los adolescentes con parálisis cerebral”

**Autores:** Brien M, Sveistrup H.

**Año de publicación:** 2011

**Objetivo:** Examinar el equilibrio funcional y la movilidad en adolescentes con parálisis cerebral clasificados en el nivel I del Sistema de clasificación de funciones motoras (GMFCS) después de una intervención intensiva de realidad virtual (RV) de corta duración.

**Métodos:** Se utilizó un diseño de base múltiple de medidas repetidas de un solo sujeto usando A-B-A con un seguimiento de un mes. Los participantes fueron 4

adolescentes. Los resultados incluyeron la Escala de Balance y Movilidad Comunitaria (CB & M), la Prueba de Caminata de 6 Minutos (6MWT), las Escaleras Timed Up y Down, y la Función Gross Motor E. Las evaluaciones se registraron 3 a 6 veces al inicio, 5 veces durante intervención, y 4 veces en el seguimiento. La intervención diaria de RV de 90 minutos se completó durante 5 días consecutivos. Se usaron análisis de significancia visual, estadística y clínica.

**Resultados:** se mostraron mejorías estadísticamente significativas en todos los adolescentes en CB & M y 6MWT. Se registró un cambio verdadero en todos los CB & M y en 3 para los 6MWT.

**Conclusiones:** El equilibrio funcional y la movilidad en adolescentes con parálisis cerebral clasificados en el nivel I de GMFCS mejoran con una intervención de RV intensa y de corta duración, y los cambios se mantienen 1 mes después del entrenamiento.

**Comentarios:** En este artículo se logra observar una pregunta bien definida, debido a que presenta una población, intervención y resultados claramente determinados. Además de que expresa de manera clara los criterios de inclusión y de exclusión, en el cual el primero se relaciona con la pregunta de investigación. Por otra parte, fueron considerados hasta el final todos los pacientes que entraron en el estudio, es decir hubo un seguimiento completo de cada uno de ellos. Sin embargo, la muestra intervenida no fue tomada de forma aleatoria y el tamaño de ésta fue muy pequeño. Con lo dicho anteriormente se puede concluir que este programa de realidad virtual necesita más investigación para observar su efectividad en una mayor variedad de grupo etario, en diferentes tipos de parálisis

cerebral y en diferentes niveles según la clasificación de la función motriz gruesa, por todo esto esta intervención no sería extrapolable a nuestra población bajo estudio.

### 3.4.2 Artículo 2

**Nombre:** “El entrenamiento en caminadora con realidad virtual mejora la marcha, el equilibrio, y la fuerza muscular en niños con parálisis cerebral”

**Autores:** Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y

**Fecha de publicación:** 2016

**Objetivo:** Determinar los efectos del entrenamiento en cinta rodante con realidad virtual sobre la marcha, el equilibrio, la fuerza muscular y la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral.

**Métodos:** Dieciocho niños con PC espástica se dividieron aleatoriamente en el grupo de entrenamiento en cinta de correr de realidad virtual (VRTT) (9 sujetos, edad media, 10,2 años) y en el grupo de entrenamiento en cinta (TT) (9 sujetos, edad media, 9,4 años). Los grupos realizaron sus respectivos programas, así como terapia física convencional 3 veces / semana durante 8 semanas. La fuerza muscular se evaluó utilizando un dinamómetro. La función motora gruesa se evaluó utilizando la Medida funcional motora bruta (GMFM). El equilibrio se evaluó usando la Escala de equilibrio pediátrico (PBS). La velocidad de la marcha se evaluó con la prueba de caminata de 10 metros (10MWT) y la resistencia a la marcha se evaluó mediante la prueba de caminata de 2 minutos (2MWT).

**Resultados:** Después del entrenamiento, la marcha y el equilibrio mejoraron en el VRTT en comparación con el grupo TT ( $P < 0.05$ ). La fuerza muscular fue significativamente mayor en el grupo VRTT que en el grupo TT, excepto en la fuerza del isquiotibial derecho. Las mejoras en los puntajes GMFM (de pie) y PBS fueron mayores en el grupo VRTT que en el grupo TT ( $P < 0.05$ ). Además, el grupo VRTT mostró los valores más altos de 10MWT y 2MWT en comparación con el grupo TT ( $P < 0.05$ ).

**Conclusiones:** los programas VRTT son efectivos para mejorar la marcha, el equilibrio, la fuerza muscular y la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral.

**Comentarios:** Al observar el artículo, se está frente a una pregunta claramente definida dado que se expone una población, intervención y resultados de manera concreta. Con respecto a la aleatorización, ésta fue llevada a cabo mediante una distribución de nueve participantes tanto en el grupo control como en el experimental. En relación a la homogeneidad entre los grupos, en cuanto a edad, peso y altura no se mostraron diferencias significativas por lo que estos factores quedaron equilibrados en ambos grupos, además mencionar que estos fueron tratados de igual manera, ya que el número de sesiones fue la misma para ambos y no se les indicó un tratamiento adicional a ninguno de los grupos.

Cabe destacar que los clínicos se mantuvieron ciegos al tratamiento. Mientras que los participantes no lo estaban, dado a que firmaron los formularios de consentimiento informado después de recibir una explicación detallada del estudio.

Al analizar las variables bajo estudio como la fuerza muscular en la flexión y extensión de rodilla, función motora gruesa, control postural dinámico, marcha y resistencia, se puede decir que todas fueron más significativas en el grupo experimental, con un valor  $p < 0,05$ , considerando todos estos resultados de relevancia clínica.

El estudio fue realizado solo en pacientes con parálisis cerebral de tipo espástica, no obstante, tanto sus variables de resultado, como la edad de los participantes que va desde los 4 a los 16 años y los niveles de clasificación de la función motriz gruesa (niveles 1, 2 y 3) son similares a nuestro estudio por lo que se podría extrapolar.

Considerando que las variables tuvieron una diferencia significativa con respecto al inicio del tratamiento, haciendo principalmente énfasis en el grupo experimental, se concluye que la intervención bajo realidad virtual fue efectiva.

### 3.4.3 Artículo 3

**Nombre: “Factibilidad, motivación y control motor selectivo: realidad virtual comparada con el ejercicio domiciliario convencional en niños con parálisis cerebral”**

**Autores:** Bryanton C, Bossé J, Brien M, McCormick A, Sveistrup H

**Fecha de publicación:** 2006

**Objetivo:** Determinar la viabilidad de un sistema de ejercicio de realidad virtual (RV) versus un sistema de ejercicio convencionales (Conv) sobre el control motor selectivo y motivación en niños con parálisis cerebral (PC).

**Métodos:** Diez niños con PC (cuatro hombres, seis mujeres) y seis niños sin PC (dos hombres, cuatro mujeres), entre 7-17 años participaron. Los niños con PC incluyeron ocho niños con hemiplejía espástica y dos con diplejía espástica. Los niños con PC tenían puntajes del Sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) de 1 o 2. Todos los participantes recibieron una sesión de 90 minutos de ejercicio Conv. y de RV. El sistema de RV, consiste en Rehabilitación interactiva y Exercise Systems, Ottawa, Ontario, Canadá (IREX), consistió en un monitor de televisión, cámara y computadora. Un electrogoniómetro se usó para medir el rango de movimiento de la articulación del tobillo. Se les pidió a los niños y sus padres que comentaran sobre su interés en los programas de ejercicios.

**Resultados:** Los puntajes sobre las percepciones de los programas de ejercicio, se registraron más altos para la RV que para los ejercicios Conv, tanto en niños como en padres.

En promedio, los niños de ambos grupos completaron significativamente más repeticiones de los ejercicios Conv que RV ( $p < 0.04$ , todas las comparaciones). Sin embargo, los participantes con y sin PC tomaron un tiempo promedio significativamente más largo para completar una repetición de un ejercicio de RV en comparación con el ejercicio Conv similar ( $p < 0.01$ , todas las comparaciones). Los participantes con y sin PC registrados, presentaron más rangos de movimiento

activo del tobillo en la dorsiflexión durante la RV frente al ejercicio Conv (niños sin PC,  $p < 0,03$ , todas comparaciones; niños con PC,  $p = 0.09$ ).

**Conclusiones:** Estos datos sugieren que el uso de RV para obtener o guiar el ejercicio puede mejorar el cumplimiento del ejercicio y mejorar la efectividad de éste.

**Comentarios:** En este artículo se orienta a una pregunta claramente definida, ya que se especifica la población de estudio, la intervención y sus resultados.

En los resultados del estudio, cabe destacar que la intervención con esta terapia aumenta la motivación del paciente al encontrarse inmerso en un ambiente virtual, lo que conlleva a un mayor interés por parte de éstos, influyendo directamente en la realización de los ejercicios.

Aunque el estudio concluye que la intervención es efectiva en relación a sus variables de exposición, este presenta demasiadas debilidades en cuanto a su calidad metodológica, ya que la asignación de los sujetos no fue de forma aleatoria, no presentaba análisis estadístico y tampoco hubo cegamiento en ninguno de los involucrados, destacando además de que el estudio realiza una comparación entre niños con y sin presencia de PC, por lo que no se probaría la efectividad del tratamiento anteriormente mencionada, dado que se necesita la presencia de la patología en ambos grupos para así determinar si esta terapia es realmente efectiva.



#### 3.4.4 Artículo 4

**Nombre:** “Los efectos de los videojuegos de nintendo Wii-Fit en equilibrio en niños con parálisis cerebral leve”

**Autores:** Tarakci D, Ersoz Huseyinsinoglu B, Tarakci E, Razak Ozdinçler A

**Fecha de publicación:** 2016

**Objetivo:** Comparar los efectos de los videojuegos basados en el equilibrio de Nintendo Wii-Fit y el entrenamiento de equilibrio convencional en niños con parálisis cerebral leve (PC).

**Métodos:** Este ensayo controlado aleatorizado incluyó a treinta pacientes pediátricos ambulatorios (de 5 a 18 años) con parálisis cerebral. Los participantes fueron asignados al azar al grupo de entrenamiento de equilibrio convencional (Grupo de control) o al grupo de videojuegos basados en el equilibrio de Wii-Fit (Grupo Wii). Ambos grupos recibieron tratamiento de neurodesarrollo (TND) durante 24 sesiones. Además, mientras que el grupo de control recibió entrenamiento de equilibrio convencional en cada sesión, el grupo de Wii realizó juegos de Nintendo Wii Fit como esquí de slalom, funambulismo y fútbol en la tabla de equilibrio. Los resultados primarios fueron la prueba de alcance funcional (hacia adelante y hacia los lados), la prueba de sentado a pie y la subida programada y la prueba de ir. El balance de Nintendo Wii Fit, la edad y los puntajes del juego, la prueba de caminata de 10 metros, la prueba de escalada de 10 pasos y la Medida de Independencia Wee-Functional (Wee FIM) fueron los resultados secundarios.

**Resultados:** Los cambios en los puntajes de equilibrio y el nivel de independencia en las actividades de la vida diaria fueron significativos ( $p < 0.05$ ) en ambos grupos. Se encontraron mejoras estadísticamente significativas en el grupo de juego basado en Wii sobre el grupo de control en todas las pruebas de equilibrio y en la puntuación total de Wee FIM ( $p < 0,05$ ).

**Conclusiones:** Los videojuegos basados en el equilibrio de Wii-Fit mejoran los parámetros de equilibrio tanto estáticos como los relacionados con el rendimiento cuando se combinan con el tratamiento TND en niños con PC leve.

**Comentarios:** Al analizar este artículo, se puede evidenciar una pregunta claramente definida en cuanto a la población, intervención y resultado.

Por otro lado, se menciona que el análisis y la asignación de los participantes fue al azar al entrenamiento de equilibrio convencional o al video juego de equilibrio Wii Fit, a través de un software de Microsoft Office Excel.

Se expresa que los participantes fueron similares al comienzo del estudio, donde estos cumplieron con los criterios de inclusión. Al margen de la intervención en estudio ambos grupos fueron tratados de igual modo. Respecto de sus resultados, se obtuvieron mejoras en las variables intervenidas en el grupo experimental sujeto a la terapia de realidad virtual. Asimismo, se puede concluir que los métodos utilizados en el estudio pueden ser extrapolables a nuestra investigación, debido a que hay similitud en cuanto a una de las variables, la población bajo estudio y los métodos de medición.

En relación a la pregunta de investigación, se contactó con una profesional capacitada y especializada en el área: PhD Valeska Gatica Rojas, Directora del Laboratorio de Control Humano, departamento de Ciencias del Movimiento Humano, Facultad de Ciencias de la Salud, perteneciente a la Universidad de Talca, obteniendo dos artículos a los cuales también se les realizará un análisis crítico a través de la guía CasPe.

### 3.4.5 Artículo 5

**Nombre:** “Efectos de un programa de ejercicios de Nintendo Wii sobre la espasticidad y el equilibrio estático en la parálisis cerebral espástica”.

**Autores:** Gatica V, Cartes R, Méndez G, Guzmán E, Cofré E.

**Fecha de publicación:** 2016

**Objetivo:** Este estudio buscó evaluar los efectos de una intervención de Nintendo Wii Balance Board (NWBB) en la espasticidad del tobillo y el equilibrio estático en personas jóvenes con parálisis cerebral espástica (PCS).

**Métodos:** Diez niños y adolescentes (de 72 a 204 meses) con PCS participaron en un programa de ejercicios con NWBB. La intervención duró 6 semanas, 3 sesiones por semana, 25 minutos para cada sesión. La espasticidad del tobillo se evaluó utilizando la escala de Ashworth modificada modificada (MMAS), y el equilibrio estático permanente se cuantificó utilizando medidas posturográficas (medidas de centro de presión [CoP]). Se compararon medidas previas y posteriores a la intervención.

**Resultados:** Existieron disminuciones significativas de la espasticidad en los músculos flexores plantares del tobillo ( $p < 0.01$ ). También hubo una reducción significativa en el área de balanceo de CoP ( $p = 0.04$ ), velocidad mediolateral de CoP ( $p = 0.03$ ) y velocidad anteroposterior de CoP ( $p = 0.03$ ).

**Conclusión:** Un programa NWBB de 6 sesiones reduce la espasticidad en los flexores plantares del tobillo y mejora el equilibrio estático en los jóvenes con PCS.

**Comentarios:** En el presente artículo tanto la población, la intervención, como los resultados apuntan a una pregunta claramente definida. Sumado a esto presenta un análisis estadístico lo cual aumenta su calidad metodológica, sin embargo, en ningún momento del estudio hubo una asignación aleatoria de los participantes, debido a que la intervención fue enfocada a un solo grupo, es decir, sin la existencia de un grupo experimental y un grupo control, considerar además, el pequeño tamaño de muestra y el nulo cegamiento a los involucrados en la investigación.

Si bien una de las variables del estudio se asemeja, haciendo referencia al equilibrio estático, no se puede extrapolar a nuestra intervención ya que la población está dada para un tipo de parálisis en particular, y para los niveles I y II de la escala GMFCS.

Finalmente, pese al análisis descrito anteriormente, el estudio concluye que hubo diferencias significativas entre el pre y post tratamiento, demostrando así la

efectividad de la terapia de RV en las variables de resultado; espasticidad y equilibrio estático.

### 3.4.6 Artículo 6

**Nombre:** “¿La Nintendo Wii Balance Board mejora el equilibrio permanente? Un ensayo controlado aleatorizado en niños con parálisis cerebral”.

**Autores:** Gatica V, Méndez G, Guzmán E, Soto A, Cartes R, Elgueta E, Cofré E.

**Fecha de publicación:** 2017

**Antecedentes:** La evidencia sobre el efecto de los programas de ejercicios sistémicos para mejorar el equilibrio permanente con el sistema Nintendo Wii es muy limitada y su efectividad posterior al tratamiento es desconocida en pacientes con parálisis cerebral (PC).

**Objetivo:** El principal objetivo fue comparar el efecto de la tabla de equilibrio de Nintendo Wii (Wii-terapia) y tratamiento de fisioterapia estándar (TFS), en el rendimiento de equilibrio permanente en niños y adolescentes con parálisis cerebral. El objetivo secundario fue determinar la eficacia posterior al tratamiento de Wii-terapia y TFS.

**Métodos:** Pacientes con PC con hemiplejía espástica y diplejía espástica, con edades entre 7 y 14 años, y niveles I o II de GMFCS o GMFCS -ER. Se excluyeron pacientes con FSI Q <80, epilepsia, cirugías previas y aplicación de toxina botulínica-A en la extremidad inferior, sin corregir trastornos de visión y

audición. Treinta y dos pacientes con PC ( $10,7 \pm 3,2$  años) fueron asignados aleatoriamente a Wii-terapia (7 con diplegía espástica y 9 hemiplejía espástica) e intervención TFS (7 con diplegía espástica y 9 hemiplejía espástica). En cada grupo, los pacientes recibieron tres sesiones por semana durante un período de 6 semanas. Equilibrio permanente se evaluó al inicio y cada 2 semanas. Además, se realizaron dos evaluaciones de seguimiento (4 semanas adicionales) para determinar la eficacia postratamiento. El equilibrio permanente se cuantificó en la plataforma de fuerza obteniendo el área de resultados del balanceo del centro de presión (CoP) (CoPSway), desviación estándar en las direcciones medial-lateral (SD ML) y anteroposterior (SD AP) y velocidad en ambas direcciones (VML y VAP).

**Resultados:** Comparado con el TFS, la Wii-terapia redujo significativamente el CoPSway ( $P = 0.02$ ) y el SDAP en la condición de ojos abiertos ( $P = 0.01$ ). Sin embargo, los efectos disminuyen después de 2-4 semanas. El análisis post-hoc reveló que solo los niños con hemiplejía espástica se beneficiaron de la Wii-terapia.

**Conclusiones:** La Wi-terapia fue mejor que la TFS para mejorar el equilibrio permanente en pacientes con PC, pero mejora el equilibrio solo en pacientes con hemiplejía espástica. Además, la eficacia de la Wii-terapia disminuyó 2-4 semanas después del final de la intervención.

**Comentarios:** Este artículo presenta una pregunta claramente definida en términos de población, intervención y resultados, ésta fue llevada a cabo mediante una

distribución aleatoria, quedando 16 participantes en cada grupo, los que fueron considerados hasta el final del estudio.

En relación a las variables de control estas eran homogéneas, por lo que existía un equilibrio en ambos grupos. Destacar por otra parte que tanto el estadístico, como el personal clínico se mantuvieron ciegos, mientras que los participantes no lo estaban, debido a que se les entregó un consentimiento informado.

Los resultados de este estudio eran efectivos en cuanto a la mejora del equilibrio permanente, sin embargo, lo es solo para pacientes con hemiplejia entre los 7 y 14 años y pertenecientes al nivel I y II de la escala GMFCS. Además, esta intervención que beneficiaba a los pacientes, se ve disminuida pasada las dos a cuatro semanas, por lo que no se puede extrapolar a nuestra población.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 Pregunta de investigación**

¿Es efectiva la terapia basada en el juego de realidad virtual sumado a la terapia física convencional, comparado con la terapia física convencional por sí sola, medida en función del control postural y deambulación, en niños que presentan

parálisis cerebral, nivel 1, 2 y 3 (según el sistema de clasificación de la función motriz gruesa), entre los 6 y 18 años, en la región de la Araucanía, en los años 2018-2019?

#### 4.2 Objetivo general

Determinar la efectividad de la terapia basada en el juego de realidad virtual sumado a la terapia física convencional, comparado con la terapia física convencional por sí sola, medida en función del control postural y deambulación, en niños que presentan parálisis cerebral, nivel 1, 2 y 3 (según el sistema de clasificación de la función motriz gruesa), entre los 6 y 18 años, en la región de la Araucanía, en los años 2018-2019.



### 4.3 Objetivos específicos

- Determinar los cambios generados en el control postural a través del equilibrio dinámico y estático en el grupo control y grupo experimental, mediante el test Time Up and Go y la prueba de Alcance Funcional.
- Determinar los cambios generados en la deambulación a través de la longitud del paso y la velocidad de la marcha en el grupo control y grupo experimental, mediante la Plataforma de Marcha.
- Comparar los cambios generados post intervención entre grupo control y grupo experimental con respecto al control postural, mediante el equilibrio dinámico y estático a través del test Time Up and Go y la prueba de Alcance Funcional.
- Comparar los cambios generados post intervención entre grupo control y grupo experimental con respecto a la deambulación, mediante la longitud del paso y la velocidad de la marcha, a través de la Plataforma de Marcha.

### 4.4 Justificación de la pregunta de investigación

#### 4.4.1 Factible

A nivel nacional, según datos parciales del Censo 2012 se registró que el 12.74% de la población chilena padece una o más discapacidades, dentro de éstas, los principales diagnósticos clínicos son la parálisis cerebral y otras encefalopatías, los cuales concentran a un 55.4% de los casos del total de la población(32).

Según el informe anual 2014 observado en la Red Nacional de Institutos Teletón(2), la parálisis cerebral posee una prevalencia de 34% y una incidencia de 18% (1).

Sumado a esto, se cuenta con el apoyo de profesionales idóneos para supervisar y llevar a cabo el tratamiento de manera óptima, además la muestra reclutada de los distintos centros de salud de la región de la Araucanía, presentan convenio con la Universidad de La Frontera.

En cuanto al presupuesto requerido para el estudio, éste se obtendrá a través de diversos fondos concursables como, por ejemplo, el Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo en Salud (FONIS) por mencionar uno de éstos.

#### 4.4.2 Interesante

En la actualidad, no se han realizado intervenciones de juegos de realidad virtual que incluyan en conjunto las variables de interés a estudiar, las cuales se encuentran afectadas en este grupo de pacientes.

Añadir a esto, que, de acuerdo con los artículos analizados, se mencionan beneficios de la terapia basada en juegos de realidad virtual, dando énfasis en las mejoras de la función motora gruesa, no obstante, los tamaños de muestra de estos estudios han sido pequeños, y además se enfocan solo a un tipo de parálisis cerebral, por lo que la mayoría de ellos llegan a la conclusión de que existe una gran necesidad de investigaciones futuras sobre este tema.

Al mismo tiempo, la utilización de esta terapia es una forma interesante de motivar a los pacientes, debido a que éstos se encuentran inmersos en el ambiente, lo que conlleva a una mayor participación, rendimiento y desempeño en la actividad. De acuerdo a lo anteriormente planteado, se permite una mayor adherencia al tratamiento, logrando así los objetivos propuestos de manera más rápida y eficiente.

#### 4.4.3 Novedoso

La evidencia existente que hay sobre este tema, no incluye de forma simultánea las variables específicas a estudiar sumado a la terapia física convencional. Sobre la base de esta consideración, podemos utilizar esto como argumento a lo novedoso de aplicar la terapia de juegos de realidad virtual sobre el control postural y la marcha, las cuales se encuentran afectadas en cierto grado en pacientes con parálisis cerebral. Ante esto, se proporcionará una actualización de la evidencia ya encontrada, lo que permitirá el aumento del conocimiento para intervenciones e investigaciones futuras.

#### 4.4.4 Ético

Al llevar a cabo esta intervención, se considera que los riesgos asociados son mínimos para los sujetos, ya que se caracteriza por no ser una terapia invasiva, por lo que la relación entre riesgo y beneficio es mayor en este último, evitando así un riesgo que comprometa el estado del usuario.

Desde el primer contacto entre profesional y paciente, esta investigación cuenta con el respaldo por parte de los padres o adultos responsables a través de un consentimiento informado y los usuarios de un asentimiento informado, los cuales ratifican el deseo de participar de manera voluntaria en el estudio, después de haber sido informado sobre todos los aspectos concernientes al procedimiento del cual serán partícipes.

#### 4.4.5 Relevante

Frente a esta problemática de salud, es necesario incrementar el conocimiento en el área de la rehabilitación, que a su vez éste sea accesible hacia todos los profesionales involucrados, para que lleven a cabo oportunas decisiones terapéuticas, las cuales van a influir directamente en la efectividad del tratamiento utilizado, que potencien la autonomía, y el bienestar general e íntegro del sujeto en cuestión.

Cabe destacar que es posible conseguir o adquirir las herramientas de forma permanente, y que éstas a su vez sean eficientes para conseguir beneficios a largo plazo, lo que se traduce en que los beneficios superan a los costos.

## CAPÍTULO 5

### 5. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 5.1 Diseño de investigación propuesto

Para llevar a cabo la investigación se utilizará el diseño de Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado (ECCA).

Los ECCA son estudios experimentales que, relacionan causa-efecto entre la exposición y el evento a estudiar, en donde el investigador es quien controla la variable de resultado, la cual se lleva a cabo a través de un proceso aleatorio en una población homogénea. Además, el inicio de las intervenciones es anterior a los hechos estudiados, de tal manera que los datos sean recogidos a medida que van ocurriendo. Por lo tanto, los ECCA se consideran tanto analíticos como prospectivos, haciendo posible la prevención de sesgos, y así lograr altos índices de validez, que finalmente proporcionarán un mayor grado de evidencia(33).

Significado de ECCA:

- Clínico: Intervención que involucre a pacientes con una condición médica, con la finalidad de aclarar el tratamiento más apropiado a utilizar a futuro.
- Controlado: comparación entre el grupo experimental y el grupo control, en cuanto a los efectos de un tratamiento.
- Aleatorizado: corresponde a que los grupos bajo estudio se puedan comparar en relación con los factores de riesgo conocidos y desconocidos.

Existen tanto criterios de elegibilidad como aspectos claves para valorar la validez del ECCA, los cuales se mencionan en la tabla 5:

Criterios de elegibilidad	Criterios para valorar validez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudio compara tratamientos en seres humanos</li> <li>• El estudio es prospectivo</li> <li>• Se comparan entre si dos o más tratamientos o intervenciones que pueden ser de cualquier tipo</li> <li>• El método de asignación a los tratamientos debe ser aleatorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta clínica estructurada</li> <li>• Aleatorización</li> <li>• Secuencia de aleatorización oculta</li> <li>• Enmascaramiento</li> <li>• Seguimiento</li> </ul>

**Tabla 5: Adaptación de criterios de elegibilidad y valoración de validez de un ECCA(34,35).**

## 5.2 Justificación del diseño

Como se mencionó anteriormente el diseño a utilizar será un ECCA, debido a que se considera el mejor diseño disponible para evaluar la efectividad de tratamientos y/o intervenciones con respecto a problemáticas de salud, siendo los menos susceptibles a sesgos.

Asimismo, permitirá confirmar si es que existe o no efectividad en el uso de la terapia de juegos de realidad virtual y así poder esclarecer, si es que ésta genera un cambio significativo en las variables de resultado, es decir, en control postural y marcha en pacientes con parálisis cerebral. Agregado a esto, mencionar que no hay

investigaciones que avalen el uso de la terapia de juegos de la realidad virtual como complemento a la terapia física convencional asociados a las mejoras de las variables ya mencionadas.

### 5.3 Población de estudio

#### 5.3.1 Población diana

Niños y adolescentes entre 6 y 18 años, de ambos sexos, diagnosticados con parálisis cerebral nivel 1, 2 y 3 según la Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS).

#### 5.3.2 Población accesible

Niños y adolescentes entre 6 y 18 años, de ambos sexos, diagnosticados con parálisis cerebral nivel 1, 2 y 3 según la Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS), pertenecientes a la región de la Araucanía en el año 2018 a 2019.

#### 5.3.3 Población de estudio

Niños y adolescentes entre 6 y 18 años, de ambos sexos, diagnosticados con parálisis cerebral nivel 1, 2 y 3 según la Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS), pertenecientes a la región de la Araucanía en el año 2018 a 2019, que cumplan los criterios de elegibilidad y que accedan voluntariamente a participar (tanto el participante mediante firma de asentimiento, como el tutor legal del niño o niña a través de la firma de un consentimiento informado).

### 5.3.4 Grupo control

Este grupo estará compuesto por niños y adolescentes de ambos sexos, entre las edades 6 a 18 años con diagnóstico de parálisis cerebral nivel 1, 2 y 3 según GMFCS, el cual recibirá como intervención base terapia física convencional.

### 5.3.5 Grupo experimental

Este grupo estará compuesto por niños y adolescentes de ambos sexos, entre las edades 6 a 18 años con diagnóstico de parálisis cerebral nivel 1, 2 y 3 según GMFCS, el cual recibirá como intervención base la terapia física convencional sumado a terapia de realidad virtual.

## 5.4 Muestra

### 5.4.1 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnóstico de PC</li><li>• Edad de 6 a 18 años</li><li>• Clasificados en los niveles 1, 2 y 3 según la GMFCS</li><li>• Sin antecedentes de epilepsia</li><li>• Sin espasticidad excesiva en relación con la escala de</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Que reciba tratamiento paralelo</li><li>• Trastorno visual</li><li>• Antecedentes de cirugía ortopédica</li><li>• Inyección de toxina botulínica en los últimos 6 meses</li><li>• Enfermedad neurológica</li></ul>



<p>Ashworth modificada, puntaje &gt;2 en miembros inferiores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades cognitivas para seguir órdenes verbales</li> </ul>	<p>diferente a PC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Poseer la Nintendo Wii en su domicilio</li> </ul>
--	--

**Tabla 6: Criterios de elegibilidad.**

### 5.4.2 Tamaño muestral

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó el software Epidat, que es un programa para análisis epidemiológico de datos, versión 4.2. En éste se utilizó un nivel de confianza del 95%, una potencia del 80%, una diferencia entre las medias de 1,88 en el Time Up and Go y una desviación estándar de 1,24. Además se consideró una pérdida del 20%, dando como resultado final un total de 10 participantes por grupo.

Comparación de medias independientes

Datos

Varianzas:

Opción 1

Diferencia de medias a detectar:

Desviación estándar común:

Opción 2

Diferencia estandarizada de medias:

Razón entre tamaños muestrales:

Nivel de confianza:  %

Calcular:

Tamaño de la muestra

Potencia

Potencia (%):

Mínimo:

Máximo:

Incremento:

Ocultar    Calcular    Limpiar    Cerrar

[1] Tamaños de muestra. Comparación de medias independientes			
<b>Datos:</b>			
Varianzas:	Iguales		
Opción:	Opción 1		
Diferencia de medias a detectar:	1,880		
Desviación estándar común:	1,240		
Razón entre tamaños muestrales:	1,00		
Nivel de confianza:	95,0%		
<b>Resultados:</b>			
Potencia (%)	Tamaño de la muestra		
	Población 1	Población 2	Total
80,0	8	8	16

**Figura 4: Cálculo del tamaño muestral.**

### 5.4.3 Aleatorización

Los participantes de esta investigación, luego de ser reclutados y haber cumplido los criterios de elegibilidad, además de comprender y aceptar voluntariamente su participación en el estudio mediante el consentimiento informado, serán asignados al azar, ya sea al grupo de control o al de intervención, a través de una aleatorización por bloques, la que tiene como objetivo asegurar un balance en el número de sujetos asignados a cada grupo de intervención. Evitando así posibles sesgos en la muestra, y generando un equilibrio en las variables que pudiesen interferir en el efecto del tratamiento a considerar, es decir, que al estar frente a dos grupos similares, las diferencias que se pudiesen encontrar, serán directamente relacionadas a la intervención que cada grupo recibirá.

#### 5.4.4 Enmascaramiento

En este estudio, el tipo de enmascaramiento a utilizar será de simple ciego, en donde éste se realizará a los kinesiólogos evaluadores, ya que así se pueden evitar posibles sesgos al momento de iniciar y llevar a cabo la intervención.

### 5.5 Variables y mediciones

#### 5.5.1 Variables de resultado

Denominadas también variables dependientes, que se observan o miden para así poder determinar los resultados de una investigación. En el presente estudio se utilizará como variable de resultado primaria el equilibrio dinámico y como variables secundarias el equilibrio estático, la longitud del paso y la velocidad de la marcha.

#### **Equilibrio dinámico**

**Definición:** Estado en que la suma de las fuerzas que actúan en el cuerpo que está en movimiento, se movilizan de forma controlada, permitiendo así su desplazamiento.

**Tipo de variable:** Cuantitativa continúa.

**Instrumento de medición:** Time Up and Go.

### **Equilibrio estático**

**Definición:** Estado de la masa en la que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están en equilibrio, permaneciendo así estable, sin que exista movimiento o desplazamiento en dicha posición.

**Tipo de variable:** Cuantitativa continúa.

**Instrumento de medición:** Prueba de alcance funcional.

### **Longitud de paso**

**Definición:** Distancia lineal entre el contacto inicial del talón de una extremidad y el de la extremidad contralateral.

**Tipo de variable:** Cuantitativa continúa.

**Instrumento de medición:** Plataforma de marcha.

### **Velocidad marcha**

**Definición:** Distancia recorrida en dirección de la marcha por unidad de tiempo.  
(Velocidad=distancia/tiempo)

**Tipo de variable:** Cuantitativa continúa.

**Instrumento de medición:** Plataforma de marcha.

## 5.5.2 Variables de control

Variables cuyas características podrían o no tener influencia sobre la variable dependiente. Para el actual estudio se considerarán la edad, el sexo y el nivel de GMFCS.

### **Edad**

**Definición:** Tiempo que ha vivido una persona expresada en años.

**Tipo de variable:** Cuantitativa discreta.

**Instrumento de medición:** Cédula de identidad.

### **Sexo**

**Definición:** Condición orgánica masculina o femenina.

**Tipo de variable:** Cualitativa dicotómica.

**Instrumento de medición:** Cédula de identidad.

### **Nivel de GMFCS**

**Definición:** Sistema de clasificación de la función motora gruesa.

**Tipo de variable:** Cualitativa ordinal.

**Instrumento de medición:** Escala GMFCS.

### 5.5.3 Variable de exposición

Son las variables independientes que expresan los tratamientos o condiciones que el investigador controla para verificar sus efectos con respecto al resultado. En este caso la variable de exposición pertenece al protocolo de ejercicio utilizando el “Balance Board” de la consola Nintendo Wii U.

## **Terapia de realidad virtual**

**Definición:** Intervención en la que el juego consiste en una simulación de la realidad cotidiana además de actuar como intermediario en el tratamiento.

**Tipo de variable:** Cualitativa dicotómica.

### 5.6 Intervención

Se dispondrá de 20 participantes los cuales se dividirán aleatoriamente en dos grupos de 10 cada uno. El grupo experimental recibirá como intervención el uso de Wii Balance Board más terapia física, mientras que el grupo control sólo terapia física. Cada participante realizará un total de 18 sesiones, que se distribuirán en una frecuencia de tres veces por semana.

Éstos serán evaluados pre y post intervención en un día específico y horario establecido para todos. Las evaluaciones estarán enfocadas a las variables que se pretenden investigar, medidas a través del test Time up and Go y Alcance funcional, los cuales están validados en niños, además el uso de la plataforma de marcha, todas sus descripciones estarán especificadas en el Anexo 3. Cabe destacar que se dispondrá de una evaluación inicial para la correcta prescripción de ejercicio a cada participante. Todo esto se realizará en el Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera y estará a cargo un Kinesiólogo.

#### 5.6.1 Grupo Control: Terapia Física

Cada sesión tendrá una duración aproximada de 1 hora, con una frecuencia de tres veces por semana, durante 6 semanas (18 sesiones). Este grupo se dividirá en dos

subgrupos de 5 participantes, debido al tiempo que requiere cada sesión y días establecidos para éstas.

Es necesaria una exhaustiva evaluación inicial para conocer no sólo las necesidades de sujeto, si no sus preferencias, precauciones y dificultades en la realización de los ejercicios.

**Evaluación inicial:** Se realizarán mediciones basales con respecto a las variables que se desean investigar, además de una evaluación kinésica cuyo objetivo principal es evaluar los componentes de la aptitud física.

Tras la evaluación podemos conocer sus capacidades y cualidades particulares, y así elegir el equipo y la modalidad del entrenamiento más adecuada.

**Intervención:** Se enfocará y adecuará a los componentes de la aptitud física que presente cada participante, dando énfasis en la realización de ejercicios que promuevan una mejora en cuanto a las variables.

**Ejercicio Aeróbico:** Según las directrices de la ACSM, la actividad debería realizarse a un ritmo familiar para el sujeto, (50-60% de la máxima frecuencia cardiaca prevista para su edad), y consistiría en una caminata realizada en Treadmill sin pendiente, debido a que estos participantes tienden a presentar una ligera flexión plantar del tobillo o limitada la dorsiflexión del mismo.

**Flexibilización:** Se deberán realizar varios estiramientos de los miembros superiores e inferiores en series de 3 a 5 repeticiones de 15 a 20 segundos cada una.

**Ejercicio de fuerza:** La posición óptima será en decúbito supino o sedente, debido a su escaso equilibrio muscular y con el fin de favorecer la coordinación muscular. Los ejercicios para el entrenamiento de la fuerza se realizan en 1 o 2 series de 10 a 12 repeticiones cada uno.

**Equilibrio:** Se trabajará en plataformas y posiciones más estables con los ojos abiertos y se progresará a superficies y posiciones inestables con los ojos cerrados. Este será un ejercicio progresivo de acuerdo a los avances del participante.

**Evaluación final:** Se reevaluará a cada participante, para evidenciar si existen diferencias entre las variables.

#### 5.6.2 Grupo experimental: Uso de Wii Balance Board más terapia física.

Cada sesión tendrá una duración aproximada de 1 hora, la que se distribuirá en 30 minutos de terapia física, que incluyen los mismos tipos de ejercicios mencionados anteriormente en el grupo control, y 30 minutos de uso de Wii Balance Board, mediante la utilización de diversos juegos que se adaptarán a las capacidades e intereses propios de cada participante.

Este grupo se dividirá en dos subgrupos de 5 participantes, en el que cada uno de éstos será intervenido tres veces a la semana, durante 6 semanas (18 sesiones). Tanto la evaluación inicial, como la intervención de terapia física y la reevaluación serán aplicadas de igual modo que en el grupo control.



El entrenamiento de RV a través de Wii Balance Board, será guiado por un Kinesiólogo que posee conocimientos previos de la intervención a realizar. Éste se basará en un protocolo que posee 3 series de ejercicios y activa el equilibrio postural en los tres planos de movimiento: sagital, frontal y transversal. Para las dos primeras series se utilizarán los juegos Snowboard, Penguin Slide y Super Hula Hoop y para la última el juego de Yoga(36).

En la primera serie de ejercicios, los participantes se encuentran en una posición bípeda con las extremidades superiores relajadas pegadas al tronco. En la segunda serie de ejercicios, cada juego se repetirá en una posición de pie con las manos en la cintura. Entre la primera y la segunda serie de ejercicios, habrá un descanso de uno a dos minutos, donde los niños se sentarán en una silla hasta que se hayan recuperado. La tercera serie de ejercicios consistirá en mantener su postura lo más relajada posible durante el juego de Yoga con los ojos abiertos y luego repetirlas con los ojos cerrados. Los niños que pudiesen presentar alguna dificultad para realizar el juego de Snowboard en tres o cuatro sesiones continuas utilizarán un juego más básico, como el Heading Football, de acuerdo con la adaptación del participante(36).

Las características de los juegos estarán especificadas en el Anexo 5.

## **CAPÍTULO 6**

### **6. PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **6.1 Hipótesis**

##### **6.1.1 Hipótesis nula**

No existe evidencia estadísticamente significativa que demuestra que la terapia de RV sumada a la terapia física es más efectiva que la terapia física por sí sola, en la mejoría del CP y deambulación, en niños que presentan PC entre 6 y 18 años, clasificados en los niveles I, II y III de la GMFCS.

##### **6.1.2 Hipótesis alternativa**

Existe evidencia estadísticamente significativa que demuestra que la terapia de RV sumada a la terapia física es más efectiva que la terapia física por sí sola, en la mejoría del CP y deambulación, en niños que presentan PC entre 6 y 18 años, clasificados en los niveles I, II y III de la GMFCS.

#### **6.2 Estadística descriptiva**

La estadística descriptiva consiste en informar sobre el comportamiento de una variable, además de organizar e interpretar las características de la muestra de manera resumida.

Para los valores e información con respecto a las variables del presente estudio, se aplicará un análisis descriptivo de las mismas, es decir, en forma cualitativa

utilizando tablas de frecuencia y porcentaje y en forma cuantitativa se usarán medidas de tendencia central, tales como; moda, mediana o promedio y medidas de dispersión como la desviación estándar y varianza.

### 6.3 Estadística inferencial

La estadística inferencial consiste en la verificación de ciertas hipótesis con respecto al comportamiento de una variable o la relación de estas mismas, teniendo como objetivo principal determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el experimental.

En relación a los resultados del estudio, obtenidos en las distintas evaluaciones, realizadas pre y post intervención tanto en el grupo experimental como en el de control mediante las pruebas Time Up and Go, Alcance Funcional, longitud de paso y velocidad de marcha, será posible observar que existe una gran significancia en los resultados obtenidos a través de diferentes pruebas estadísticas, asumiendo que estos resultados tendrán una distribución normal o paramétrica, ya que estas tienen mayor potencia estadística, se utilizará la prueba T-test. Sin embargo, debido a que el tamaño de muestra es pequeño, existe una alta probabilidad de que los datos tengan una distribución no normal o no paramétrica, en este caso se utilizaría la prueba U Man Whitney.

Cabe mencionar, que si bien el objetivo principal es analizar los resultados pre y post intervención de ambos grupos, es preciso realizar de igual manera un análisis pre y post de cada grupo de manera independiente, éstos a través de las pruebas

estadísticas T-test pareada y Wilcoxon, para resultados paramétricos y no paramétricos respectivamente.

## **CAPÍTULO 7**

### **7. ÉTICA EN INVESTIGACIÓN**

#### **7.1 Principios éticos**

##### **7.1.1 Autonomía**

De este principio se origina el uso del consentimiento informado, el que contempla toda la información necesaria y relevante con respecto a las intervenciones a las que serán sometidos los participantes, además de contener el objetivo del estudio, los posibles riesgos y beneficios y la importancia de que puedan realizar cualquier pregunta que estimen conveniente y de tener la posibilidad de hacer abandono del estudio en cualquier momento, sin sufrir consecuencia o repercusión alguna por ello.

En el caso de los participantes se firmará o se dejará registro con la huella digital en el asentimiento informado, y en el caso de los padres o tutores legales se hará firma del consentimiento informado.

##### **7.1.2 No maleficencia**

Este principio se verá respetado debido a que no producirá daño alguno a los participantes bajo estudio y en el caso de haberlos, estos deben ser mínimos, asegurando el bienestar, protección y seguridad de los participantes.

Sumado a esto la intervención podría involucrar un gran esfuerzo físico, en cada persona, para esto se han considerado medidas preventivas para así reducir al máximo los riesgos de los participantes.

Destacar además que toda la información que tenga relación con los participantes será accesible solo a los investigadores.

### 7.1.3 Beneficencia

Se buscará un equilibrio positivo de los beneficios sobre los perjuicios, lo cual se logrará mediante la realización de los ejercicios llevados a cabo por terapeutas que cuentan con los conocimientos básicos y que a la vez serán capacitados para realizar este estudio. Además, la pregunta que se desea responder es científicamente válida, teniendo una justificación adecuada para realizar el estudio, asegurando además que los procedimientos serán seguros.

### 7.1.4 Justicia

Con respecto a este principio, los participantes del estudio serán tratados de manera igualitaria, es decir, el reclutamiento de los participantes será no discriminatorio, permitiendo de esta forma que los participantes sean escogidos por razones que se relacionan con el estudio y no por la situación de dependencia que los pueda hacer sentir susceptibles a participar.

## 7.2 Consentimiento y asentimiento informado

Se hará uso de un consentimiento informado, el cual será presentado al apoderado y/o adulto responsable de los participantes, además de un asentimiento dirigido a éstos últimos, con fin de informar los aspectos más relevantes y el propósito de la investigación, estos serán entregados al inicio del estudio. El detalle de los documentos se encuentra en el Anexo 6.

## **CAPÍTULO 8**

### **8. ADMINISTRACIÓN Y PROSUPUESTO DEL ESTUDIO**

#### **8.1 Administración**

Para la realización de nuestro estudio, se hará uso del Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera, el cual consta con la capacidad e infraestructura necesaria para llevar a cabo la intervención. El uso de estas dependencias será de costo cero, gracias al convenio existente con dicha universidad, además ésta facilitará algunos implementos (plataforma de marcha) requeridos para la investigación. Se contará con profesionales capacitados que cumplirán distintos roles a lo largo del estudio.

#### **8.2 Presupuesto del estudio**

##### **8.2.1 Materiales de terapia y mediciones**

A continuación, se detallan tablas resumen con los principales materiales a utilizar en la intervención, medición de variables e implementos generales. Además, de un presupuesto extra que pueda ser requerido durante el transcurso del estudio.

Cabe destacar, que ya se cuenta con uno de los materiales requeridos para éste, haciendo referencia a la plataforma de marcha, la cual será facilitada por el Departamento de Educación Física de la Universidad de La Frontera.



### 8.2.1.1 Implementos para medición de variables

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Cono	1	990	990
Silla	1	26.990	26.990
Cronómetro	1	9.990	9.990
Huinchas métricas	1	1.590	1.590
Test impresos	140	-	-
Ficha	20	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>39.560</b>

**Tabla 7: Implementos para la medición de variables.**

### 8.2.1.2 Implementos generales

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Notebook	1	219.990	219.990
Impresora multifuncional	1	29.990	29.990
Tinta	4	5.590	22.360
Resmas de hojas tamaño carta	2	2.980	5.960
Archivadores	5	2.190	10.950
Corchetera	1	2.050	2.050
Corchetes	2	899	1.798
Artículos de oficinas	-	7.135	7.135
Perforadora	1	2.420	2.420
Silla	1	52.590	52.590
Escritorio	1	69.990	69.990
<b>TOTAL</b>			<b>425.233</b>

**Tabla 8: Implementos generales.**

### 8.2.1.3 Implementos para intervención

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Wii Balance Board	1	78.990	78.990
Nintendo	1	269.990	269.990
Televisor LED 40"	1	219.990	219.990
Juegos	5	20.000	100.000
Colchoneta	1	8.950	8.950
Camilla	1	59.990	59.990
Silla	2	26.990	53.980
Banda elástica	5	1.700	8.500
Bosu	1	29.990	29.990
Treadmill	1	569.000	569.000
<b>TOTAL</b>			<b>1.399.380</b>

**Tabla 9: Implementos para la intervención.**

### 8.2.1.4 Espacio físico

Como se mencionó anteriormente, el espacio físico a utilizar será el CAK, el lugar específico box de neuro kinesiólogía infantil en donde están las instalaciones necesarias para la intervención de la RV, es decir televisor, Nintendo Wii, Wii Balance Board e implementos inmobiliarios necesarios. Por otra parte, la realización de la terapia física se ejecutará en el gimnasio de dicho centro, que dispondrá de las herramientas kinésicas mencionadas en las tablas resumen.

### 8.3 Recursos humanos

Se requerirá la participación de:

- Investigadores principales (kinesiólogo 1, 2 y 3): Estarán a cargo de los aspectos administrativos del proyecto, así como también de la supervisión del espacio en donde se realizará el estudio.
- Kinesiólogo evaluador (1): El profesional estará previamente capacitado para la toma de evaluaciones iniciales y finales. Será cegado con respecto a las intervenciones.
- Kinesiólogo de la intervención (1): El profesional estará capacitado para llevar a cabo la intervención tanto del grupo control como en el experimental.
- Estadístico (1): Estará a cargo de los análisis obtenidos al final de la investigación.

<b>Profesional</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pago mensual</b>	<b>Pago total</b>
Kinesiólogo a cargo de la investigación	3	-	-
Kinesiólogo a cargo de la evaluación	1	750.000(2)	1.500.000
Kinesiólogo a cargo de la intervención	1	750.000(6)	4.500.000
Estadístico	1	300.000(1)	300.000
<b>Total</b>			<b>6.300.000</b>

**Tabla 10: Recursos humanos.**

#### 8.4 Total del presupuesto

<b>Presupuesto</b>	<b>Costo total</b>
Gasto de implementación	1.864.173
Recursos humanos	6.300.000
Recurso extra (colaciones y pasajes)	2.000.000
<b>Total</b>	<b>10.164.173</b>

**Tabla 11: Total presupuesto**

### 8.5 Carta Gantt

Actividades	2018												2019															
	Enero - Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración y proyecto de investigación	■																											
Aprobación comité de ética					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Obtención de fondos y espacios					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Compra de implementos													■	■														
Estructuración y capacitación del equipo de trabajo													■	■	■	■												
Planificación de trabajo															■	■	■											
Reclutamiento de muestra													■	■	■	■	■	■	■	■								
Firma de consentimiento y asentimiento																	■	■										
Aleatorización																	■	■										
Evaluación inicial																			■	■	■	■						

	2019																																			
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Intervención																																				
Reevaluación																																				
Ingreso de resultados en base de datos																																				
Análisis estadístico de datos																																				
Resultados y conclusiones del estudio																																				

## ANEXOS

### 9. Anexo 1: Clasificación específica de la función motora gruesa según edades

#### Antes de los 2 años:

Nivel I	<p>Se mueve desde y hacia la posición sedente.</p> <p>Manipula objetos con ambas manos.</p> <p>Se arrastra o gatea sobre manos y rodillas.</p> <p>Realiza marcha sujetándose de los muebles.</p> <p>Habitualmente logran la marcha entre los 18 meses y los 2 años sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha.</p>
Nivel II	<p>Se mantiene sentado en el suelo, pero utiliza las manos para apoyarse y mantener el equilibrio.</p> <p>Se arrastra sobre el estómago o gatea con manos y rodillas, empuja con los brazos para colocarse en bipedestación.</p> <p>Realiza marcha sujetándose de los muebles.</p>
Nivel III	<p>Se mantiene sentado en el suelo con soporte en la región lumbar.</p> <p>Rueda y logra arrastrarse boca abajo y hacia adelante.</p>
Nivel IV	<p>Controla la cabeza, pero requiere soporte en el tronco para mantenerse sentado.</p>



	Rueda en decúbito supino y pueden rodar a decúbito prono.
Nivel V	Gran limitación del control voluntario. Son incapaces de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias en prono y en posición sedente. Requieren asistencia para rodar.

Tabla 1. Clasificación de la PC, antes de los 2 años, según la GMFCS. (14)

### 2 y 4 AÑOS

Nivel I	Se mantiene sentado en el suelo y es capaz de manipular objetos con ambas manos.  No requieren asistencia de un adulto para pararse y sentarse.  El niño camina, como método preferido de movilidad sin necesidad de un dispositivo manual auxiliar de la marcha.
Nivel II	Se mantiene en posición sedente en el suelo, pero puede tener dificultad para mantener el equilibrio si utiliza las dos manos para manipular objetos, no requiere la asistencia de un adulto para sentarse y levantarse. Se empuja con las manos para colocarse de pie sobre una superficie estable. Gatea con movimiento recíproco de sus manos y rodillas, camina sujetándose de los muebles o con un dispositivo manual auxiliar de la marcha.
Nivel III	Se mantiene sentado frecuentemente en posición de “W” y puede que requiera de la asistencia de un adulto para sentarse.

	<p>Se arrastra sobre su estómago o gatea sobre sus manos y rodillas.</p> <p>El niño empuja sobre una superficie estable para colocarse de pie, puede caminar distancias cortas con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en espacios interiores, requieren asistencia de un adulto para cambiar de dirección y girar.</p>
Nivel IV	<p>Al niño se le tiene que sentar, es incapaz de mantener la alineación y el equilibrio sin utilizar las manos para apoyarse.</p> <p>Frecuentemente requiere equipo para adaptar y mantener la posición sedente y de bipedestación. La automovilidad en distancias cortas, lo realiza rodando, arrastrándose sobre el estómago o gateando sobre sus manos y rodillas sin movimiento recíproco de las piernas.</p>
Nivel V	<p>Existe una limitación severa del movimiento voluntario, el niño es incapaz de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias, toda función motora es limitada.</p> <p>Las limitaciones para sentarse y ponerse de pie no son compensadas con el uso de dispositivos tecnológicos y el niño no tiene una forma de movimiento independiente y tiene que ser transportado.</p>

**Tabla 2: Clasificación de la PC, entre los 2 y 4 años, según la GMFCS.(14)**

4 y 6 AÑOS

Nivel I	<p>Capaz de sentarse o levantarse de una silla o del suelo sin necesidad de utilizar las manos para apoyarse.</p> <p>El niño es capaz de caminar en interiores y exteriores, sube escaleras. Puede intentar saltar y correr.</p>
Nivel II	<p>Se mantiene sentado en una silla con las manos libres para manipular objetos. Puede levantarse desde el suelo y de una silla para ponerse de pie, pero frecuentemente necesita de una superficie estable para apoyarse con los brazos.</p> <p>El niño camina sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha en interiores y en distancias cortas o espacios abiertos con superficie regular, utiliza escaleras apoyándose en los pasamanos.</p> <p>No corre, no salta.</p>
Nivel III	<p>Se mantiene sentado en una silla, pero requiere soporte pélvico o del tronco para maximizar la función manual.</p> <p>Puede sentarse o levantarse de una silla usando una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos con apoyo de los brazos.</p> <p>Camina con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en superficies regulares y sube escaleras con asistencia de un adulto; con frecuencia tienen que ser transportados en espacios abiertos o terreno irregular o en distancias largas.</p>

Nivel IV	Se mantiene sentado en una silla, pero necesita adaptaciones para mejorar el control de tronco y maximizar el uso de las manos. El niño puede sentarse y levantarse de una silla con asistencia de un adulto o de una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos. Es posible que camine distancias cortas con una andadera o la supervisión de un adulto, pero se les dificulta girar y mantener el equilibrio en superficies irregulares.
Nivel V	Las limitaciones físicas no permiten la actividad voluntaria y el control del movimiento para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias.  Todas las áreas de la función motora están limitadas y no se compensan completamente con equipo o ayudas tecnológicas.

**Tabla 3: Clasificación de la PC, entre los 4 y 6 años, según la GMFCS.(14)**

6 y 12 AÑOS

Nivel I	Camina en la casa, la escuela y exteriores. Son capaces de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y utiliza las escaleras sin sujetarse de los pasamanos, pueden correr y saltar, pero la velocidad, equilibrio y coordinación en la actividad están limitadas.
Nivel II	Camina en la mayoría de las condiciones, puede manifestar

	<p>dificultad o perder el equilibrio al caminar grandes distancias, en terrenos irregulares, inclinados, en lugares muy concurridos, espacios pequeños o mientras cargan objetos. Los niños ascienden y descenden escaleras tomados de los pasamanos o con asistencia de un adulto. En espacios exteriores y la comunidad el niño puede caminar con dispositivos manuales auxiliares de la marcha o requerir la asistencia de un adulto o utilizar dispositivos de movilidad sobre ruedas para desplazarse en grandes distancias. Tienen una habilidad mínima para correr o saltar, necesitan adaptaciones para participar en algunas actividades o para incorporarse a deportes.</p>
<p>Nivel III</p>	<p>Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha para la mayoría de los espacios interiores.</p> <p>En sedestación, el niño puede requerir un cinturón para mejorar la alineación pélvica y el equilibrio. Los cambios de sentado-parado o parado-sentado pueden requerir la asistencia de una persona o el apoyo sobre una superficie para soporte. Para largas distancias el niño utiliza silla de ruedas. El niño puede usar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o asistencia de un adulto. Las limitaciones para caminar pueden necesitar de adaptaciones que permitan que el niño se integre a actividades físicas o</p>

	deportivas en una silla de ruedas manual o dispositivos motorizados.
Nivel IV	<p>Utiliza métodos de movilidad que requieren de la asistencia física o dispositivos motorizados en la mayoría de las situaciones.</p> <p>Requieren adaptaciones en el tronco y la pelvis para mantenerse sentados y asistencia física para las transferencias. En casa el niño se desplaza en el piso (rodando, arrastrándose o gateando), camina distancias cortas con asistencia física o dispositivos motorizados. Si se le coloca dentro de un dispositivo, es posible que el niño camine en la casa o la escuela. En la escuela y en espacios exteriores, el niño debe ser transportado en silla de ruedas o dispositivos motorizados. Las limitaciones en la movilidad requieren de grandes adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan asistencia física y dispositivos motorizados.</p>
Nivel V	Es transportado en silla de ruedas en todo tipo de situación, tienen limitaciones para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias y sobre el control del movimiento de las extremidades. La asistencia tecnológica se utiliza para mejorar la alineación de la cabeza, la posición de sentado y de bipedestación o la movilidad sin que se

	<p>compensen por completo dichas limitaciones. Las transferencias requieren asistencia física total de un adulto.</p> <p>En casa, es posible que el niño se desplace distancias cortas sobre el piso o tenga que ser transportado por un adulto. El niño puede lograr la auto-movilidad en equipos motorizados con adaptaciones extensas que mantengan la posición de sentado y faciliten el control del desplazamiento. Las limitaciones en la movilidad requieren de adaptaciones que permitan la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan la asistencia tecnológica y la asistencia física.</p>
--	--

**Tabla 4: Clasificación de la PC, entre los 6 y 12 años, según la GMFCS.(14)**

12 y 18 AÑOS

Nivel I	<p>Camina en la casa, la escuela y en exteriores. Tiene la habilidad de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y usar escaleras sin utilizar los pasamanos.</p> <p>Puede correr y saltar, pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación pueden ser limitados. Participa en actividades físicas y deportivas dependiendo de la elección personal y el medio ambiente.</p>
Nivel II	<p>Camina en la mayoría de las condiciones. Factores ambientales y personales pueden influenciar las opciones de movilidad. En la escuela o el trabajo, puede caminar</p>

	<p>utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha por seguridad. En los exteriores es posible que utilice una silla de ruedas para viajar largas distancias.</p> <p>Utiliza escaleras tomándose de los pasamanos o con asistencia física. Puede necesitar adaptaciones para incorporarse a actividades físicas o deportivas.</p>
Nivel III	<p>Capaz de caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha.</p> <p>Cuando está sentado, puede requerir de un cinturón para mejorar su equilibrio y alineación pélvica. Los cambios de sentado-parado y parado-sentado requieren asistencia física o de una superficie para llevarse a cabo.</p> <p>En la escuela, puede propulsar una silla de ruedas o un dispositivo motorizado. En exteriores tienen que ser transportados en silla de ruedas o utilizar un dispositivo motorizado. Pueden utilizar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o requerir asistencia física. Las limitaciones para caminar pueden requerir de adaptaciones para integrarse a actividades físicas o deportivas ya sea con silla de ruedas autopropulsada o movilidad motorizada.</p>
Nivel IV	<p>Utiliza silla de ruedas en la mayoría de las condiciones con adaptaciones para la alineación pélvica y el control de tronco.</p> <p>Requiere la asistencia de una o dos personas para ser</p>



	<p>transferido. Puede tolerar su peso sobre las piernas y mantenerse de pie para algunas transferencias estando de pie.</p> <p>En interiores el joven puede caminar distancias cortas con asistencia física, usar silla de ruedas o una grúa. Son capaces de manejar una silla de ruedas motorizada, si no cuentan con una tienen que ser transportados en una silla de ruedas propulsada por otra persona. Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas o deportivas que incluyan dispositivos motorizados y/o asistencia física.</p>
<p>Nivel V</p>	<p>Tiene que ser transportado en silla de ruedas propulsada por otra persona en todas las condiciones.</p> <p>Tienen limitaciones para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias y en el control del movimiento de las extremidades. Requieren de asistencia tecnológica para mantener la alineación de la cabeza, la posición sedente y bípedo y las limitaciones del movimiento no son compensadas en su totalidad con dispositivos auxiliares.</p> <p>Requieren asistencia física de 1 o 2 personas o de una grúa para las transferencias. Pueden lograr la auto-movilidad con dispositivos modificados o con grandes adaptaciones para mantenerse sedente. Las limitaciones de la movilidad requieren de asistencia física y dispositivos motorizados para</p>

	permitir la participación en actividades físicas y deportivas.
--	--

**Tabla 5: Clasificación de la PC, entre los 12 y 18 años, según la GMFCS.(14)**

## 10. Anexo 2: Búsqueda sistemática

- (("Cerebral Palsy"[Mesh] OR "Cerebral palsy, spastic, diplegic" [Supplementary Concept]) AND ("virtual reality game" OR "virtual reality therapy" OR "Virtual Reality Exposure Therapy"[Mesh]) AND ("Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapists"[Mesh]) AND ("postural control" OR "Postural Balance"[Mesh]) AND ("Gait"[Mesh] OR "Walking"[Mesh] OR "Locomotion"[Mesh]))
- (("Cerebral palsy, spastic, diplegic" [Supplementary Concept] OR "Cerebral Palsy"[Mesh]) AND ("virtual reality game" OR "virtual reality therapy" OR "Virtual Reality Exposure Therapy"[Mesh])) Sort by: Best Match Filters: Clinical Trial; Humans

## 11. Anexo 3: Test de evaluaciones

### 11.1 Test Time up and Go

El paciente debe caminar hasta un cono, que se encontrará a 3 metros (9.8 pies) de distancia, girar alrededor del cono, caminar de regreso a la silla y sentarse.

El evaluador cronometra el tiempo desde que se da la orden de partida y despega la espalda de la silla, hasta que el sujeto, tras caminar la distancia total, vuelva a sentarse y apoye su espalda contra el respaldo de la silla. Esto se repetirá 3 veces y se mantendrá el mejor tiempo. Se debe instruir a los pacientes para que usen una velocidad cómoda y segura para caminar.

El evaluado debe realizar la prueba con un calzado cómodo, estar sentado en la silla sin apoyar los brazos, éstos al lado del tronco, sin tocar los muslos, y los pies colocados detrás de la línea de partida, además si la persona requiere de uso de un dispositivo de ayuda técnica, debe realizarlo con éste, pero después de haberse puesto de pie.

En cuanto al evaluador, éste debe estar de pie a un costado de la trayectoria del paciente y seguirlo en todo momento, para así evitar una caída en la realización del test, sumado a esto debe demostrarle con anterioridad cómo se realiza éste(37,38).

#### **Indicadores:**

Menor a 10 segundos: Normal.

Entre 10 y 20 segundos: Riesgo de caída.

Mayor a 20 segundos: Alto riesgo de caída.

## 11.2 Prueba de Alcance Funcional

Propósito: La prueba de Alcance Funcional evalúa la estabilidad del paciente midiendo la distancia máxima que un individuo puede alcanzar hacia delante mientras está parado en una posición fija(39,40).

### **Instrucciones:**

- Se le indica al paciente que se ubique en posición lateral a la pared, sin tocarla, y coloque el brazo que está más cerca de ésta a 90 grados de flexión del hombro con el puño cerrado.
- El evaluador registra la posición inicial en la tercera cabeza metacarpiana en el criterio establecido.
- Se le indica al paciente que "Alcance lo más que pueda sin avanzar un paso".
- Se registra la ubicación del tercer metacarpiano.
- Las puntuaciones se determinan al evaluar que la diferencia entre la posición inicial y final es la distancia de alcance, generalmente medida en centímetros.
- Se realizan tres pruebas y se anota el promedio de las dos últimas.

### 11.3 Analizador de marcha y salto (Modelo: AMS-1)

#### Características generales.

- 2 plataformas de fuerza (PF-4000/50) de superficie 50x50 cm de cada una.
- Chasis de sobre-piso para montajes de plataformas, de dimensiones 200(L) x 80(A) x 20(H) cm, con rampas de acceso en ambos extremos.
- Software de presentación de fuerzas 3D, modalidades de cálculo para marcha, salto y centro de presión (CoP), registro e impresión de resultados.
- Incluye PC y software operativo instalado.

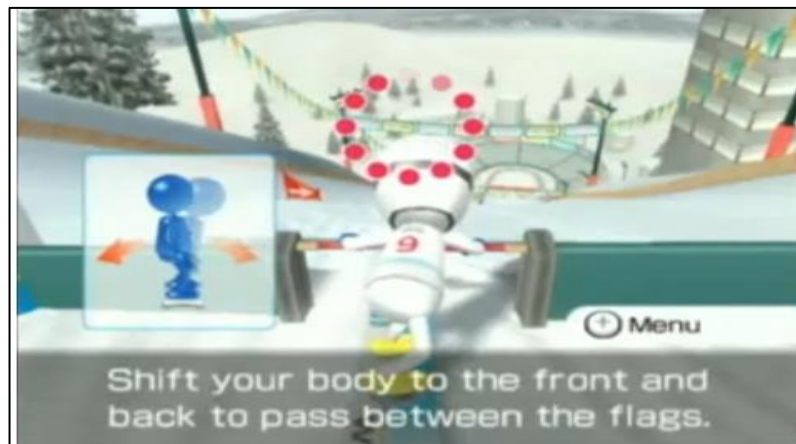


El programa operativo AMS es un software de adquisición y análisis de datos de marcha, salto y CoP, que permite la medición de fuerzas calibradas en Newtons (N) en los ejes Y, X y Z, además del desplazamiento del CoP por medición de momentos en torno a los ejes X y Z, denominados Mx y Mz, cuya representación gráfica se indica en unidades de distancia (cm). Todos los cálculos realizados se derivan de la señal eléctrica entregada por 6 sensores de fuerza (celdas de carga)

ubicados convenientemente bajo cada plataforma tipo PF-4000, donde son convenientemente amplificados y enviados hasta un módulo conversor que transmite dichas señales vía serial hasta un computador (Host), el cual ejecuta el programa operativo AMS basado en una plataforma de software(41).

## 12. Anexo 4: Características de los juegos de realidad virtual

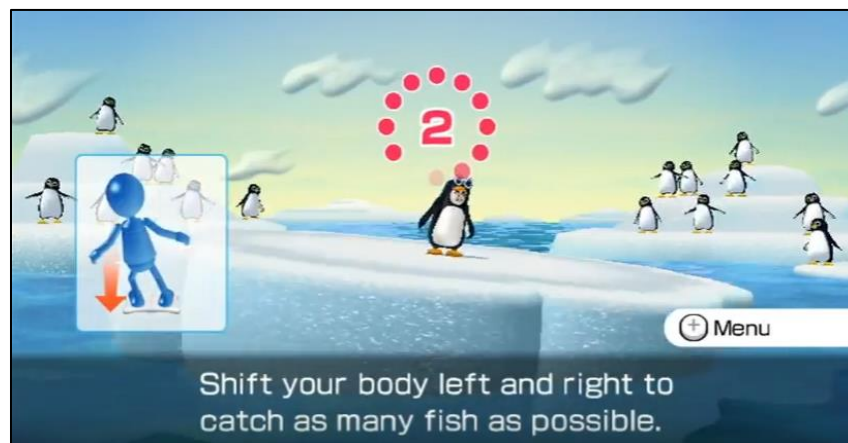
**Movimientos Antero-posteriores:** Snowboard (Plano sagital). El juego consiste en simular el deslizamiento en una tabla de snowboard colina abajo por la pista de slalom tratando de pasar siguiendo la dirección de las flechas indicadas en cada



bandera lo más rápido posible moviendo el cuerpo de adelante hacia atrás.

**Figura 1:** Juego snowboard.

**Movimientos Latero-mediales:** Penguin Slide (Plano frontal). Según las instrucciones del juego se debe mover el cuerpo rápidamente hacia la izquierda y derecha para inclinar el iceberg y alimentar a los pingüinos tratando de mantener



el equilibrio sobre la plataforma.

**Figura 2:** Juego Penguin Slide.

**Movimientos circulares:** Super Hula Hoop (Plano transversal). Tratar de balancear las caderas de lado a lado sobre la plataforma para ayudar a alinear la



pelvis, realizando movimientos circulares como se indica en la imagen.

**Figura 3:** Juego Hula Hoop.

**Mantener centrado el centro de presión:** yoga. Seguir las instrucciones dadas por el mismo juego que se proyectan en la pantalla y que se escuchan por los parlantes. Las instrucciones son las siguientes:

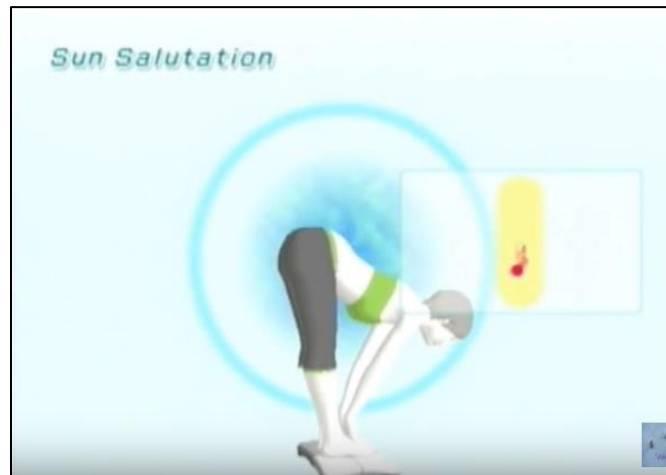
- Concéntrate en mantener el equilibrio



- Trate de mantener su centro de equilibrio en el área amarilla.

**Figura 4:** Juego Yoga.” Deep Breathing”

- A partir de la posición anterior, ampliar su alcance un poco detrás de usted
- Al exhalar, se inclina hacia adelante y toca sus dedos de los pies con ambas manos.



**Figura 5:** Juego Yoga “Sun Salutation”

- Luego extienda los brazos hacia el techo y doble las rodillas.





**Figura 6:** Juego Yoga. “Sun Salutation”



- Enderece las rodillas y lleve los brazos hacia atrás hasta la posición inicial.

**Figura 7:** Juego de Yoga “Sun Salutation”

**Mantener centrado el centro de presión con ojos cerrados:** Yoga. Continuar con las mismas instrucciones que se escuchan por los parlantes. Repetir la misma secuencia anterior, pero con ojos cerrados.

**Movimientos Latero-mediales:** Heading football (Plano frontal). El juego consiste en tratar de inclinar el cuerpo tanto hacia la izquierda como a la derecha, para dirigir las pelotas de futbol que van en dirección al jugador, aumentando la



puntuación con la partida de pelotas consecutivas.

**Figura 8:** Heading football

### 13. Anexo 5: Consentimiento y asentimiento informado.

#### Consentimiento informado

#### **“El uso del Wii Balance Board como herramienta para mejorar el equilibrio y optimizar la marcha”.**

Por medio de este documento, a usted se le entregará información de todos los aspectos, con respecto a la investigación en la que va a participar su hijo/a y/o pupilo, por favor lea, comprenda y resuelva todas las dudas que se originen a partir de la lectura con los encargados del estudio antes de que usted lo firme.

Su hijo/a y/o pupilo está siendo invitado/a, a participar de una investigación cuyo objetivo es comprobar si la realización de un programa de juegos de realidad virtual es efectiva para mejorar el equilibrio y la optimización de la marcha. La consola que se utilizará será la Nintendo Wii U y el videojuego a usar será el “Wii Balance Board”.

Este estudio constará de dos grupos, uno que solo recibirá terapia física convencional y otro que recibirá lo mismo, sólo que sumado a esto la terapia de realidad virtual ya mencionada. Su hijo/a y/o pupilo será distribuido al azar en uno de los grupos, del cual no puede cambiarse hasta finalizar el estudio. Mencionar además, que su hijo/a y/o pupilo no debe recibir otro tipo de terapia por el tiempo que dure el estudio, solo la que se le estará aplicando y de la que ya ha sido informado/a.

Su hijo/a y/o pupilo, tanto al comienzo de la investigación, al ser asignado a uno de los dos grupos, como al finalizar el estudio será evaluado a través del test Time Up and Go y Alcance Funcional que medirán su equilibrio y las mediciones de longitud del paso y velocidad de la marcha. Esta evaluación será necesaria para ver si es que existe algún cambio significativo pre y post intervención.

En el caso que su hijo/a y/o pupilo presente algún tipo de molestias o efectos adversos, se le entregará atención oportuna protegiendo su condición de salud. Por otro lado, si ocurre un accidente durante la terapia, el equipo de investigación tomará las medidas necesarias y se financiarán los posibles gastos.

El lugar físico donde se realizarán las sesiones de tratamiento será en el Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera, espacio en el cual se dispondrá de los materiales necesarios para una óptima intervención, destacar además que la participación de su hijo es totalmente voluntaria y si decide no acceder al estudio, no existirá ningún tipo de consecuencia, por lo que tiene todo el derecho de retirarse del estudio en cualquier momento.

La intervención será realizada 3 veces por semana, durante 6 semanas, es decir, por un total de 18 sesiones.

Cabe destacar que, no recibirá remuneración alguna en el proceso de investigación, sin embargo, se le devolverá un porcentaje de los pasajes, además de hacerle entrega de una colación para usted y su hijo/a y/o pupilo en los días correspondientes.

Los antecedentes personales de su hijo/a y/o pupilo como son la identificación y la condición de salud, serán absolutamente resguardados y ninguna persona externa tendrá acceso a dicha información, ni tampoco a su uso.

Si existe alguna duda sobre este documento o la investigación, ésta puede ser aclarada por los investigadores del estudio: Esteban Carrasco M., Leonela Pichuñán B., Romina Riquelme M., estudiantes de la carrera de Kinesiología de la Universidad de La Frontera. Número de contacto: +56967455441.

Asimismo: Yo \_\_\_\_\_ R.U.N. \_\_\_\_\_

Tutor legal de (nombre niño/a) \_\_\_\_\_ R.U.N. \_\_\_\_\_

Declaro haber comprendido la información recibida y autorizar voluntariamente la participación de mi hijo/a y/o pupilo en este estudio.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Firma tutor legal

Firma investigador

Fecha: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_



## Asentimiento informado

### **“El uso del Wii Balance Board como herramienta para mejorar el equilibrio y optimizar la marcha”.**

Hola, nuestros nombres son Esteban Carrasco, Leonela Pichuñán y Romina Riquelme, somos estudiantes de Kinesiología de la Universidad de La Frontera. Actualmente estamos realizando un estudio para conocer si es efectivo el uso del “Wii Balance Board” en la mejoría del equilibrio y la optimización de la marcha y para ello necesitamos que nos puedas apoyar.

Tu participación en el estudio consistiría en realizar actividades, ya sea ejercicios como lo que normalmente realizas o la ejecución de diferentes juegos sobre el “Wii Balance Board”, sumado a los ejercicios.

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando tu papá o mamá hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que, si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, o no quieres responder alguna pregunta en particular, no habrá ningún problema.

Toda la información que nos entregues y las mediciones que realicemos, nos ayudarán a concluir si es que el uso del “Wii Balance Board” es efectivo en la mejoría tanto de tu equilibrio como en tu marcha. Esta información será confidencial, esto quiere decir que no diremos a nadie tus respuestas, tus resultados ni mediciones, sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio.



Si aceptas participar, te pido que por favor, firmes o dejes tú huella dactilar, en el espacio de abajo que dice “Sí quiero participar”.

Si no quieres participar, no pongas nada.

Sí, quiero participar \_\_\_\_\_

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.

## 14. Bibliografía

1. Paolinelli C, González M. Epidemiología de la discapacidad en Chile, niños y adultos. *Rev Med Clin Condes*. 2014;2(25):177–82.
2. Instituto Teletón. Memoria Anual 2014 Teletón. Santiago, Chile; 2014.
3. Blanco M et al. Síndrome de Parálisis Cerebral. En: Enfermedades invalidantes de la infancia. 2ª ed. Santiago, Chile: Sociedad Pro Ayuda del Niño Lisiado, Teletón; 2006. p. 14.
4. Amalfi G, Corrales L. Control postural en niños con parálisis cerebral  
Postural control in children with cerebral palsy. 2007;91–8.
5. Marquez-Vazquez RE, Martínez-Castilla Y, Rolón-Lacarrière ÓG. Impacto del Programa de Terapia de Realidad Virtual sobre las evaluaciones escolares en pacientes con mielomeningocele y parálisis cerebral infantil. *Rev Mex Neurocienc*. 2011;12(1):16–26.
6. UNICEF. Estado mundial de la infancia 2013, niñas y niños con discapacidad. New York, EE.UU; 2013.
7. Kleinsteuber, K; Avaria, María de los Angeles; Varela X. Parálisis Cerebral. *Rev Pediatría Electrónica*. 2014;11(2):54–70.
8. Jones MW, Morgan E, Shelton JE, Thorogood C. Cerebral Palsy: Introduction and Diagnosis (Part I). *J Pediatr Heal Care*. mayo de 2007;21(3):146–52.

9. Kent RM. Cerebral palsy. *Handb Clin Neurol*. 2013;110:443–59.
10. Bobath K. El tratamiento de la parálisis cerebral. En: *Base neurofisiológica para el tratamiento de la parálisis cerebral*. 2ª ed. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana; 1982. p. 110–23.
11. Levitt S, Pickering D. Tratamiento de la parálisis cerebral y del retraso motor. 3ª ed. Editorial Médica Panamericana; 2013. 5-10 p.
12. Calzada C, Vidal C. Parálisis cerebral infantil : definición y clasificación a través de la historia. *Rev Mex Ortop*. 2014;16(1):6–10.
13. López J, López L. Parálisis cerebral. En: *Fisiología clínica del ejercicio*. 1ª ed. Madrid, España: Editorial médica Panamericana; 2008. p. 221.
14. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M, Walter S, Russell D, et al. GMFCS - Clasificación de la Función Motora Gruesa, Extendida y Revisada. *Ref Dev Med Child Neurol*. 1997;39:214–23.
15. Navarrete JM. La realidad virtual como arma terapéutica en rehabilitación. *Rev Rehabil Integr*. 2010;1:40–5.
16. Pintado T. Desarrollo de un sistema predictivo para productos de alta implicación, basado en variables comportamentales el mercado de las consolas de videojuegos. ESIC; 2008.
17. Levis D. ¿Qué es la realidad virtual ? Argentina; 2006.
18. Peñasco B, Reyes A, Gil-agudo Á, Bernal A, Pérez B, Peña A. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev*

- Neurol. 2010;51(8):481–8.
19. Castro P, Clará A, Fernández E. Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. 2016;57(4):365–72.
  20. Song G bin, Park E cho. Effect of virtual reality games on stroke patients' balance, gait, depression, and interpersonal relationships. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(7):2057–60.
  21. González A, Becerra R, Pérez A, Hernández M, Hernández H, Lara A. Ejercicio físico para la salud. *Rev Mex Cardiol.* 2001;12(4):168–80.
  22. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control : translating research into clinical practice.* 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2007. 612 p.
  23. Shumway Cook A. Control de la postura y del equilibrio. En: *Control Motor: Teoría y aplicaciones prácticas.* 3<sup>a</sup> ed. Baltimore, EE.UU: Williams y Wilkins; 1995. p. 101–19.
  24. Genthon N, Vuillerme N, Monnet JP, Petit C, Rougier P. Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clin Biomech.* 2007;22(9):1024–9.
  25. Agudelo AI, Briñez TJ, Guarín V, Ruiz JP. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. *CES Mov y Salud.* 2013;1(1):29–43.
  26. Daza Lesmes J. Examen de la marcha. En: *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano.* 1<sup>a</sup> ed. Bogotá: Editorial Médica

Panamericana; 2007. p. 229–302.

27. Soler C, Prat J, Lafuente R, Vera P, Hoyos J. Biomecánica de la marcha humana normal. En: Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 2005. p. 29–98.
28. Casas P, Monroy A, Vicente J, Montesinos B, Ángeles M<sup>a</sup>, Arratibel A. El Desarrollo De La Marcha Infantil Como Proceso De Aprendizaje. Acción Psicológica. 2014;11(111):45–54.
29. López J, Fernández A. Control nervioso del sistema motor. En: Fisiología del ejercicio. 3<sup>a</sup> ed. Madrid, España: Médica Panamericana; 2006. p. 65–76.
30. Hughes J, Jacobs N. Locomoción humana normal. Int Soc Prosthetics Orthot. 1978;3:101–27.
31. Talavera J, Rivas-Ruiz R. Búsqueda sistemática : cómo localizar artículos. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2012;50(1):53–8.
32. García D, San Martín P. Caracterización sociodemográfica y clínica de la población atendida en el Instituto Teletón de Santiago. Rev Chil Pediatr. 2015;86(3):161–7.
33. Hernández M, Latorre F, López S. Diseño de estudios epidemiológicos. Rev Cubana Hig Epidemiol. 2007;45(1):147.
34. García JM, Parera A, Ollé G, Bonfill X. Características y calidad metodológica de los ensayos clínicos publicados en la Revista Española de Anestesiología y Reanimación. Rev Esp Anestesiol Reanim. 2007;54:393–

- 5.
35. Arias MM. Lectura crítica en pequeñas dosis El ensayo clínico aleatorizado. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2013;15:393–6.
36. Gatica V, Cartes R, Méndez G, Guzman E, Lizama E. Effects of a Nintendo Wii exercise program on spasticity and static standing balance in spastic cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*. 2017;20(6):388–91.
37. CDC. Timed Up and Go test. 2017;15:1–32.
38. Rehabmeasures. Timed Up and Go Instructions. *Rehabmeasures*. 2014;1–3.
39. Culham W. Functional Reach Test. *Phys Rehabil outcome Meas*. 2001;16(4):156–65.
40. Rehab Measures. Functional Reach Test and Modified Functional Reach Instructions. :1–3.
41. art Oficio maquinas digitales. Analizador de marcha y salto. Modelo : AMS-1. p. 1–18.