



**Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños
con parálisis cerebral espástica**

Heyder Danilo Ortega Ordoñez

20561523525

Universidad Antonio Nariño

Faculta de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Popayán, Colombia

2021

**Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con
parálisis cerebral espástica**

Heyder Danilo Ortega Ordoñez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero biomédico

Director (A):

PhD. Cesar Augusto Quinayas Burgos

Línea de investigación

Ingeniería de rehabilitación

Universidad Antonio Nariño

Faculta de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Popayán, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Dedicatoria

A mis padres, a mi hermana por ser tan comprensiva y a mi hermano por brindarme el apoyo incondicional a pesar de todas las diferencias; a mis abuelos y mi familia por darme la fuerza para continuar.

A mi amada hermana, por estar siempre conmigo en cada ocasión, a pesar de los múltiples errores que he cometido, nunca me abandonaste, eres la mejor, esto va por ti, porque seremos grandes personas y seré un profesional integral.

A mi hermano, por todo el afecto y la comprensión conmigo, por las malas ocasiones como también por los buenos momentos que me has brindado, por ti hermano, por ser personas cada vez más preparadas y con ánimo de comernos el mundo.

A mi amada madre, quiero dedicarle mi primer escalón, porque en ella solo encuentro paz, amor, sabiduría y comprensión; por ti madre, soy lo que soy, te admiro, eres mi ejemplo a seguir y te prometo que alcanzaré todos los hitos que nos hemos propuesto, te amo madre, esto está dedicado a ti, por todo el esfuerzo y sacrificio que haces por mí.

A mi señor padre, con mucho afecto le dedico este trabajo porque ante cualquier adversidad me has enseñado que siempre hay soluciones y que los problemas se tienen que afrontar por muy complejos que sea, por enseñarme lo que es la humildad y por todo lo que me has brindado en la vida, te amo papá, gracias por todo.

A mis amados abuelos, que han sido el motor principal de mi vida, por estar ahí pendiente de mí, a ustedes que se merecen todo; su nieto va a ser un profesional muy bueno, con amor en lo que hace y buscando mejorar la calidad de vida de las demás personas.

Contenido

Lista de figuras	10
Lista de tablas	11
Introducción	3
1. Planteamiento del Problema	7
1.1. Pregunta de investigación	8
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. Justificación	10
4. Estado del Arte	12
5. Marco Teórico	17
5.1. Parálisis cerebral	17
5.1.1. Etiología y factores de riesgo.	17
5.1.2. Clasificación.	18
5.2. Clasificación Topográfica.	18
5.2.1. Hemiplejía.	19
5.2.2. Monoplejía.	19
5.3. Clasificación Clínica.	20

	7
5.3.1. Parálisis Cerebral Espástica.	20
5.3.2. Parálisis Cerebral Discinética	20
5.3.3. Parálisis Cerebral Atáxica	21
5.3.4. Parálisis Cerebral Mixta.	21
5.4. Clasificación Según el Grado de Discapacidad.	22
5.4.1. Afectación leve.	22
5.4.2. Afectación moderada.	22
5.4.3. Afectación grave.	22
5.4.4. Afectación profunda.	23
5.5. Lateralidad	23
5.5.1. Tipos de lateralidad.	24
5.6. Bases Neuropsicológicas de la Lateralidad	26
5.7. Lateralidad, Aprendizaje y Rendimiento Escolar	28
5.8. Rehabilitación Mediante Juegos Serios	30
5.8.1. Categorías Según su Objetivo Final	30
5.9. Plataforma de desarrollo.	31
5.9.1. Interfaz de Unity.	31
6. Materiales y Métodos	34
6.1. Materiales	34
6.1.1. Sistema de pulsadores	34

	8
6.1.2. Videojuego	36
6.2. Métodos	37
6.2. Protocolo de Entrenamiento	39
6.3. Protocolo para la sesión de prueba	40
6.3.1. Primera etapa.	40
6.3.2. Segunda etapa.	40
6.3.3. Tercera etapa.	41
6.3.4. Cuarta etapa.	41
7. Análisis y Resultados	43
7.1. Videojuego Funcional	47
7.1.1. Velocidad inicial.	48
7.1.2. Velocidad media.	48
7.1.3. Velocidad final.	48
7.2. Validación del Videojuego y del Sistema Aumentativo de Pulsadores	48
7.2.1. Funcionamiento del Sistema Aumentativo	49
7.2.2. Funcionamiento del Videojuego	49
7.3 Resultados Obtenidos de las Pruebas de Campo	50
7.3.1. Sesión de Prueba	51
7.3.2. Resultados del Uso de la Interface Humano-Máquina	54
7.3.3. <i>Análisis de Resultados del Uso de la Interface Humano-Máquina</i>	57

8. Conclusiones

63

Referencias Bibliográficas

64

Lista de figuras

Figura 1. Tipos de parálisis cerebral y áreas afectadas del cerebro	19
Figura 2. Asimetrías funcionales cerebrales	26
Figura 3. Logo unity	31
Figura. 4. Interfaz genera	32
Figura. 5. Conexiones del sistema aumentativo	35
Figura. 6. Interface humano-maquina experimental	35
Figura 7. Diagrama de flujo del software del videojuego	36
Figura 8. Montaje real	37
<i>Menú principal del juego.</i> 9. Menú principal del juego	43
Figura. 10. Botón Jugar	43
Figura. 11. Selección de avatar	44
Figura. 12. Monedas de colores	44
Figura. 13. Escena de juego	45
Figura. 14. Sistema aumentativo de pulsadores	45
Figura. 15. Indicadores del juego	46
Figura. 16. Lectura de los pulsadores en el ordenador	49
Figura. 17. Escena Jugar	49
Figura. 18. Final de la escena Jugar	50
Figura. 19. Escena Salir	50
Figura. 20. Desarrollo de la primera etapa	51
Figura. 21. Desarrollo de la segunda etapa	51

Figura. 22. Desarrollo de la tercera etapa en pacientes con síndrome de Down, con hidrocefalia, con parálisis cerebral	52
Figura. 23. Cuarta etapa, se evidencia el agotamiento del paciente	53
Figura. 24. Resultados paciente 1	58
Figura. 25. Resultados paciente 3	60
Figura. 26. Resultados paciente 4	62

Lista de tablas

Tabla 1. Nuevo enfoque de juegos serios en complementos lúdicos creado para terapias de rehabilitación en niños con discapacidad utilizando Kinect	12
Tabla 2. Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral.	13
Tabla 3. Utilidad de hipoterapia en la parálisis cerebral infantil	14
Tabla 4. Juego serio que facilita la rehabilitación orofacial de niños con parálisis cerebral.	15
Tabla 5. Prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil	16
Tabla 6. Factores de riesgo de la parálisis cerebral.	18
Tabla 7. Tipos de parálisis cerebral y áreas afectadas del cerebro	24
Tabla 8. Tabla de asimetrías cerebrales funcionales de los hemisferios	27
Tabla 9. Registro de pacientes de pacientes	47
Tabla 10. Resultados primera sesión	55
Tabla 11. Resultados segunda sesión	56
Tabla 12. Resultados tercera sesión	57

Resumen

Este proyecto de investigación presenta el desarrollo de una herramienta para apoyar a personas con problemas de lateralidad causada por la parálisis cerebral espástica, desarrollando un video juego en un entorno 3d, en donde se exhiben objetos a ser recolectados en un determinado tiempo y en diversas velocidades. Para esto, se hace uso de un sistema de pulsadores que comandan los movimientos de un avatar dentro del videojuego.

La tarea se realiza aplicando un protocolo que viabiliza su ejecución. En la interacción de los pacientes patológicos con la interface humano-maquina se evidencia como el paciente uno alcanza una recolección de 49, 31 y 34 monedas en la primera de las sesiones realizadas, mientras que el paciente tres alcanza una cantidad de 3, 4 y 10 monedas, y, para el caso del paciente cuatro se logra recolectar 6, 6 y 12 monedas respectivamente, en su prueba inicial.

Reportes en la literatura evidencian que los video juegos serios apoyan en la rehabilitación en campos del aprendizaje, confirmando que una interface humano-maquina es una herramienta innovadora en este proceso.

Palabras clave: Parálisis cerebral, herramienta de aprendizaje, interfaz de ayuda, interfaz de aprendizaje.

Abstract

This research project presents the development of a tool to support people with laterality problems caused by spastic cerebral palsy, developing a video game in a 3d environment, where objects to be collected are displayed at a certain time and at different speeds. For this, a push-button system is used that command the movements of an avatar within the video game.

The task is carried out by applying a protocol that enables its execution. In the interaction of pathological patients with the human-machine interface, it is evident that patient one reaches a collection of 49, 31 and 34 coins in the first of the sessions carried out, while patient three reaches a number of 3, 4 and 10 coins, and, in the case of patient four, it is possible to collect 6, 6 and 12 coins respectively, in their initial test.

Reports in the literature show that serious video games support rehabilitation in learning fields, confirming that a human-machine interface is an innovative tool in this process.

Keywords: Cerebral palsy, learning tool, help interface, learning interface.

Introducción

Según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades en niños, la parálisis cerebral es una de las principales patologías multicausal que provoca un desarrollo anormal o daño en el cerebro; pudiendo presentarse antes del nacimiento, durante el nacimiento o en los primeros meses de vida del niño. Dentro de los tipos de afectaciones que puede generar en el infante se encuentran: discapacidad intelectual, déficit de atención, problemas para ejecutar un movimiento, dificultad con el equilibrio, mala postura, entre otras, siendo posible evidenciarlas desde muy temprana edad. Cabe resaltar que, según las zonas del cerebro comprometidas, la parálisis cerebral retrasa el aprendizaje, incide en la capacidad de una persona para controlar los músculos, provoca cambios en la columna o articulaciones, así como problemas visuales, auditivos o del lenguaje.

Es evidente que el enfoque terapéutico de la población infantil con parálisis cerebral requiere de un equipo de profesionales que contribuyan a mejorar su condición de vida y en este punto, la tecnología juega un papel importante en el entrenamiento y rehabilitación del paciente.

Es decir, ir más allá de la utilización de un dispositivo que compensa los desequilibrios musculares, mejore la postura, le permita caminar o aumentar su capacidad para moverse de forma independiente, como también le brinde la capacidad de interactuar con el mundo que lo rodea.

En este sentido, los juegos serios son diseñados con un propósito principal distinto al de diversión o entretenimiento, son basados en teorías modernas de aprendizaje que recomiendan que sea más activo, experimental, situado y basado en problemas, de forma que aumente la eficacia de

la rehabilitación, potenciando un alto aprendizaje de habilidades, destrezas y procesos cognitivos que ayuden a mejorar la calidad de vida del paciente con parálisis cerebral infantil (PCI)¹.

Un ejemplo de esta práctica se sitúa en Europa donde se financió el proyecto *Gamification for a better life* (GABLE), el cual creó juegos serios personalizados para ayudar a pacientes afectados con este trastorno neurológico buscando mantener y mejorar su control motor. El estudio demostró que el sistema GABLE contribuye a mejorar el equilibrio en los usuarios. Se destaca que el manejo y el tratamiento de personas con parálisis cerebral es una tarea compleja y multidisciplinar, como también que la terapia para ayudar a los pacientes a desarrollar habilidades motoras y socializar suele ser costosa, es poco asequible para muchas familias. El proyecto GABLE buscó cerrar la brecha entre el juego y la terapia, ayudando a los pacientes con parálisis cerebral (PC) que presentan un nivel más bajo de discapacidad a desarrollar habilidades sociales y motoras².

Posteriormente, buscando que la rehabilitación en pacientes con PC, especialmente niños, fuera más entretenida, se desarrolló *Circus Therapy Game*, un videojuego terapéutico, en el que participaron tanto especialistas como fisioterapeutas con experiencia en procesos de rehabilitación neurológica. Para su desarrollo, se utilizaron patrones de movimiento para el videojuego, adaptado al rango de la movilidad del paciente. Los juegos diseñados permiten desafiar el repertorio motor del infante con el fin de mejorar su equilibrio y estabilidad, habilidades motoras globales y analíticas, motivación en el proceso de tratamiento y mejora de la autoestima personal³.

¹ Lozano-Rojas, H. D. (n.d.). Implementación de un juego serio multiplataforma para el desarrollo de las operaciones cognitivas en niños de 6 a 8 años. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15292/> (Lozano & Rojas, 2017)

² CORDIS. (2016). GABLE Project. de <https://cordis.europa.eu/article/id/415942-serious-gaming-helps-people-with-cerebral-palsy/es>

³ RhbNeuromad. (2017). "Circus Therapy Game": videojuego terapéutico para niños con Parálisis Cerebral. de <https://rhnneuromad.com/2017/02/03/circus-therapy-game-videojuego-terapeutico-para-ninos-con-paralisis-cerebral/>

En consecuencia, el uso de juegos serios en rehabilitación de pacientes con parálisis cerebral demuestra cambios positivos. Sin embargo, se resalta la importancia de un diagnóstico temprano, que acompañado de un tratamiento y terapia contribuya a mejorar el potencial en las áreas cognitivas comunicativas, físicas, y socio emocionales para la inclusión social de los pacientes. Aunque el abordaje clínico es variado también está relacionado con su clasificación topográfica, además que la parálisis cerebral requiere un apoyo interdisciplinario debido a las diversas dimensiones en el desarrollo que pudieron ser afectadas.

Existen diferentes planes de manejo, siendo que un plan de manejo integral debe incluir lo siguiente⁴ :

- Fisioterapia: Para fomentar la marcha y el modo de hacerlo, estirar los músculos espásticos para así evitar alguna deformidad.
- Terapia ocupacional: Desarrollar técnicas compensatorias para las actividades cotidianas como vestirse, ir a la escuela y participar en las actividades.
- Terapia de lenguaje: Hacer frente a las dificultades del lenguaje y otras barreras de comunicación.
- Terapia de conducta y asesoramiento: para enfrentar las necesidades emocionales, psicológicas y para ayudar a los niños a afrontar las discapacidades mentales.
- Medicamentos: Para controlar las convulsiones, relaje los espasmos musculares y alivie el dolor.
- Cirugía: Para corregir anomalías anatómicas.
- Aparatos y otros dispositivos ortóticos: Para compensar los desequilibrios musculares, mejorar la postura y la marcha, y aumentar la movilidad independiente.

⁴ Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). Guía de Práctica Clínica: Abordaje y manejo de la parálisis cerebral. de <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUÍA-PARÁLISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

Es en este punto donde la *interface humano-máquina para el apoyo del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica* representa una contribución significativa para mejorar la adquisición y el procesamiento de información mediante el uso de una relación de causa y efecto, siendo esta una de las nociones básicas del aprendizaje en la primera infancia a través de Estímulos-Refuerzos, así mismo, busca estimular el desarrollo funcional y del conocimiento en los pacientes.

1. Planteamiento del Problema

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un conjunto de trastornos que afectan la capacidad de una persona para moverse, mantener el equilibrio y la postura⁵. Existen diferentes formas de parálisis cerebral, según la Asociación Española de Pediatría, la forma más común de discapacidad motora en los niños es la parálisis cerebral espástica⁶.

La tasa de parálisis cerebral infantil, según los informes, se ha mantenido estable durante los últimos 10 años, afectando a 2,1 niños por cada 1.000 nacidos vivos con cifras similares en Europa, Estados Unidos, Australia y Asia⁷. La parálisis cerebral espástica es una de las formas más comunes del trastorno, los pacientes experimentan rigidez muscular, provocando movimientos abruptos o repetitivos, usualmente comprometiendo un solo lado del cuerpo, afectando principalmente a la mano, el brazo y la pierna

Los problemas de lateralidad pueden generar dificultades de aprendizaje en la lectura, la escritura, las matemáticas, el lenguaje, la audición, la habilidad manual, la movilidad, problemas que en conjunto afectan la socialización, comunicación y habilidades socioemocionales, incluso pueden generar ansiedad y depresión⁸.

Existen diversas pruebas para diagnosticar la parálisis cerebral que se pueden realizar bajo sospecha clínica, además de estudios de imágenes como la tomografía axial computarizada y la

⁵ Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC. (2020). ¿Qué es la parálisis cerebral infantil? de CDC: <https://www.cdc.gov/ncbddd/cp/facts.html>.

⁶ Póo Argüelles, P. (2008). Parálisis cerebral infantil. Tabla II. Formas clínicas de parálisis cerebral, Servicio de Neurología. Hospital Sant Joan de Dèu, Barcelona. de <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/36-pci.pdf>

⁷ Reyes Contreras, G., Parodi Carvajal, A., & Ibarra, D. B. (2006). Factores de riesgo en niños con parálisis cerebral infantil en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México. *Rehabilitación*, 40(1), 14-19. doi:[https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(06\)74848-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(06)74848-4)

⁸ Martínez Cilveti, M. (2020). Lateralidad y dificultades lectoescritoras. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional de la Rioja].

resonancia magnética cerebral. En términos de tratamiento, este se enfoca en la rehabilitación a través de fisioterapia e intervenciones quirúrgicas caso sea necesario, tal como la Rizotomía Dorsal Selectiva, la cual consiste en que el especialista cuidadosamente intenta identificar y probar los nervios sensoriales en la médula espinal inferior para comprobar cuales están fallando y causando espasticidad.

Adicionalmente a lo anterior, actualmente, se mantiene el sistema de enseñanza tradicional, el cual es aún conductista. Por otra parte, los juegos serios son diseñados con un propósito formativo más que para fines de entretenimiento, son especialmente eficaces para el aprendizaje de habilidades concretas.

Los problemas mencionados anteriormente llevan a la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo a partir de un entorno 3D se puede ayudar a desarrollar la lateralidad en niños con parálisis cerebral hemiplejía espástica?

1.1.Pregunta de investigación

¿Cómo a partir de un entorno 3D se puede ayudar a desarrollar la lateralidad en niños con parálisis cerebral hemiplejía espástica?

2. Objetivos

2.1.Objetivo General

Implementar una interfaz humano-máquina para desarrollar el sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica a través de entornos virtuales en Unity 3D.

2.2.Objetivos Específicos

- Diseñar un video juego en Unity 3D basado en la recolección de objetos a la derecha e izquierda que permitan comunicarse vía serial con la interface humano-máquina para controlar un avatar a partir de criterios de diseño obtenidos desde la revisión bibliográfica.
- Implementar un protocolo para el desarrollo de la terapia asesorado por el fisioterapeuta que permita la adherencia al videojuego a través de la interface humano-máquina.
- Validar el funcionamiento del videojuego y la terapia, realizando pruebas con pacientes sanos para medir el número de objetos recolectados y el tiempo empleado en diferentes sesiones.

3. Justificación

El presente proyecto de investigación busca apoyar el sentido de lateralidad en pacientes con Parálisis cerebral infantil, que incluye un grupo de trastornos del desarrollo y motores, que afectan su postura, provocando limitaciones en diversas actividades, incidiendo principalmente en el nivel de percepción, la cognición, la comunicación y su comportamiento.

En un futuro afecta el sentido de lateralidad, puede generar diversos problemas de atención, dificultades en el aprendizaje y la comunicación.

Dentro del campo de la ingeniería de rehabilitación, se aborda el tema de necesidades especiales, donde se encuentran diversas tecnologías, las cuales reportan gran demanda en la actualidad, ya que logran mejorar la calidad de vida de los pacientes, en diversos campos como es la comunicación, el aprendizaje, con el fin de que ellos puedan interactuar con el entorno de una manera autónoma.

Por tanto, se considera que videojuegos, aplicaciones móviles o plataformas interactivas, son herramientas que representan un papel fundamental en diversos campos del aprendizaje, ya que por medio de la interacción didáctica con estos entornos 3D se puede observar y analizar el desempeño de los niños en su rehabilitación de forma lúdica. En el ámbito educativo y de adquisición de información, los juegos serios se convierten en una técnica innovadora que permite una interacción didáctica cuyo objetivo específico es educar al usuario.

La creación de una interface Humano-Máquina incorpora a diferentes profesionales, entre ellos los ingenieros biomédicos orientados por terapeutas en criterios de diseño del video juego para apoyar el sentido de lateralidad en paciente con parálisis cerebral espástica

Además, el videojuego permite hacer un seguimiento sobre el progreso del usuario cuando se monitorea el número de objetos recolectados en direcciones opuestas, de acuerdo a la velocidad exigida, está diseñado para pacientes que tengan un daño cerebral leve, ya que es compleja la interacción si no logra comprender y realizar la acción solicitada, debido a las circunstancias solo se lograron realizar pruebas en pacientes con alguna disfuncionalidad leve.

4. Estado del Arte

A continuación, se realiza una descripción bibliográfica de los trabajos relacionados, acompañada de material muy útil para el desarrollo de este estudio:

Tabla 1.

Nuevo enfoque de juegos serios en complementos lúdicos creado para terapias de rehabilitación en niños con discapacidad utilizando Kinect

Año	2018
País/Ciudad	Cuenca /Ecuador
Resumen	Estudio de la rehabilitación en niños con discapacidad mediante el uso de herramientas interactivas creadas con Kinect para la aplicación de terapias en el Área de Neurodesarrollo. Las áreas que convergen educación especial, estimulación temprana, terapia del lenguaje, fisioterapia y terapia ocupacional. El desarrollo de juegos serios constituye herramientas que rompen esquemas de un proceso terapéutico lineal, ya que involucran el conocimiento del profesional con la interacción de “aprender jugando”, logrando así los objetivos deseados en terapia.
Aportes	Aplicación de juegos serios para mejorar el proceso de desarrollo y optimización de las habilidades sensoriomotoras del paciente en comparación con una terapia tradicional.
Brechas	Permite tener un nuevo enfoque respecto a los juegos serios que son usados para el aprendizaje del niño.

Nota: Adaptado de (Perez Muñoz, Ingavelez Guerra, & Robles Bykbaev, 2018)

Tabla 2.

Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral.

Año	2015
País/Ciudad	Cauca /Colombia
Resumen	El estudio se realiza con el objetivo de verificar si puede darse una recuperación o un tratamiento fisioterapéutico con el accesorio Wii Balance Board y el juego Fit Plus de la compañía Nintendo Company Limited en dos pacientes que presentan PCI de tipo hemiparesia espástica , donde se analizaron los cambios posturales estáticos de cada paciente antes y después de la intervención del software usando el Wii Balance Board en el que se analizan las vistas anterior, posterior, lateral del lado hemiparético y del lado sano del sujeto , se analiza el centro de gravedad con base en los planos: sagital y frontal. Se realizaron 20 sesiones y se nota mejoría en la corrección de las alteraciones posturales.
Aportes	Actualmente no existen estudios relacionados con la rehabilitación neurológica, basados en el tratamiento de los cambios posturales utilizando la Nintendo Wii.
Brechas	La aplicación del juego Wii en fisioterapia será una alternativa de rehabilitación muy usada en el futuro ya que permite un entorno el cual facilita las terapias convencionales y será una rehabilitación más didáctica.

Nota: Adaptado de (Córdoba Castillo, Gómez Lozano, Tello Fernández, & Tovar Ruiz, 2015)

Tabla 3.*Utilidad de hipoterapia en la parálisis cerebral infantil*

Año	2017
País/Ciudad	México
Resumen	La fisioterapia del caballo se conoce con diferentes términos: equinoterapia, hipoterapia, equitación terapéutica, monta terapéutica, entre otros. Se han realizado pruebas en pacientes con PCI, autismo, artritis, esclerosis múltiple y traumatismo craneoencefálico. Los efectos terapéuticos de la hipoterapia se observan en el control de la postura, marcha, relajación muscular, así como en aspectos cognitivos, sociales y emocionales. El estudio sustenta el beneficio de dicha terapia.
Aportes	Los dos principios básicos de la equinoterapia son: la transferencia de calor corporal entre el caballo y el paciente, que relaja los músculos espásticos, estimula las sensaciones táctiles y aumenta el flujo sanguíneo. La transmisión de impulsos rítmicos desde el lomo del caballo al cuerpo del jinete, con el movimiento de la marcha, estimulará la cintura pélvica del paciente, que realiza un movimiento de balanceo entregado con impulsos en la columna. creando respuestas equilibradas y un tronco recto.
Brechas	Hasta ahora, se ha demostrado que es eficaz para mejorar la postura, el equilibrio o el tono muscular en pacientes con PCI.

Nota: Adaptado de (Pineda Leguízamo & Villasís-Keever, 2017)

Tabla 4.

Juego serio que facilita la rehabilitación orofacial de niños con parálisis cerebral.

Año	2018
País/Ciudad	España/Madrid
Resumen	En este proyecto, pretende aprovechar los avances tecnológicos, donde se utilizarán sensores de captura para distinguir puntos en el rostro, facilitando el trabajo terapéutico y la rehabilitación muscular orofacial en niños con parálisis cerebral, desarrollando para ello un video juego serio llamado <i>Smiling Kingdom</i> .
Aportes	Permite la rehabilitación de músculos orofaciales de niños con PCI, sin la presencia permanente de un profesional de apoyo, que puede ser un fisioterapeuta o terapeuta ocupacional, donde el paciente realiza ejercicios en el entorno del juego, creado para tal fin.
Brechas	El principal objetivo de los videojuegos serios es ayudar a los niños a prestar atención para que puedan captar los movimientos de la cara y realizar terapia o rehabilitación orofacial de manera más eficiente. el juego está formado por diferentes pruebas como levantar las cejas, soplar, dar un beso, guiñar un ojo y sonreír.

Nota: Adaptado de (Savchuk Strutynskiy, 2018)

Tabla 5.*Prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil*

Año	2019
País/Ciudad	Venezuela
Resumen	Evidencia epidemiológica de la parálisis cerebral infantil en Latinoamérica.
Aportes	<ol style="list-style-type: none"> 1. (2009-2012) Prevalencia de 0.31 casos de PCI por 1.000NV. Según la etiología, 54.1% tenía factores de riesgo perinatales, 26.2% antes del nacimiento, 15.3% después del nacimiento, 4.4% no fueron precisados. 2. (2010-2011) Expone que, el 83% tiene PCI espástica y el 17% PCI atáxica, es más frecuente en el género masculino con un 58% de los casos. 3. (2014-2015) 84.7% presentó PCI espástica, 6.9% discinética, 2.8% hipotónica y 1.4% mixta. El 7% refirió neuro infección en el periodo postnatal, 4.2% padeció kernicterus y el 80% presentaba al menos una comorbilidad médica o neuropsiquiátrica.
Brechas	Las características clínicas varían dependiendo del sustrato neurológico afectado y la etiología, pero la valoración por medio de las escalas de clasificación funcional es importante en el manejo de la enfermedad ya que permiten de una manera consistente, sencilla y precisa la evaluación y seguimiento de los pacientes.

Nota: Adaptado de (Espinoza Diaz, y otros, 2019)

5. Marco Teórico

5.1. Parálisis cerebral

Definición. Actualmente La parálisis cerebral (PC) puede considerarse como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura que limitan la actividad, que se atribuyen a una invasión no progresiva del cerebro en desarrollo, durante el período neoplásico del embarazo o los primeros años⁹.

Describe un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, que causan limitación de la actividad, se atribuyen a las alteraciones no progresivas producidas en el cerebro del feto. Los trastornos del movimiento de la parálisis cerebral aparecen durante la infancia temprana, los cuales se acompañan de muchos cambios, como en la sensación, la percepción, la cognición, la comunicación, el comportamiento y por problemas musculoesqueléticos secundarios.

5.1.1. Etiología y factores de riesgo.

Existen diferentes factores los cuales intervienen en la génesis del trastorno y se han agrupado en tres categorías según el momento de presentación.

⁹ Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC. (2020). ¿Qué es la parálisis cerebral infantil? From CDC: <https://www.cdc.gov/ncbddd/cp/facts.html>.

Tabla 6.*Factores de riesgo de la parálisis cerebral.*

Prenatal	Perinatal	Postnatal
Factores maternos.	Prematuridad, bajo peso	Infecciones (meningitis, encefalitis)
Alteraciones la coagulación, enfermedades autoinmunes, HTA,	Fiebre materna durante el parto,	Traumatismo craneal
Infección intrauterina. Traumatismo,	Hipoglucemia mantenida,	Estatus convulsivo
sustancias tóxicas, disfunción tiroidea.	hiperbilirrubinemia	Parada cardio-respiratoria
Cambios placentarios.	Hemorragia intracraneal	Intoxicación
Trombosis materna, trombosis fetal.	Encefalopatía hipóxico-isquémica	Deshidratación severa.
Cambios vasculares crónicos. Infección.	Traumatismo, cirugía cardíaca,	
Embarazo múltiple.	ECMO.	
Retraso crecimiento intrauterino.		
Malformaciones.		

5.1.2. Clasificación.

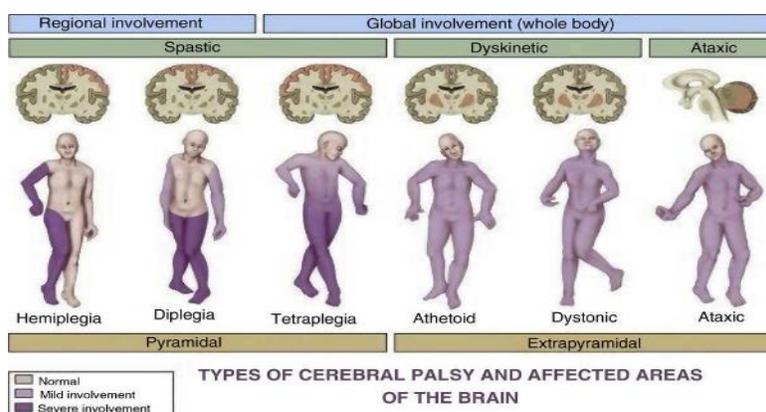
Existen diversas formas para la clasificación de la PC, sin embargo, es más fácil utilizar dos clasificaciones, una basada en la distribución de extremidades afectadas y por otra parte la presentación clínica.

5.2. Clasificación Topográfica.

Se realiza de acuerdo con la extensión de la lesión y permite determinar las áreas afectadas del cerebro, se puede nombrar como plejía o paresia para significar paralizado o débil, respectivamente.

Figura 1.

Tipos de parálisis cerebral y áreas afectadas del cerebro



Fuente: (Peláez Cantero, Moreno Medinilla, Cordon Martínez, & Silvia Gallego Gutiérrez, 2021)

5.2.1. Hemiplejia.

La participación está limitada a un hemicuerpo. Los cambios motores suelen ser más pronunciados en las extremidades superiores.

5.2.2. Monoplejía.

Implica la afectación de una extremidad, pero, del mismo modo que la triplejía, no se presenta de manera pura, de tal manera que puede afectar con menor intensidad otros miembros del cuerpo

5.2.3. Diplejía.

Daño de extremidades como los brazos o piernas independientemente.

5.2.4. Triplejía.

Señala el daño de 3 miembros.

5.2.5. Tetraplejía:

Indica un daño severo en donde se ve incluido el tronco y las 4 extremidades.

5.3. Clasificación Clínica.

5.3.1. Parálisis Cerebral Espástica.

El tipo más común, corresponde al 70% de los casos. Es causado por una lesión de la vía piramidal y se logra identificar por:

- Hiperreflexia: Reflejos patológicos, aumento del reflejo miotático. Persistencia de reflejos primitivos.
- Hipertonía: Tono muscular excesivo.
- Contracturas y deformidades: condicionados por la activación de determinados grupos musculares.
- Extremidades pélvicas en tijera: afecta los miembros inferiores haciendo que las piernas se doblen llegando a cruzarse y tener apariencia de unas tijeras.
- Disminución del movimiento: tiende a tener movimientos tiesos, lentos con poca coordinación.

5.3.2. Parálisis Cerebral Discinética

Lesión de los ganglios basales y sus conexiones con la corteza prefrontal y premotora. 10 a 20% de los pacientes se caracteriza por:

- Movimientos involuntarios, son movimientos anormales que ocurren la mayor parte del tiempo.
- Movimientos contorsionistas, presentados en la cara, lengua, acompañado de gestos, muecas y babeo.
- Tono muscular variable
- Persistencia de reflejos primitivos y exagerados.

- Posturas anormales
- Falta de equilibrio.
- La coreoatetosis es la forma más frecuente.
- El daño en la audición es mayor al 40% y por tanto afecta el desarrollo del lenguaje

5.3.3. Parálisis Cerebral Atáxica

Es una lesión cerebral, la cual se caracteriza por ser poco común 5 a 10 %. Los pacientes se identifican por:

- Disminución del tono muscular
- Diferencia en la longitud de extremidades
- Movimientos seudorítmicos.
- Mal control del equilibrio.
- Trastornos en la marcha.

5.3.4. Parálisis Cerebral Mixta.

La existencia de varios tipos de alteración motora es frecuente, pero en general, se denominan en función del trastorno motor predominante. La combinación más común incluye espasticidad y movimientos atetoides, pero otras combinaciones son posibles¹⁰.

¹⁰ Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC. (2020). ¿Qué es la parálisis cerebral infantil? de CDC: <https://www.cdc.gov/ncbddd/cp/facts.html>.

5.4. Clasificación Según el Grado de Discapacidad.

5.4.1. Afectación leve.

Las limitaciones funcionales solo son evidentes en actividades motoras más avanzadas como correr, saltar, escribir, etc. Estos niños a menudo necesitan más tiempo para aprender y realizar estas actividades.

5.4.2. Afectación moderada.

Los cambios sensorio-motores producen limitaciones funcionales en la marcha, sedestación, cambios posturales, manipulación y lenguaje. Necesitan ajustes ambientales y apoyo físico para poder participar en sus actividades apropiadas para su edad¹¹.

5.4.3. Afectación grave.

La discapacidad limita la independencia del niño en la vida diaria, debido a cambios en el control del equilibrio e incapacidad para usar las manos en las actividades diarias, dificultad para participar en las actividades familiares debido a la falta de aptitudes comunicativas. La calidad de vida de estos niños y sus familias puede verse afectada drásticamente. Los niños dependen de dispositivos de adaptación, ayudas para la movilidad y ayudas personales para controlar la postura y el movimiento¹².

¹¹ Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). Guía de Práctica Clínica: Abordaje y manejo de la parálisis cerebral. de <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUÍA-PARÁLISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

¹² Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). Guía de Práctica Clínica: Abordaje y manejo de la parálisis cerebral. de <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUÍA-PARÁLISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

5.4.4. *Afectación profunda.*

Movilidad reducida, incluso para las funciones motoras básicas, como cambiar de posición, sedestación, independencia, y es necesario asistencia personal, para realizar actividades básicas como ir al baño o comer. No pueden utilizar la comunicación alternativa. Necesitan asistencia personal, materiales adecuados y equipo especial para todas las actividades de la vida diaria. Este grado de afectación se relaciona directamente déficits importantes como cognitivos, visuales y de lenguaje¹³.

5.5. Lateralidad

La lateralidad es la preferencia respecto a la utilidad de un lado del cuerpo frente al otro. El eje corporal divide el cuerpo en dos partes semejantes, el ser humano cuenta con hemisferios (izquierdo y derecho) situados en el cerebro. En general, cada hemisferio del cerebro es responsable de una función y del lado opuesto del cuerpo¹⁴.

Continuando con el estudio autores como (Córdoba Castillo, Gómez Lozano, Tello Fernández, & Tovar Ruiz, 2015), Afirma que, debido a la distribución asimétrica de la función cerebral, también existen diferencias en la organización sensorial y motora, lo que hace que los hemisferios cerebrales sean más competentes para realizar determinadas actividades y representa que a nivel sensorio motriz existan diferencias funcionales del lado referente con respecto al otro (Saldarriaga Tamayo, 2017)^{15 16}.

¹³ Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). Guía de Práctica Clínica: Abordaje y manejo de la parálisis cerebral. de <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUÍA-PARÁLISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

¹⁴ Alcaraz Fernandez, M. (2018). Intervención en trastornos de lateralidad y dificultades lectoescriptoras. [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. de <https://docplayer.es/209675965-Trabajo-final-de-grado.html>

¹⁵ Córdoba Castillo, L. F., Gómez Lozano, V. C., Tello Fernández, L. K., & Tovar Ruiz, L. Á. (2015). Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Estudio de caso. *Ciencias de la salud*, 13(2), 147-163. doi:<https://doi.org/10.12804/revsalud13.02.2015.02>

¹⁶ Saldarriaga Tamayo, P. A. (2017). Definición de la lateralidad, movimientos sacádicos y rendimiento escolar en lengua castellana. [Tesis de maestría, Universidad Internacional de la Rioja].

Posteriormente, (Brotons, 2010) afirmaron que la lateralidad es una función muy compleja implica un principio de organización de la información aferente y la respuesta motora, no se reduce solo al grado de preferencia sensorial o motora de cada lado del cuerpo. Si todos estos indicadores están en el mismo lado del cuerpo, se dice que la lateralidad es homogénea o bien definida. Sí ocurre lo contrario, se puede considerar que presenta una alteración. El hemisferio que organiza la información depende de si es zurdo o diestro¹⁷.

5.5.1. Tipos de lateralidad.

(Martín Lobo M. P. 2012) clasificó los diferentes tipos de lateralidad que presentan los pacientes, esta clasificación se presenta en la Tabla 7¹⁸.

Tabla 7.

Tipos de parálisis cerebral y áreas afectadas del cerebro

Diestro	Describe a una persona que normalmente usa su lado derecho. El hemisferio izquierdo, organiza la información relacionada y la respuesta motora.
Zurdo	Es aquella paciente que usa el lado izquierdo con mayor preferencia. La organización de la información y respuesta motora están a cargo del hemisferio derecho.
Zurdo contrariado	Son sujetos que dominan su lado izquierdo, pero por razones o circunstancias familiares o sociales terminan haciendo mayor uso de del lado derecho

<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4733/SALDARRIAGA%20TAMAYO%2C%20PAULA%20ANDREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹⁷ Bernabeu Brotons, E. (2010). Guía para el desarrollo Patrones de lateralización hemisférica y disociación en población normal: un estudio sobre diferencias en el procesamiento cognitivo y emocional. [Tesis Doctoral, UNED, Madrid]. From <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=27135>

¹⁸ Martín-Lobo, M. P. (2012). Universidad Internacional de la Rioja. Temas 1 al 9 de la asignatura de lateralidad. Material no publicado.

Ambidiestro	Es una persona que tiene la misma habilidad en los dos lados del cuerpo.
Lateralidad Cruzada	Cuando los indicadores de preferencia o dominio no están del mismo lado del cuerpo. Las cruces se pueden dar en cualquiera de los cuatro ítems. Por ejemplo, personas diestras en los ojos, pies y manos, pero personas zurdas en el oído; luego se dice que presenta un cruce a nivel auditivo.
Lateralidad sin definir	Se refiere a usar un lado del cuerpo o el otro sin ningún fundamento definitorio.

Nota: tomado de (Saldarriaga Tamayo, 2017) adaptado de (Martín Lobo M. P., 2012)

La información anteriormente presentada indica que refuerzan la influencia de la lateralidad en los procesos de aprendizaje, relaciona los problemas de aprendizaje con la falta de receptividad, la mala orientación y la discriminación tardía o incorrecta de derecha a izquierda. Se relaciona directamente el desempeño en lectoescritura y lateralidad.

Tener un lado bien definido permite obtener referencias corporales claras, mejor desempeño en la orientación espacial, control del mapeo corporal, integración de la información y una respuesta motora coordinada y adaptada, en resumen, según los autores (Espinoza Diaz) la parte lateral bien definida es una prueba de que el cerebro está funcionalmente bien organizado. (Saldarriaga Tamayo, 2017)¹⁹ ²⁰.

¹⁹ Espinoza Diaz, C. I., Amaguaya Maroto, G., Culqui Barrionuevo, M., Espinosa Moya, J., Silva Acosta, J., Angulo Procel, A., . . . Avilés Jaya, A. C. (2019). revalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 38(6), 778-789. de <https://www.redalyc.org/journal/559/55964142018/html/>

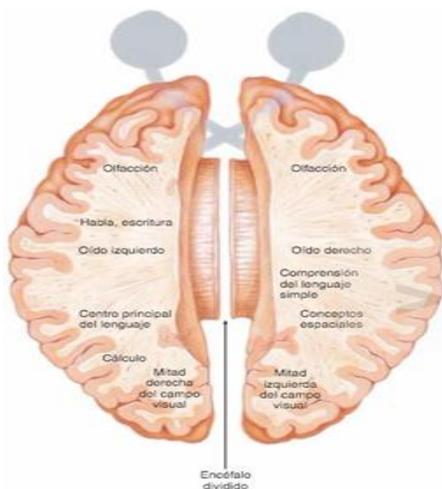
²⁰ Saldarriaga Tamayo, P. A. (2017). Definición de la lateralidad, movimientos sacádicos y rendimiento escolar en lengua castellana. [Tesis de maestría, Universidad Internacional de la Rioja]. de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4733/SALDARRIAGA%20TAMAYO%2C%20PAULA%20AN%20DREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5.6. Bases Neuropsicológicas de la Lateralidad

Es muy importante definir la base neuropsicológica para comprender cómo esta especialización funcional implica una coordinación que permite que el cuerpo humano interactúe en el entorno inmediato. Según (Espinoza Diaz). La bibliografía es muy rica, ya que desde los estudios realizados por Broca (1936) y Wernicke (1874) En cuanto a la localización del lenguaje, la neuropsicología trabaja para profundizar en el conocimiento sobre la asimetría cerebral o las diferentes funciones de los dos hemisferios. Los resultados sugieren que la lateralización hemisférica se refiere a la especialización del hemisferio izquierdo en el proceso del lenguaje, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2.

Asimetrías funcionales cerebrales



Entonces, cuando se busca la dominancia lateral, está determinada por la respuesta de los hemisferios cuando se exponen a los estímulos. y así es, porque la información que recibe el lado derecho del cuerpo se procesa en el lado opuesto del cerebro, por la intersección de las fibras del sistema nervioso.

Por esta razón, se concluyó que el hemisferio izquierdo del cerebro controla el pensamiento racional y abstracto, mientras que el derecho es más intuitivo, creativo e imaginativo. De esta forma, sepa que cada uno tiene funciones específicas.

Así lo observamos que el hemisferio izquierdo se especializa en el lenguaje, la lógica y la secuenciación de información, mientras que el derecho se encarga de las operaciones espaciales como la profundidad y la forma. En la Tabla 11 se visualizan las asimetrías de los hemisferios cerebrales propuesto por (Portellano, 2009)²¹

Tabla 8.

Tabla de asimetrías cerebrales funcionales de los hemisferios

	Hemisferio Izquierdo	Hemisferio Derecho
Denominación	Verbal	No verbal
	Lingüística	Espacial
Procesamiento	Proposicional	Aposicional
cognitivo	Digital, abstracto, lógico, racional, Analógico, intuitivo, concreto, paralelo, emocional, serial, analítico, temporal, espacial, holístico. sucesivo y fragmentario.	
Organización neural	Redes locales, funciones más localizadas.	Redes difusas, funciones más dispersas.
Lenguaje	Dominante	No dominante
	Comprensivo, expresivo, lectura, escritura.	Regula aspectos de la prosodia y de aspectos emocionales del lenguaje. Interviene en la creatividad literaria.
Percepción	Dominante	No dominante

²¹ Portellano, J. A. (2009). Cerebro izquierdo, cerebro derecho. Implicaciones neuropsicológicas de las asimetrías cerebrales en el contexto escolar. *cerebral infantil Psicología educativa*, 15 (1), 5-12.

	Esquema corporal y orientación espacial auto psíquica.	Análisis espacial, orientación espacial alopsíquica, reconocimiento de caras y mapas, procesamiento de la música, identificación somestésica.
Motricidad	Predomina en las funciones motoras simbólicas y complejas, control motor de ambas manos.	Predomina en la actividad motora gruesa y en actividades motoras que no requieren control verbal. Mímica y gestualidad facial.
Otras funciones	Razonamiento matemático, memoria verbal, expresión de emociones positivas.	Control atencional, memoria espacial, expresión de emociones negativas.

5.7. Lateralidad, Aprendizaje y Rendimiento Escolar

(Martín Lobo, Barrera, & Vergara Moragues, 2015) Considera la enorme influencia de la lateralidad en el desarrollo y el aprendizaje y, por tanto, su importancia porque dificultades en el futuro. Por su parte, (Portellano, 2009) manifestó que los trastornos de la lateralidad crean dificultades en el aprendizaje y en el rendimiento escolar y explica que el fracaso escolar presenta alteraciones de tipo neuro disfuncional y que las anatomías cerebrales son diferentes en estos pacientes^{22 23}.

Estos estudios y toda la información sobre estos procesos neuropsicológicos permiten establecer la relación entre lateralidad y rendimiento escolar.

En un estudio de 170 sujetos de 6 a 7 años, encontraron que los niños que tenían una lateralidad homogénea obtuvieron un mejor rendimiento académico en lectoescritura, matemáticas y creatividad se desempeñaron mejor académicamente en alfabetización, matemáticas y

²² Martín-Lobo, P., Barrero, M., Vergara-Moragues, E. (2015). Avances neuropsicológicos para el aprendizaje de las matemáticas en la educación infantil: La importancia de la lateralidad y los patrones motores básicos del movimiento. Rev. Emda 0-6. Educación matemática en la infancia, 4(2), 22-31.

²³ Portellano, J. A. (2009). Cerebro izquierdo, cerebro derecho. Implicaciones neuropsicológicas de las asimetrías cerebrales en el contexto escolar. Psicología educativa, 15 (1), 5-12.

creatividad, entre otros. En contraste, los niños que exhibieron cambios en su lateralidad tuvieron un desempeño más bajo²⁴.

En otro estudio realizado con 166 estudiantes entre los 8 y 9 años, observó que, de todas las variables de lectura y escritura evaluadas, los usuarios que presenten alguna alteración con su lateralidad, desempeñan una escolaridad baja respecto a los pacientes que tiene bien definida su lateralidad²⁵.

A través de la utilización de técnicas de neuroimagen y de la implementación de diversos test, encontraron que, en un grupo de 42 diestros y 40 zurdos, los que tiene una lateralidad definida izquierda presentan bajas puntuaciones en trabajos de memoria, por lo que dictamina que afecta directamente al proceso lectoescritor^{26 27}

Los autores de los diferentes estudios dan importancia a la lateralidad mal definida en niños, quienes serán propensos a tener un aprendizaje un poco más lento y en la realización de sus actividades en general. Hay múltiples factores que se relacionan con los procesos de aprendizaje, como es el lenguaje y el desarrollo espacio- temporal, los cuales se encuentran influenciados por la lateralidad, por esto se ha decidido reforzar este aprendizaje de manera didáctica mediante los juegos serios, con el fin de prevenir dificultades en el aprendizaje y posiblemente realizar algún tipo de intervención a tiempo.

²⁴ Alcaraz Fernandez, M. (2018). Intervención en trastornos de lateralidad y dificultades lectoescritoras. [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. De <https://docplayer.es/209675965-Trabajo-final-de-grado.html>

²⁵ Espinoza Diaz, C. I., Amaguaya Maroto, G., Culqui Barrionuevo, M., Espinosa Moya, J., Silva Acosta, J., Angulo Procel, A., Avilés Jaya, A. C. (2019). revalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 38(6), 778-789. From

²⁶ Franco Gallego, C., Osorio Sanchez, K., & Materon Palacios, S. (2006). Diseño y construcción de un dispositivo de comunicación alternativa aumentativa para polaciones con parálisis cerebral. [Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura].

²⁷ Abad García, I. (2013). Tratamiento fisioterápico de un caso de hemiplejía mediante el método Bobath. [Tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza].

5.8. Rehabilitación Mediante Juegos Serios

Los juegos serios también llamados juegos formativos son juegos diseñados con un propósito principal distinto al mero de entretenimiento, además, debe tener un vínculo evidente con el mundo real y virtual; El juego serio se usa a menudo para capacitar a los adultos en una variedad de temas, a pesar de ser un término relativamente nuevo ya se ha podido evidenciar el apoyo y beneficios en los campos del aprendizaje. Los juegos ayudan a adquirir conocimientos y desarrollar habilidades al exponerse a diferentes situaciones, casos o problemas. Se crea una simulación en la que el personaje se sumerge en una situación real y de esta forma el usuario interactúa con el entorno.

Los videojuegos serios están enfocados a una gran población, independientemente del género, las diferentes tecnologías permiten que su desarrollo sea en múltiples plataformas.

5.8.1. Categorías Según su Objetivo Final

1. Edutainment. Juegos educativos.
2. Advergaming. Juegos destinados a la promoción de un mercado producto.
3. Simulation. Simulación de actividades.

Los juegos serios contribuyen a la comprensión de conceptos, además, pueden servir de entretenimiento y presentar diversas simulaciones de actividades. Los juegos serios son sumamente divertidos porque permiten la práctica de conocimientos teóricos, imprescindibles para el aprendizaje del paciente. Estas habilidades juegan un papel importante en el desarrollo del aprendizaje, por esto se han convertido en una herramienta que se puede usar en cualquier población y entorno.

5.9. Plataforma de desarrollo.

El desarrollo de plataformas en el mercado es de suma importancia, ya que estas brindan servicios específicos para diseñar un videojuego. La siguiente Figura 3 presenta el logo de Unity 3D en donde se desarrolló el videojuego.

Figura 3.

Logo unity



Fuente: (Unity, 2020)

El término motor de videojuego, *game engine*, hace referencia a un software que posee una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo, es decir, de un videojuego²⁸.

En la siguiente sección se dará una explicación de la interfaz para desarrollar videojuegos interactivos.

5.9.1. Interfaz de Unity.

Esta sección proporciona un recorrido detallado de las ventanas del editor más comunes y cómo aprovecharlas al máximo. En la Figura 4 se presenta la interfaz de Unity y a continuación se explican cada uno de sus componentes.

(A) La barra de herramientas. Proporciona acceso a las funciones de trabajo más esenciales. A la izquierda contiene las herramientas básicas para manipular el Scene View y el GameObjects dentro de ella.

²⁸ Unity. (2020). Unity Documentation. From <https://docs.unity3d.com>

(B) La ventana de jerarquía. Es una representación de texto jerárquica de cada GameObject en la escena. La jerarquía revela la estructura de cómo los GameObjects se unen entre sí.

(C) La vista Juego. Simula cómo se verá el juego renderizado final a través de su Cámara de Escenas. Al hacer clic en el botón Reproducir, comienza la simulación.

(D) La vista de escena. Permite navegar y editar visualmente su escena. La vista de escena puede mostrar una perspectiva 3D o 2D, según el tipo de proyecto en el que esté trabajando.

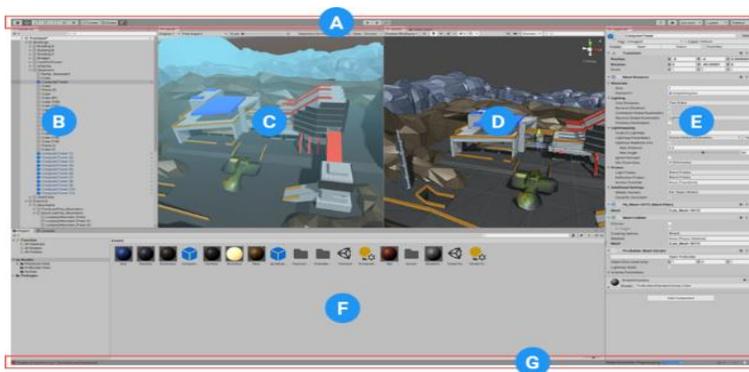
(E) La ventana del inspector. Permite ver y editar todas las propiedades del GameObject seleccionado actualmente.

(F) La ventana Proyecto. Muestra su biblioteca de Activos que están disponibles para usar en su Proyecto. Cuando importa activos a su proyecto, aparecen aquí.

(G) La barra de estado. Proporciona notificaciones sobre varios procesos de Unity y acceso rápido a herramientas y configuraciones relacionadas.

Figura. 4.

Interfaz general de Unity



Fuente: (Unity, 2020)

Asset. Es cualquier archivo creado fuera de Unity el cual puede ser integrado para ser usado dentro del juego o proyecto. Un Asset puede presentarse como un modelo 3D, un audio, una foto, un texto diferentes tipos de archivo los cuales sean compatibles con Unity

GameObject. Son entidades que podemos colocar en las escenas de Unity, cada GameObject ocupará un lugar en la jerarquía, son objetos o artículos los cuales representaran a el personaje, los obstáculos o hasta el mismo escenario.

Component. Hace referencia a las propiedades, comportamientos, posiciones y funciones de los GameObjects dentro de un juego²⁹.

²⁹ Unity. (2020). Unity Documentation. De <https://docs.unity3d.com>

6. Materiales y Métodos

Las personas con PC tienen un impacto en sus habilidades comunicativas llegando a complicar sus actividades básicas cotidianas como sociales y educativas. Buscando nuevas alternativas para el desarrollo del aprendizaje de personas con necesidades especiales, se inició la investigación con ayuda de un profesional de la salud que sirve como guía en el abordaje del paciente y así evaluar el sentido de la lateralidad mediante un sistema de pulsadores.

El accionamiento de los pulsadores permite el movimiento de las extremidades superiores del paciente, desarrollando motricidad en sus manos, ayuda al proceso cognitivo al momento de tomar decisiones, genera agilidad mental y apoya la lateralidad según lo indica el fisioterapeuta.

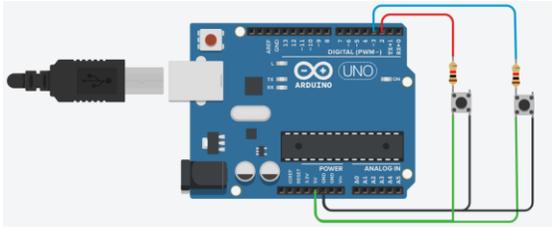
Normalmente, el tiempo de terapia para pacientes con PC es de 30 minutos. Dado que algunos de ellos, presentan déficit de atención. Entonces llega un cierto límite de tiempo en que se "aburren" de hacer lo mismo y ya no se concentran.

Sin embargo, por el hecho de ser tecnología, les llama más la atención y pueda que logren estar más tiempo frente a una pantalla o aún más, un videojuego. Es indicado iniciar con tiempos de 10 a 20 minutos y ver como se adaptan o reaccionan.

6.1. Materiales

6.1.1. Sistema de pulsadores

Está compuesto por dos botones en conexión con Arduino como se muestra en la Figura 5.

Figura. 5.*Conexiones del sistema aumentativo*

Su activación genera un carácter, el cual es almacenado y enviado por Arduino a la computadora mediante el puerto serial como se presenta en la Figura 6.

Figura. 6.*Interfaz humano-maquina experimental*

El ordenador es encargado de interpretar los caracteres dentro del entorno 3d, los cuales están relacionados con el movimiento del personaje principal en videojuego desarrollado en Unity.

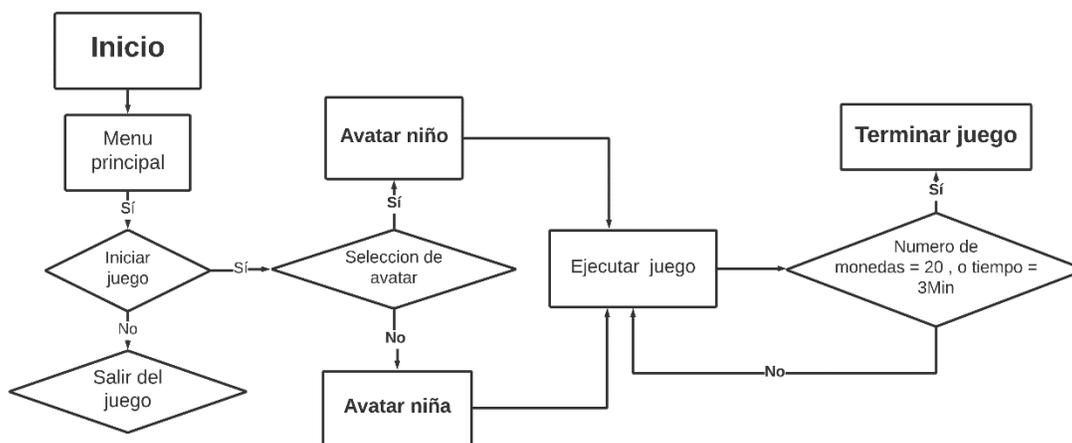
6.1.2. Videojuego

La información se adquiere por medio del estado de los pulsadores, ya sea activo (1) o inactivo(0), estos datos son almacenados en Arduino con la variable “Izquierda” o “Derecha” , los cuales por medio de una conexión serial como se muestra en la Figura 6, son recepcionadas por el ordenador, haciendo uso del Visual Studio, llamamos las variables anteriormente guardadas para ser relacionadas directamente con la dirección de movimiento del personaje principal, el cual se encuentra inmerso dentro del entorno 3d creado en Unity.

Con respecto al videojuego se describe el funcionamiento en la Figura 8. Da inicio al menú principal el cual presenta dos opciones: Iniciar juego o Salir de juego; si seleccionamos iniciar juego, pasará a la siguiente escena donde se elige el avatar según su género; independientemente del personaje seleccionado el juego comienza, al recolectar 35 monedas o llegar a un tiempo de tres minutos el juego para y te indica el puntaje.

Figura 7.

Diagrama de flujo del software del videojuego

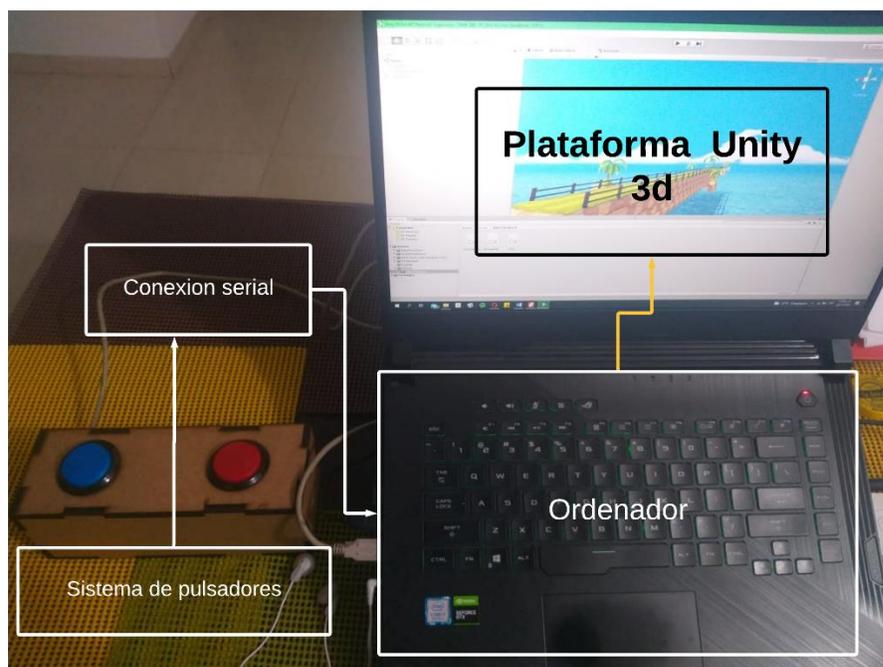


Posterior al funcionamiento del video juego se presenta en la Figura 8, el montaje real compuesto por un sistema de pulsadores que hace la función del control de mando, el cual envía la información

por conexión serial al ordenador, los datos recolectados se interpretan dentro de la plataforma unity para relacionarlo directamente con el movimiento del personaje principal.

Figura 8.

Montaje real



6.2. Métodos

Un objetivo de primer orden para los pacientes con PC es la realización de actividades que permitan establecer la relación causa-efecto y así definir los actos o movimientos determinados que tienen consecuencias sobre el entorno.

En los primeros meses de vida surge de manera natural la relación causa- efecto, que, en los niños con PC, puede requerir la utilización de recursos específicos para dicha adquisición.

El sistema de pulsadores cumple con unas características de acceso que se han adecuado a niños con parálisis cerebral en particular. En el ámbito de la tecnología de apoyo, se usan dispositivos denominados conmutadores (switch en inglés). Estos elementos, cuyo comportamiento varía entre dos estados, uno neutro o inactivo (0) y otro activo (1), pueden adquirir diferentes formas y tamaños que permiten la activación de diversos sistemas. En la literatura se encuentran conmutadores que se pueden activar por medio de la pulsación, activación de cuerdas, soplando, pestañeando, gritando³⁰, es decir, acciones que modifiquen su estado de inactivo (0) a activo (1).

En general, la activación corresponderá a un pulsador. En el mercado de la tecnología de apoyo, estos conmutadores utilizan un conector estandarizado del tipo Jack Macho Mono de 3.5 mm para facilitar su interoperabilidad. Por cuestiones de diseño en este proyecto se decidió implementar pulsadores de 4.5 mm para una mayor área de contacto y por ende mayor facilidad de acogimiento, los cuales se han integrado a un control fijo que mide 10 cm de alto por 10 cm de ancho y 23 cm de largo, teniendo en cuenta que existen diversos modelos y mecanismos de sujeción que pueden ofrecer soluciones para resolver el problema de interacción con los mismos.

Las actividades causa-efecto viene asociadas a la lateralidad, donde el usuario interactúa mediante los pulsadores con el personaje principal del videojuego quien se mueve de izquierda a derecha según el accionamiento del pulsador asociado a cada una de las manos del jugador para así recoger el mayor número de monedas “Coins” y, como consecuencia, al accionamiento de los pulsadores por la mano asociada a cada uno de estos se busca mejorar el sentido de lateralidad.

La interacción con el entorno 3D se realiza mediante la interface humano-máquina por medio del empalme de dos pulsadores (azul y rojo) a Arduino, el detecta las pulsaciones y la

³⁰ Romero, B. (2017). Participación, acceso y actividades de causa-efecto. From BJ Adaptaciones: <https://blog.bjadaptaciones.com/paralisis-cerebral-participacion-acceso-y-actividades-de-causa-efecto/>

almacena información en una variable, la cual es detectada abriendo el puerto sería mediante Visual studio al interior de unity y así relacionar estos datos directamente con el movimiento del personaje principal.

Este trabajo tiene como objetivo analizar e interpretar los resultados obtenidos por medio del sistema aumentativo como una herramienta didáctica para apoyar el sentido de la lateralidad en una población objetivo que corresponde a niños de 3-8 años de edad cronológica y niños de 3-8 en edad mental de la ciudad de Popayán (Cauca).

Para el desarrollo de esta investigación se contó con la ayuda de hogares especiales del ICBF, en donde se encuentran los pacientes con diferentes condiciones mentales y patologías, algunos pacientes aceptaron la realización de las pruebas de la interface humano-máquina.

Se le solicita al padre de familia o acudiente responsable que diligencie un documento llamado consentimiento informado y otro llamado asentimiento informado, los cuales corresponden a un permiso requerido para que los usuarios sean partícipes de esta prueba de funcionalidad del dispositivo. Los documentos se encuentran en el Anexo A.

6.2. Protocolo de Entrenamiento

Antes de empezar a usar la interface Humano-Máquina es oportuno abordar algunos términos que tiene que ver con el modo de juego. La actividad lúdica que se realiza con los usuarios afectados de parálisis cerebral es cognitiva y mental, se basa en la relación Causa-Efecto.

La relación de causa efecto es una de las primeras nociones que se aprenden en la infancia a partir de estímulos-refuerzos. A partir de movimientos aleatorios e involuntarios que dan lugar a un resultado se aprende que existe contingencia entre sucesos y que las acciones implican reacciones y consecuencias.

El aprendizaje de esta relación causa-efecto es el inicio conceptos cada vez más complejos que permiten potenciar la autonomía, al demostrar que el usuario es agente activo en el entorno que lo rodea.

6.3. Protocolo para la sesión de prueba

6.3.1. Primera etapa.

Se procura una preparación previa de un escritorio o mesa en donde se encontrará el sistema aumentativo de pulsadores y el computador, así como el asiento donde se ubicará el paciente. Esta etapa se realiza antes de comenzar la prueba y se debe tener en cuenta:

1. Preparar el sitio de trabajo, verificar la posición del paciente en el sitio y buscar comodidad y seguridad, puesto que será un espacio para realizar las pruebas varias veces
2. Considerar las actividades y opciones que pueden variar en el juego.
3. Tener presente el nivel cognitivo y la finalidad del juego.

6.3.2. Segunda etapa.

Comenzar con el posicionamiento del paciente en el lugar de trabajo para así posteriormente presentarle el videojuego y tener en cuenta lo siguiente:

1. No se debe iniciar o presentar la actividad o desarrollo del juego hasta que el usuario esté bien posicionado y cómodo.
2. Procurar no cambiar la posición de los objetos a usar, debe ser siempre la misma; el computador estará a una distancia de 50 cm del paciente y el sistema de pulsadores estará a una distancia de 10 cm.
3. Es fundamental el uso del mismo sistema de pulsadores en diferentes ambientes: casa, colegio, centros especializados.

4. Considerar que el sistema de pulsadores esté bien sujeto a la mesa de trabajo o a la zona de pruebas para evitar posibles caídas del sistema aumentativo por el cambio emocional que pueda presentar el usuario y se salga de su alcance.

6.3.3. Tercera etapa.

Iniciación del videojuego, tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Es primordial que el tiempo que transcurre entre la pulsación y la animación del personaje sea instantáneo o sea lo más corto posible. Cuando el paciente entienda la causa–efecto, el usuario interactuara con mayor fluidez
2. Tener en cuenta el nivel de discapacidad del usuario y dar un tiempo suficiente para que el capte e interiorice el efecto de pulsar un botón.
3. El tiempo de duración de la actividad variará según el paciente asignado, al inicio puede que sea muy complejo, es lo normal al trabajar con pacientes con parálisis cerebral. Ante esto, no se debe caer en la desesperación y desmotivación porque se transmitirá el estado al paciente y en el futuro se puede ocasionar algún rechazo.

6.3.4. Cuarta etapa.

Finalización del video juego, en donde se tiene en cuenta lo siguiente:

1. Al percibir que el paciente presenta cansancio el videojuego debe parar o más adelante finalizar.
2. Al terminar el estudio es recomendable apartar el sistema aumentativo de pulsadores del usuario. agradecer y felicitar al usuario por realizar la actividad lúdica con el fin de que

haya sido grata y segura, si no es así se hará un análisis de qué está fallando y modificar cualquier punto donde se perciba que provoca un estado fuera de lo normal y negativo.³¹.

³¹ ASPACE. (2016). Guía para el desarrollo del juego adaptado en parálisis cerebral. From Confederación ASPACE Andalucía: <https://aspacegranada.org/2016/06/28/guia-desarrollo-del-juego-adaptado-en-paralisis-cerebral/>

7. Análisis y Resultados

De acuerdo con la metodología planteada en el capítulo anterior se presentan los resultados de las pruebas de campo en pacientes patológicos y pacientes sanos al hacer uso de la interface humano-maquina enfocada en la rehabilitación del sentido de lateralidad.

El video juego da inicio en el menú principal el cual contiene la primera escena del entorno 3D donde se crea un CANVAS que es el lienzo del ambiente, donde se añaden los cuadros de texto y los botones, los cuales apoyan la toma de decisiones. Gráficamente se observa en la en la Figura 10.

Figura 9.

Menú principal del juego



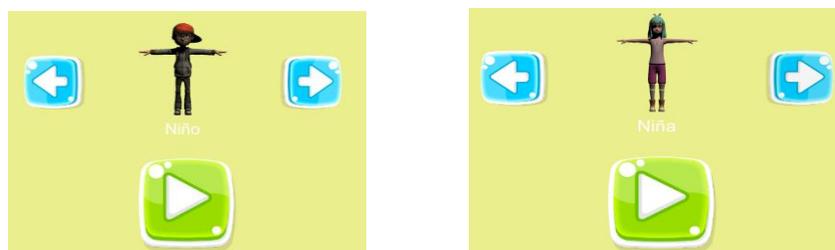
Se crean dos botones en la interfaz de usuario los cuales facilitan el cambio de escenas. Según la opción a elegir, los botones tienen diferentes funciones.

Cuando se pone el cursor sobre el botón Jugar que se presenta en la Figura 11 hay un cambio de escena del menú principal a la escena de Selección Avatar según el género del paciente o gusto, como se observa en la Figura 12.

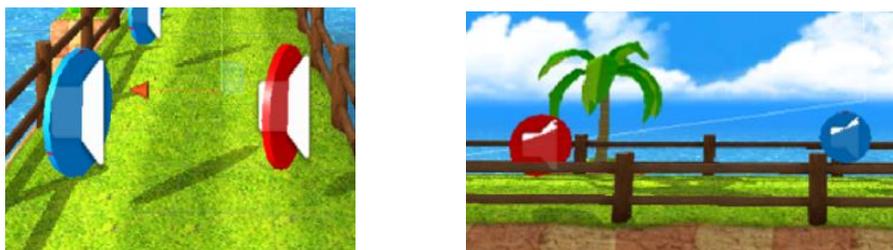
Figura. 10.

Botón Jugar



Figura. 11. Selección de avatar*Selección de avatar*

La selección del personaje se realiza mediante las flechas azules accionadas por los botones del sistema aumentativo, para dar inicio al juego es necesaria ayuda externa al hacer uso del mouse para seleccionar el botón play(verde).

Figura. 12. Monedas de colores*Monedas de colores*

Luego de seleccionar el personaje se ubica el curso sobre el botón de mayor tamaño de color verde el cual dará inicio al cambio de escena de SeleccionAvatar a la escena de Jugar, donde el personaje tiene que recoger el mayor número de monedas al lado izquierdo que son de color azul, y al lado derecho de color rojo, como se presenta en la Figura 14.

El ambiente 3D en la escena Jugar, es más completo que las anteriores escenas debido a que suben diferentes Prefabs y Assets a Unity, los cuales han sido descargados de la misma plataforma para hacer un encadenamiento de los diferentes GameObjects y generar un ambiente interactivo. El personaje principal, al igual que las monedas, las palmeras, cerca, suelo y muchos

objetos con diferentes texturas son los encargados de generar un ambiente agradable para el paciente, el cual se observa en la Figura 15.

Figura. 13.

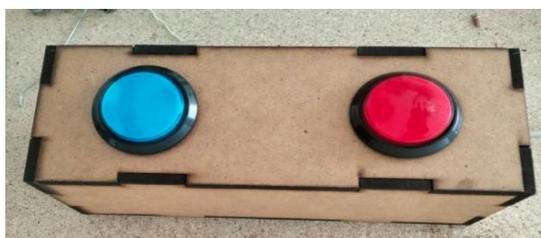
Escena de juego



En la Figura 16 se presenta el sistema aumentativo, el cual presenta dos botones robustos de diferente color para mayor facilidad en su uso por el paciente.

Figura. 14.

Sistema aumentativo de pulsadores



La estrategia pedagógica para desarrollar la lateralidad es “El lazo perdido” el cual es un juego que divide el cuerpo en dos partes y en el que se usa lana de diferentes colores: un lazo naranja se coloca en la pierna izquierda y un lazo verde en la pierna derecha. Los jugadores deben ejecutar las órdenes verbales dictadas por el profesional, por ejemplo: mueven la pierna izquierda y el paciente la identifica. Esto fue de gran ayuda a los en la ubicación espacial³².

³² Franco Gallego, C., Osorio Sanchez, K., & Materon Palacios, S. (2006). Diseño y construcción de un dispositivo de comunicación alternativa aumentativa para polaciones con parálisis cerebral. [Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura].

De esta manera, se adopta la estrategia pedagógica anterior en este trabajo para apoyar el desarrollo de la lateralidad asociando el color azul al lado izquierdo y el color rojo al lado derecho y estos permiten interactuar con el personaje en el mundo tridimensional, en el que el personaje recoge las monedas y estas tienen un puntaje individual. En la Figura 17 se detallan los encabezados que se explican a continuación:

1. Indica el número de monedas recolectadas en el lado izquierdo.
2. Indica el número de monedas recolectadas en el lado derecho, el apartado
3. Aparece por un lapso de 1.5 segundos cuando se recoge la moneda azul e indica la dirección en la que el personaje está (Izquierda).
4. Aparece por un lapso de 1.5 segundos cuando se recoge la moneda roja e indica la dirección en la que el personaje está (Derecha).
5. Indica el tiempo transcurrido, en segundos, desde que comienza la escena Jugar.

Figura. 15.

Indicadores del juego



Esta interacción virtual al recolectar las monedas “Coins” aumentarán el puntaje según la acción desarrollada. El puntaje será primordial para la exploración del avance motriz respecto al sentido de la lateralidad en el paciente, pudiendo contrastar el número de objetos recogidos y el tiempo empleado (expresado en segundos).

Tras la implementación del sistema aumentativo en la primera sesión se inicia con una exploración del paciente con el sistema aumentativo y el videojuego, las instrucciones son:

- Si oprime el botón de color azul del sistema aumentativo el personaje se dirige a la izquierdo.
- Si oprime el botón color rojo del mismo el personaje se dirige a la derecha.

Tabla 9.*Registro de pacientes*

Usuario	Edad (años)	Lateralidad dominante	Patología	Comorbilidades
1	8	Izquierdo	Hidrocefalia	Retraso mental leve
2	19	Derecha	Parálisis cerebral	Hidrocefalia Retraso severo Problemas de la rótula
3	9	Derecho	Síndrome Down	Retraso mental moderado
4	3	Derecho	Sin patología	Sin comorbilidades

7.1. Videojuego Funcional

En el desarrollo de este proyecto de investigación, se propone un sistema aumentativo que es diseñado y asesorado por el profesional en salud, quien dictaminó ciertas pautas como el tamaño de los botones, cabe resaltar que en otros estudios se detectó que en mayor tamaño son de utilidad en el desarrollo de videojuegos serios, en proceso de rehabilitación. Además, se implementó un videojuego que está diseñado para apoyar el desarrollo del sentido de la lateralidad en los pacientes. Se da inicio a la primera sesión, que está dividida en tres, diferenciadas por la velocidad. Cada una de ellas con un tiempo límite.

7.1.1. Velocidad inicial.

Considerando la población de estudio, se tiene en cuenta el daño cognitivo, las comorbilidades en cada paciente y se inicia con una velocidad baja de 0.2 para que el usuario pueda familiarizarse con el personaje dentro del entorno 3D y el sistema aumentativo. Esta prueba fue aceptada, se logró que el usuario interactúe dentro de un ambiente virtual.

7.1.2. Velocidad media.

La velocidad inicial aumenta a 0.3. El personaje se mueve más rápido, el tiempo de reacción del usuario tiene que disminuir para así poder recolectar el mayor número de objetos.

7.1.3. Velocidad final.

La velocidad más alta es de 0.4. El usuario presenta un reto al controlar el personaje principal, debido a que su tiempo de reacción no es lo suficientemente rápido para cumplir la tarea asignada.

7.2. Validación del Videojuego y del Sistema Aumentativo de Pulsadores

En este trabajo, fue necesario realizar acciones que garanticen el óptimo funcionamiento del videojuego, entre ellas, pruebas para que el estudio tenga una correcta aceptación por parte del usuario, revisión preliminar el estado de las conexiones porque la recepción de datos debe ser instantánea y al verificar el funcionamiento del sistema aumentativo proceder a hacer la lectura serial en Unity 3D para ser usada en el videojuego.

7.2.1. Funcionamiento del Sistema Aumentativo

El sistema aumentativo es puesto en práctica ante los usuarios, toman una decisión al oprimir el botón izquierdo o derecho. Esta información se envía a Arduino, asigna una variable que posteriormente es almacenada y se presenta en un monitor serial.

Figura. 16.

Lectura de los pulsadores en el ordenador



Las variables anteriormente almacenadas: “IZQUIERDA” y “DERECHA” son llamadas desde la plataforma Unity mediante unas librerías las cuales permiten acceder al puerto serial. Se cargan estos valores y se los enlaza con las animaciones del videojuego las cuales permiten el cambio de dirección del personaje principal dentro del entorno virtual.

7.2.2. Funcionamiento del Videojuego

Como se puede observar en la Figura 17 en donde se presentan los indicadores del juego y las etiquetas pasamos a probar de manera práctica que funciona el videojuego.

Figura. 17.

Escena Jugar



Se visualiza que los indicadores de puntaje aumentan con la recolección de objetos en las dos direcciones, el tiempo incrementa de forma constante y el personaje principal continúa con el recorrido de la escena.

Posteriormente para lograr una visualización preliminar del final de la escena jugar, se estableció el límite de recoger 22 objetos y la escena terminará como se muestra en la Figura 18.

Figura. 18.

Final de la escena Jugar



Por último, al presionar el botón “Salir” de la Figura 11. el juego terminará y se cerrará como se muestra en la Figura 20.

Figura. 19.

Escena Salir



7.3 Resultados Obtenidos de las Pruebas de Campo

A continuación, se presentan el protocolo de guía para que los pacientes con PCI puedan manipular correctamente la interface Humano-maquina.

7.3.1. Sesión de Prueba

Figura. 20.

Desarrollo de la primera etapa



Primera etapa. Se procura una preparación previa de un escritorio o mesa en donde se encontrará el sistema aumentativo de pulsadores y el computador al igual que una silla para el paciente. Esta etapa se debe realizar antes de comenzar con la prueba y se debe tener en cuenta:

1. Alistar el sitio de trabajo o pruebas donde se tiene en cuenta la posición que va a tener el usuario, puesto que se debe realizar las pruebas varias veces en semana.
2. Considerar las actividades y opciones que pueden variar en el juego.
3. Tener presente el nivel cognitivo y la finalidad del juego.

Figura. 21.

Desarrollo de la segunda etapa



Segunda etapa. Comenzar con el posicionamiento del paciente en el lugar de trabajo para así posteriormente presentarle el videojuego con las siguientes consideraciones:

1. No se debe iniciar o presentar la actividad o desarrollo del juego hasta que el usuario esté bien posicionado y cómodo.
2. Procurar no cambiar la posición de los objetos a usar, debe ser siempre la misma; el computador estará a una distancia de 50 cm del paciente y el sistema de pulsadores estará a una distancia de 10 cm.
3. Es fundamental el uso del mismo sistema de pulsadores en diferentes ambientes: casa, colegio, centros especializados.
4. Considerar que el sistema de pulsadores esté bien sujeto a la mesa de trabajo o a la zona de pruebas para evitar posibles caídas del sistema aumentativo por el cambio emocional que pueda presentar el usuario y se salga de su alcance.

Figura. 22.

Desarrollo de la tercera etapa en pacientes con síndrome de Down, con hidrocefalia, con parálisis cerebral



Tercera etapa. Iniciación del videojuego, tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Es primordial que el tiempo que transcurre mientras se oprime el botón y la animación del personaje sea instantáneo o sea lo más corto posible. Cuando el paciente entienda la causa–efecto, el usuario interactuara con mayor fluidez

2. Tener en cuenta el nivel de discapacidad del usuario y dar un tiempo suficiente para que el capte e interiorice el efecto de pulsar un botón.
3. El tiempo de duración de la actividad variará según el paciente asignado, la adaptación inicialmente puede que sea compleja, es lo normal al trabajar con pacientes con parálisis cerebral. Ante esto, no se debe caer en la desesperación y desmotivación porque se transmitirá el estado al paciente y en el futuro se puede ocasionar algún rechazo.

Figura. 23.

Cuarta etapa, se evidencia el agotamiento del paciente



Cuarta etapa. Finalización del video juego, en donde se tiene en cuenta lo siguiente:

1. Al percibir que el paciente presenta cansancio el videojuego debe parar o más adelante finalizar.
2. Al terminar el estudio es recomendable apartar el sistema aumentativo de pulsadores del usuario. agradecer y felicitar al usuario por realizar la actividad lúdica con el fin de que haya sido grata y segura, si no es así se hará un análisis de qué está fallando y modificar cualquier punto donde se perciba que provoca un estado fuera de lo normal y negativo³³.

³³ ASPACE. (2016). Guía para el desarrollo del juego adaptado en parálisis cerebral. From Confederación ASPACE Andalucía: <https://aspacegranada.org/2016/06/28/guia-desarrollo-del-juego-adaptado-en-paralisis-cerebral/>

7.3.2. Resultados del Uso de la Interface Humano-Máquina

En la Tabla 13 se presentan los resultados obtenidos por el videojuego implementado en Unity en la primera sesión. Estos indican el número de objetos que se recolectaron a lado izquierdo y derecho en un periodo de 120 segundos en tres niveles o velocidades diferentes.

En la siguiente tabla expone al usuario 2, quien es un paciente con PCI, con un grado de discapacidad grave, retraso mental severo y microcefalia y además tiene que estar siempre con acompañante para realizar sus actividades, con una edad mental de 4 años, según documentos facilitados por la cuidadora o madre sustituta. Se inició la prueba dando las indicaciones que el sujeto debe seguir y dada su condición (según la clasificación) no fue posible, sus alteraciones sensorio motrices producen limitaciones, necesitan asistencia física para poder participar de las actividades. Por tanto, en las siguientes tablas ella no será tomada en cuenta.

Tabla 10.*Resultados primera sesión*

Usuario	Recolección de objetos		Velocidad	Tiempo (s)
	Izquierda	Derecha		
1	240	250	0.2	155
	240	250	0.3	104
	210	230	0.4	76
2	0	0	0.2	0
	0	0	0.3	0
	0	0	0.4	0
3	20	10	0.2	120
	20	40	0.3	120
	0	50	0.4	120
4	20	40	0.2	120
	90	110	0.3	120
	100	90	0.4	120

Tabla 11.*Resultados segunda sesión*

Usuario	Recolección de objetos		Velocidad	Tiempo (s)
	Izquierda	Derecha		
1	160	150	0.2	65
	220	240	0.3	120
	120	280	0.4	120
3	20	20	0.2	120
	0	60	0.3	120
	40	80	0.4	120
4	40	20	0.2	120
	70	90	0.3	120
	120	70	0.4	120

Tabla 12.*Resultados tercera sesión*

Usuario	Recolección de objetos		Velocidad	Tiempo (s)
	Izquierda	Derecha		
1	170	170	0.2	120
	210	190	0.3	120
	320	290	0.4	120
3	40	60	0.2	120
	80	90	0.3	120
	40	60	0.4	120
4	50	70	0.2	120
	100	110	0.3	120
	130	150	0.4	120

7.3.3. Análisis de Resultados del Uso de la Interface Humano-Máquina

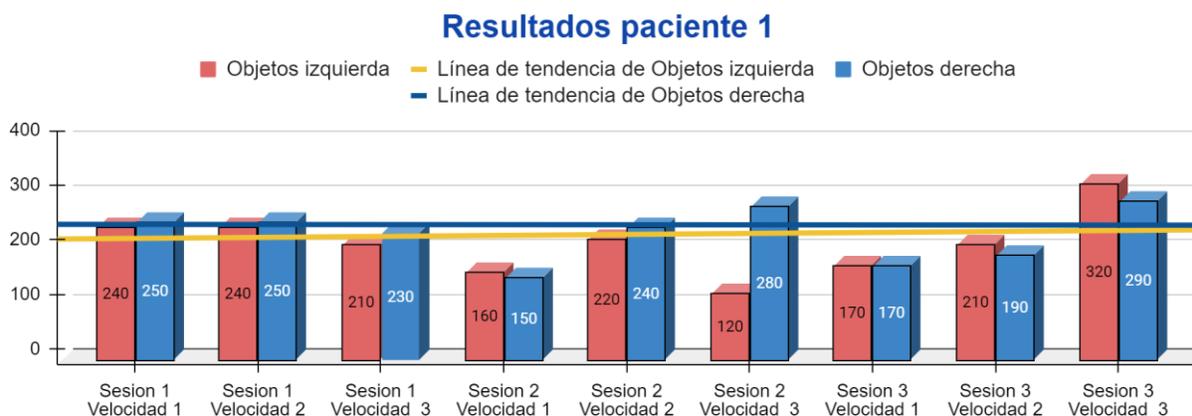
A continuación, se presentan los gráficos de barras que permiten visualizar la línea tendencia que refleja el progreso o retroceso del paciente en la recolección de objetos, después de repetir la sesión 3 veces.

Posteriormente, se analiza los objetos recolectados, por el paciente número 1 en dirección izquierda: en la primer sesión logra recolectar 24 objetos a una velocidad inicial, 24 objetos en velocidad intermedia y por último 21 objetos a velocidad avanzada; en la siguiente sesión el

mismo paciente logra recolectar 16 objetos en una velocidad inicial, 22 objetos en velocidad intermedia y 12 objetos en la velocidad avanzada y por último, en la tercer sesión, logra recolectar 17 objetos en la velocidad inicial, 21 objetos en la velocidad intermedia y 32 objetos en la velocidad avanzada.

Figura. 24.

Resultados paciente 1



En este caso, con los resultados del sujeto 1, tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho, no es representativo para fines de esta investigación porque permanece constante; Las líneas de tendencia para este análisis no son confiables, porque su grado de aproximación es inferior a 45°.

De esta manera, se analiza que para la velocidad inicial el número de objetos recolectados disminuye a medida que aumentan las sesiones y que el número de objetos recolectados entre la segunda y tercera sesión no varían mucho, solo presenta un objeto más que la anterior sesión.

En la velocidad intermedia se logra analizar que el número de objetos recolectados es muy bueno ya que los valores son muy altos, pero de igual manera no superan la recolección de la primera sesión.

En la velocidad avanzada los objetos recolectados en las diferentes sesiones cambian mucho, al tener 21 objetos en la primera sesión, bajando drásticamente la recolección en la segunda sesión a 12 objetos y posteriormente aumentando en la recolección, al lograr 32 objetos.

Se tiene en cuenta las velocidades y cómo afectan la recolección de objetos en las diversas sesiones. Se observa en la velocidad avanzada que, el puntaje de la primera sesión en comparación con la tercera sesión ha sido superado.

De igual manera se analiza los objetos recolectados por el paciente número 1 en dirección derecha: Se evidencia que en la primer sesión a una velocidad inicial logra recolectar 25 objetos , a una velocidad intermedia logra recolectar 25 objetos y en una velocidad avanzada logra recolectar 23 objetos; Asimismo se inicia la segunda sesión donde el paciente logra recolectar 15 objetos en una velocidad inicial, 24 objetos en una velocidad intermedia y por último 28 objetos en una velocidad avanzada. Continuando con la sesión final el paciente número 1 logra recolectar 17 objetos a una velocidad inicial, 19 objetos en velocidad intermedia y en una velocidad avanzada el paciente recolecta 29 objetos.

Sintetizando la información anterior, se puede analizar que al aumentar la velocidad el número de objetos recolectados disminuye a medida que continúan las sesiones. Lo que causa una estática en el apoyo de la lateralidad con el paciente debido a que la recolección de objetos para la segunda sesión se reduce; Por consiguiente, para la última sesión se logra ver un avance positivo al incrementar en un objeto en la recolección a diferencia de la sesión anterior.

A diferencia de velocidades anteriormente mencionadas, la mayor velocidad presenta un incremento con el cambio de sesiones, comenzado con valores como 23, posteriormente en la segunda sesión 28 y en la sesión final la recolección presenta avance respecto a las sesiones anteriores con un valor de 29.

Resultados paciente 2

En este caso, se trata de una paciente de 18 años que tiene un retraso mental severo, secundario a una enfermedad neurológica desde su infancia. PCI y microcefalia que son anomalías del desarrollo del encéfalo y cráneo.

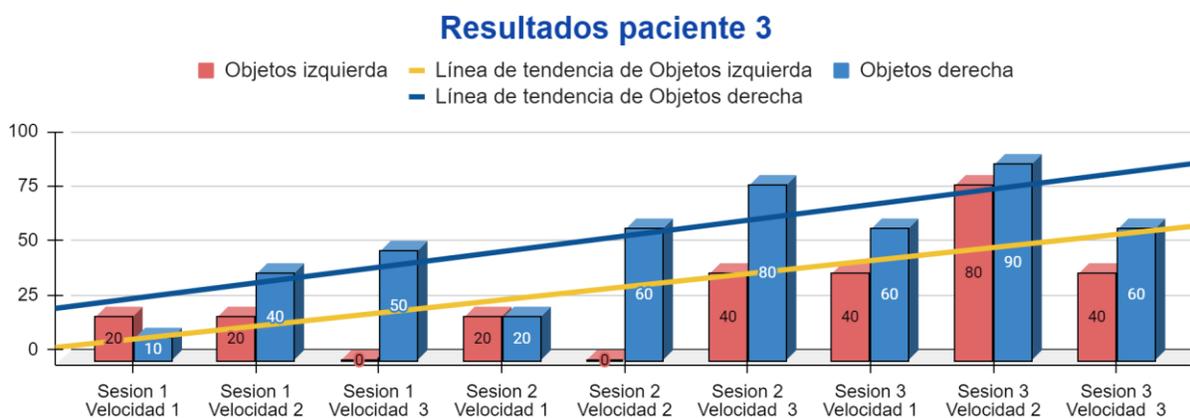
Es un paciente, según los documentos aportados por el adulto acompañante, padece de oligofrenia grave, por su condición presenta un trastorno del desarrollo del lenguaje, trastorno de la atención y memoria, con déficit motor, al punto de ser dependiente de cuidadores porque su autonomía personal como social es pobre, su comunicación no es adecuada.

Por lo anterior, en el momento de desarrollar la práctica y poner en uso el sistema aumentativo no fue posible por la condición clínica de la paciente, por esta razón no se continúan las sesiones.

En consecuencia y después de realizado el análisis de este caso junto a la recomendación por un profesional de la salud: Médico general de unidad pediátrica, es que los pacientes sujetos de esta investigación no presenten un compromiso neurológico marcado, es decir que se pueden incluir con retraso mental leve.

Figura. 25

Resultados paciente 3



El usuario número 3 presenta valores diferentes, los cuales generan un gráfico completamente distinto al primer usuario, las líneas de tendencia en las dos direcciones son positivas, incrementa la recolección de objetos con el aumento de las sesiones independientemente de la velocidad.

Se observa que los objetos presentados en la dirección izquierda son más difíciles de recolectar, es así como en la primera sesión no logró recolectar ningún objeto en la velocidad avanzada tampoco en la intermedia en la segunda sesión.

En la primera sesión el paciente número 3 recolecta 1 objeto en dirección derecha, en una velocidad inicial, 4 objetos en una velocidad intermedia y respecto a la velocidad avanzada, logra 5 objetos. Luego; en la segunda sesión 2 objetos en velocidad inicial, 6 objetos en velocidad intermedia y 8 objetos en una velocidad avanzada.

En la tercera sesión, se analiza que el paciente número 3 logra reunir más objetos y sumado a esto, logra recoger objetos en las dos direcciones, lo cual no había sido posible en sesiones anteriores; por tanto, en una velocidad inicial recolectó 6 objetos, en velocidad intermedia 9 objetos, un objeto más que la sesión anterior, del mismo modo que la sesión dos, en la velocidad avanzada, se adquirieron 6 objetos.

Figura. 26.

Resultados paciente 4

Por último, se hace un estudio de los resultados de objetos recolectados por el paciente número 4. Las líneas de tendencia son de tipo alcista, es de forma ascendente. En comparación con los otros usuarios, el sujeto número 4 es un paciente sano. En la primera sesión logra recolectar 2 objetos a velocidad inicial, 9 objetos a velocidad intermedia y velocidad avanzada 10 objetos; en la siguiente sesión, el usuario recolecta 4 objetos en velocidad inicial, 7 objetos en velocidad intermedia y para finalizar en velocidad avanzada recolecta 12 objetos; por último, en la tercera sesión, recolecta 5 objetos en velocidad inicial, seguido de una recolección de 10 objetos en velocidad intermedia y 13 objetos con velocidad avanzada. Se puede determinar que con el transcurso de las sesiones la recolección de objetos aumenta, un ejemplo en la primera sesión logra recolectar 2 objetos en dirección izquierda, mientras que en la tercera sesión 5 objetos, de la misma manera, en la segunda sesión en velocidad inicial, 2 objetos mientras que en la tercer sesión 7 objetos en la misma velocidad.

8. Conclusiones

1. La implementación de una interface Humano- máquina en entornos 3D busca estimular la lateralidad en paciente con PCI, ya que al utilizar un juego serio que busca de forma lúdica contribuir en su proceso de rehabilitación.

2. Mediante la creación del protocolo de entrenamiento y sesión de prueba se provee de la herramienta teórica a los profesionales de apoyo terapéutico para preparar el entorno necesario para la interface del videojuego, así como el acompañamiento durante el mismo y el cierre respectivo.

3. Al aplicar el videojuego a pacientes patológicos, se pretende fortalecer el sentido de lateralidad a través de formas lúdicas y terapéuticas, así como la estimulación de sus hemisferios cerebrales para adquirir habilidades tanto cognitivas como socioemocionales.

4. La innovación se evidencia en el apoyo a la rehabilitación a través de los videojuegos serios que rompen la rutina del tratamiento habitual y la educación tradicional, buscando mejorar la calidad de vida de los pacientes.

5. Es imprescindible la vinculación de entidades relacionadas con la rehabilitación de pacientes con PC para poner en práctica la utilización de los productos de la investigación y a la vez recibir retroalimentación de los profesionales de apoyo como terapeutas y neuropediatrías, entre otros, quienes están en contacto directo con los procesos de rehabilitación neurológica

Referencias Bibliográficas

- Abad García, I. (2013). *Tratamiento fisioterápico de un caso de hemiplejía mediante el método Bobath*. [Tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza].
- Alcaraz Fernandez, M. (2018). *Intervención en trastornos de lateralidad y dificultades lectoescritoras*. [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. From <https://docplayer.es/209675965-Trabajo-final-de-grado.html>
- ASPACE. (2016). *Guía para el desarrollo del juego adaptado en parálisis cerebral*. From Confederación ASPACE Andalucía: <https://aspacegranada.org/2016/06/28/guia-desarrollo-del-juego-adaptado-en-paralisis-cerebral/>
- Bernabeu Brotons, E. (2010). *Guía para el desarrollo Patrones de lateralización hemisférica y disociación en población normal: un estudio sobre diferencias en el procesamiento cognitivo y emocional*. [Tesis Doctoral, UNED, Madrid]. From <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=27135>
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC. (2020). *¿Qué es la parálisis cerebral infantil?* From CDC: [https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/cp/facts.html#:~:text=La%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20infantil%20\(PCI,tiene%20relaci%C3%B3n%20con%20el%20cerebro\).](https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/cp/facts.html#:~:text=La%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20infantil%20(PCI,tiene%20relaci%C3%B3n%20con%20el%20cerebro).)
- CORDIS. (2016). *GABLE Project*. From <https://cordis.europa.eu/article/id/415942-serious-gaming-helps-people-with-cerebral-palsy/es>
- Córdoba Castillo, L. F., Gómez Lozano, V. C., Tello Fernández, L. K., & Tovar Ruiz, L. Á. (2015). Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones

- posturales de dos niños con parálisis cerebral. Estudio de caso. *Ciencias de la salud*, 13(2), 147-163. doi:<https://doi.org/10.12804/revsalud13.02.2015.02>
- Espinoza Diaz, C. I., Amaguaya Maroto, G., Culqui Barrionuevo, M., Espinosa Moya, J., Silva Acosta, J., Angulo Procel, A., . . . Avilés Jaya, A. C. (2019). prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(6), 778-789. From <https://www.redalyc.org/journal/559/55964142018/html/>
- Franco Gallego, C., Osorio Sanchez, K., & Materon Palacios, S. (2006). *Diseño y construcción de un dispositivo de comunicación alternativa aumentativa para poblaciones con parálisis cerebral*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura].
- González, J. L., Cabrera, M., & Gutiérrez Vela, F. L. (2018). Diseño de videojuegos aplicados a la Educación Especial. *Computer Science and Engineering*.
- Instituto Nacional de Enfermedades Neurológicas y Accidentes Cerebrovasculares. (2013). *Cerebral palsy: hope through research*. From NINDS: <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/cerebral-palsy/informacion/tipos>
- Lozano-Rojas, H. D. (n.d.). *Implementación de un juego serio multiplataforma para el desarrollo de las operaciones cognitivas en niños de 6 a 8 años*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. From <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15292/>
- Martínez Cilveti, M. (2020). *Lateralidad y dificultades lectoescritoras*. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional de la Rioja].
- Peláez Cantero, M. J., Moreno Medinilla, E. E., Cordón Martínez, A., & Silvia Gallego Gutiérrez, S. (2021). Comprehensive approach to children with cerebral palsy. *Spanish Association of Pediatrics*, 95(4), 276-286. doi:10.1016/j.anpedi.2021.07.011

- Perez Muñoz, A., Ingavelez Guerra, P., & Robles Bykbaev, Y. (2018). New approach of serious games in ludic complements created for rehabilitation therapies in children with disabilities using Kinect. *IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*. doi:<https://doi.org/10.1109/intercon.2018.8526464>
- Pineda Leguízamo, R., & Villasís-Keever, M. A. (2017). Utilidad de hipoterapia en la parálisis cerebral infantil. *Revista mexicana de pediatría*, 84(4), 131-133.
- Póo Argüelles , P. (2008). *Parálisis cerebral infantil*. Tabla II. Formas clínicas de parálisis cerebral, Servicio de Neurología. Hospital Sant Joan de Dèu, Barcelona. From <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/36-pci.pdf>
- Portellano, J. A. (2009). Cerebro izquierdo, cerebro derecho. Implicaciones neuropsicológicas de las asimetrías cerebrales en el contexto escolar. *Psicología educativa*, 15 (1), 5-12.
- Ramos-Rivadeneira, D. X., & Jiménez-Toledo, J. A. (2018). Entorno de aprendizaje 3D no inmersivo como apoyo al componente informático. *Avances Investigación en Ingeniería*. doi:10.18041/1794-4953/avances.2.5491
- Reyes Contreras, G., Parodi Carvajal, A., & Ibarra, D. B. (2006). Factores de riesgo en niños con parálisis cerebral infantil en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México. *Rehabilitación*, 40(1), 14-19. doi:[https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(06\)74848-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(06)74848-4)
- RhbNeuromad. (2017). “*Circus Therapy Game*”: videojuego terapéutico para niños con Parálisis Cerebral. From <https://rhnneuromad.com/2017/02/03/circus-therapy-game-videojuego-terapeutico-para-ninos-con-paralisis-cerebral/>

- Romero, B. (2017). *Participación, acceso y actividades de causa-efecto*. From BJ Adaptaciones:
<https://blog.bjadaptaciones.com/paralisis-cerebral-participacion-acceso-y-actividades-de-causa-efecto/>
- Saldarriaga Tamayo, P. A. (2017). *Definición de la lateralidad, movimientos sacádicos y rendimiento escolar en lengua castellana*. [Tesis de maestría, Universidad Internacional de la Rioja]. From
<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4733/SALDARRIAGA%20TAMAYO%2C%20PAULA%20ANDREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santamaría Granados, L., Hoyos Pineda, J. G., & Mendoza Moreno, J. F. (2014). Eficacia de la herramienta “Ambiente Virtual en 3D” aplicada a una muestra poblacional de niños con dificultades de lateralidad en el departamento de Boyacá. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 43, 17-33. From
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194232138003>
- Savchuk Strutynskiy, N. (2018). *Serious Game que facilita la rehabilitación orofacial de niños con parálisis cerebral*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid].
doi:<https://oa.upm.es/54805>
- Unity. (2020). *Unity Documentation*. From <https://docs.unity3d.com>
- Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). *Guía de Práctica Clínica: Abordaje y manejo de la parálisis cerebral*. From <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUÍA-PARÁLISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

Anexo A. Consentimiento informado

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PADRES, ACUDIENTES O REPRESENTANTES LEGALES DE ESTUDIANTES
MENORES DE 18 AÑOS**

Este espacio debe ser diligenciado para niños (as) y jóvenes menores de 18 años:

Yo Sandra Patricia Charate mayor de edad, identificado(a) con C.C.
No. 25742951 En condición de representantes legales o acudiente del niño(a)
Luz Dary Sokeloff de 19 años años de edad.

Manifiesto que he sido informado(a) de las condiciones de la participación mi hijo/a el cual ha sido escogido para hacer uso de una ayuda didáctica que pretende apoyar el sentido de lateralidad en el paciente por medio de una "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica

" y resueltas todas las inquietudes y comprendido en su totalidad la información, autorizo:

La participación de mi hijo(a) en la prueba del sistema aumentativo

Así mismo manifiesto y acepto que:

Estoy conforme con la información e intervención que se me ha propuesto. He comprendido la información presentada por el estudiante HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, he podido preguntar y aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado consciente y libremente la decisión de poder autorizarle a mi hijo (a) que haga parte de estas pruebas.

DOY EL CONSENTIMIENTO

Nombre de la persona que obtiene el consentimiento Sandra Patricia Charate

Firma: Sandra Patricia Charate

Relación con el menor: Madre Sustrutata

Nombre completo del menor participante: Luz Dary Sokeloff Menor



¡Hola! Soy HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, estudiantes de la Universidad Antonio Nariño del programa de ingeniería biomédica , Actualmente estamos realizando nuestro trabajo de grado, el cual consiste en un sistema aumentativo "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica" que permite desarrollar el sentido lateralidad en los niños de una manera interactiva y divertida mediante la cual pueda aprender e identificar la dirección(Izquierda y derecha)de esta manera nos permite evaluar las dificultades que pueden presentar los niños(a) en cuanto adquisición de los conocimientos. Debido a la emergencia sanitaria que atravesamos hoy en día no se puede realizar las pruebas en la institución, es por eso que pedimos respetuosamente que nos ayudes con tu participación solo si tus padres dan la autorización de que realices la evaluación.

La prueba consiste en interactuar con el sistema aumentativo el cual es el encargado del movimiento de un personaje dentro de un entorno 3d el cual tiene que recoger objetos que para este caso son monedas de colores diferentes según su lateralidad si es izquierda la moneda será azul y si es derecha la moneda será roja, esto con el fin de restaurar el sentido de lateralidad o enseñárselo. Tu participación es de tipo voluntaria y muy valiosa para mi, debido a que los resultados obtenidos nos ayudan a analizar el avance de estos pacientes y medir la efectividad del presente proyecto.

Los resultados obtenidos de cada prueba serán confidenciales, es decir que el reporte con la información de la evaluación no más lo sabrá quien haga parte de este estudio.

Nombre del Participante Luz Dary Sofelo Nieto

Documento de identidad 100 2806965

¿Quieres participar? SI No

Firma de la persona que obtiene el asentimiento

Sandra Patricia Chirba

C.C. 25742951

Fecha ____ de ____ del ____

Firma del investigador

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PADRES, ACUDIENTES O REPRESENTANTES LEGALES DE ESTUDIANTES
MENORES DE 18 AÑOS**

Este espacio debe ser diligenciado para niños (as) y jóvenes menores de 18 años:

Yo, Sandra Patricia Chante mayor de edad, identificado(a) con C.C.
No. 257417951 En condición de representantes legales o acudiente del niño(a)
Edwin Andres Pacheco de 9 años años de edad.

Manifiesto que he sido informado(a) de las condiciones de la participación mi hijo/a el cual ha sido escogido para hacer uso de una ayuda didáctica que pretende apoyar el sentido de lateralidad en el paciente por medio de una "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica

* y resueltas todas las inquietudes y comprendido en su totalidad la información, autorizo:

La participación de mi hijo(a) en la prueba del sistema aumentativo

Así mismo manifiesto y acepto que:

Estoy conforme con la información e intervención que se me ha propuesto. He comprendido la información presentada por el estudiante HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, he podido preguntar y aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado consciente y libremente la decisión de poder autorizarle a mi hijo (a) que haga parte de estas pruebas.

DOY EL CONSENTIMIENTO

Nombre de la persona que obtiene el consentimiento Sandra Patricia Chante

Firma: Sandra Patricia Chante

Relación con el menor: Madre Sustituta

Nombre completo del menor participante: Edwin Andres Pacheco



¡Hola! Soy HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, estudiantes de la Universidad Antonio Nariño del programa de ingeniería biomédica , Actualmente estamos realizando nuestro trabajo de grado, el cual consiste en un sistema aumentativo **"Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica"** que permite desarrollar el sentido lateralidad en los niños de una manera interactiva y divertida mediante la cual pueda aprender e identificar la dirección(Izquierda y derecha)de esta manera nos permite evaluar las dificultades que pueden presentar los niños(a) en cuanto adquisición de los conocimientos. Debido a la emergencia sanitaria que atravesamos hoy en día no se puede realizar las pruebas en la institución, es por eso que pedimos respetuosamente que nos ayudes con tu participación solo si tus padres dan la autorización de que realices la evaluación.

La prueba consiste en interactuar con el sistema aumentativo el cual es el encargado del movimiento de un personaje dentro de un entorno 3d el cual tiene que recoger objetos que para este caso son monedas de colores diferentes según su lateralidad si es izquierda la moneda será azul y si es derecha la moneda será roja, esto con el fin de restaurar el sentido de lateralidad o enseñárselo. Tu participación es de tipo voluntaria y muy valiosa para mi, debido a que los resultados obtenidos nos ayudan a analizar el avance de estos pacientes y medir la efectividad del presente proyecto.

Los resultados obtenidos de cada prueba serán confidenciales, es decir que el reporte con la información de la evaluación no más lo sabrá quien haga parte de este estudio.

Nombre del Participante Edwin Andres Pacheco

Documento de identidad 10 59 245 246

¿Quieres participar? SI No

Firma de la persona que obtiene el asentimiento

Sandra Patricia Chocho

C.c. 25742951

Fecha ____ de ____ del ____

Firma del investigador

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PADRES, ACUDIENTES O REPRESENTANTES LEGALES DE ESTUDIANTES
MENORES DE 18 AÑOS**

Este espacio debe ser diligenciado para niños (as) y jóvenes menores de 18 años:

Yo, Martha Tinoco mayor de edad, identificado(a) con C.C.
No. 1116775433 En condición de representantes legales o acudiente del niño(a)
Lauren Sophia B de 3 años de edad.

Manifiesto que he sido informado(a) de las condiciones de la participación mi hijo/a el cual ha sido escogido para hacer uso de una ayuda didáctica que pretende apoyar el sentido de lateralidad en el paciente por medio de una "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica

" y resueltas todas las inquietudes y comprendido en su totalidad la información, autorizo:

La participación de mi hijo(a) en la prueba del sistema aumentativo

Así mismo manifiesto y acepto que:

Estoy conforme con la información e intervención que se me ha propuesto. He comprendido la información presentada por el estudiante HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, he podido preguntar y aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado consciente y libremente la decisión de poder autorizarle a mi hijo (a) que haga parte de estas pruebas.

DOY EL CONSENTIMIENTO

Nombre de la persona que obtiene el consentimiento Martha Tinoco

Firma: [Firma manuscrita]

Relación con el menor: Mama

Nombre completo del menor participante: Lauren Sophia Carlo Tinoco



¡Hola! Soy HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, estudiantes de la Universidad Antonio Nariño del programa de ingeniería biomédica , Actualmente estamos realizando nuestro trabajo de grado, el cual consiste en un sistema aumentativo "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica" que permite desarrollar el sentido lateralidad en los niños de una manera interactiva y divertida mediante la cual pueda aprender e identificar la dirección(Izquierda y derecha)de esta manera nos permite evaluar las dificultades que pueden presentar los niños(a) en cuanto adquisición de los conocimientos. Debido a la emergencia sanitaria que atravesamos hoy en día no se puede realizar las pruebas en la institución, es por eso que pedimos respetuosamente que nos ayudes con tu participación solo si tus padres dan la autorización de que realices la evaluación.

La prueba consiste en interactuar con el sistema aumentativo el cual es el encargado del movimiento de un personaje dentro de un entorno 3d el cual tiene que recoger objetos que para este caso son monedas de colores diferentes según su lateralidad si es izquierda la moneda será azul y si es derecha la moneda será roja, esto con el fin de restaurar el sentido de lateralidad o enseñárselo. Tu participación es de tipo voluntaria y muy valiosa para mi, debido a que los resultados obtenidos nos ayudan a analizar el avance de estos pacientes y medir la efectividad del presente proyecto.

Los resultados obtenidos de cada prueba serán confidenciales, es decir que el reporte con la información de la evaluación no más lo sabrá quien haga parte de este estudio.

Nombre del Participante LAUREN SOPHIA BARU

Documento de identidad 1097921032

¿Quieres participar? Si No

Firma de la persona que obtiene el asentimiento

MARLENA TINOCO

c.c. 1116775433

Fecha ___ de _____ del _____

Firma del investigador



¡Hola! Soy HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, estudiantes de la Universidad Antonio Nariño del programa de ingeniería biomédica , Actualmente estamos realizando nuestro trabajo de grado, el cual consiste en un sistema aumentativo "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica" que permite desarrollar el sentido lateralidad en los niños de una manera interactiva y divertida mediante la cual pueda aprender e identificar la dirección(Izquierda y derecha)de esta manera nos permite evaluar las dificultades que pueden presentar los niños(a) en cuanto adquisición de los conocimientos. Debido a la emergencia sanitaria que atravesamos hoy en día no se puede realizar las pruebas en la institución, es por eso que pedimos respetuosamente que nos ayudes con tu participación solo si tus padres dan la autorización de que realices la evaluación.

La prueba consiste en interactuar con el sistema aumentativo el cual es el encargado del movimiento de un personaje dentro de un entorno 3d el cual tiene que recoger objetos que para este caso son monedas de colores diferentes según su lateralidad si es izquierda la moneda será azul y si es derecha la moneda será roja, esto con el fin de restaurar el sentido de lateralidad o enseñárselo. Tu participación es de tipo voluntaria y muy valiosa para mí, debido a que los resultados obtenidos nos ayudan a analizar el avance de estos pacientes y medir la efectividad del presente proyecto.

Los resultados obtenidos de cada prueba serán confidenciales, es decir que el reporte con la información de la evaluación no más lo sabrá quien haga parte de este estudio.

Nombre del Participante Gerardo Cabero Burbano

Documento de identidad 1104832238

¿Quieres participar? Si No

Firma de la persona que obtiene el asentimiento

Gerardo

C.c. 34 570.813

Fecha ___ de _____ del _____

Firma del investigador

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PADRES, ACUDIENTES O REPRESENTANTES LEGALES DE ESTUDIANTES
MENORES DE 18 AÑOS**

Este espacio debe ser diligenciado para niños (as) y jóvenes menores de 18 años:

Yo, María Orfelina Burbano Brawo mayor de edad, identificado(a) con C.C.
No. 34570813 En condición de representantes legales o acudiente del niño(a)
Geronimo Caberas B de 8 años de edad.

Manifiesto que he sido informado(a) de las condiciones de la participación mi hijo/a el cual ha sido escogido para hacer uso de una ayuda didáctica que pretende apoyar el sentido de lateralidad en el paciente por medio de una "Interface humano-máquina para la restauración del sentido de lateralidad en niños con parálisis cerebral espástica

" y resueltas todas las inquietudes y comprendido en su totalidad la información, autorizo:

La participación de mi hijo(a) en la prueba del sistema aumentativo

Así mismo manifiesto y acepto que:

Estoy conforme con la información e intervención que se me ha propuesto. He comprendido la información presentada por el estudiante HEYDER DANILO ORTEGA ORDOÑEZ, he podido preguntar y aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado consciente y libremente la decisión de poder autorizarle a mi hijo (a) que haga parte de estas pruebas.

DOY EL CONSENTIMIENTO

Nombre de la persona que obtiene el consentimiento María Burbano

Firma: María

Relación con el menor: Madre

Nombre completo del menor participante: Geronimo Caberas Burbano