

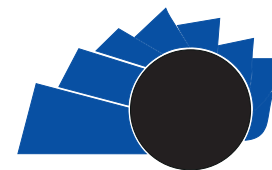


UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Visión Electrónica

Más que un estado sólido

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele>



Visión Electrónica

VISIÓN INVESTIGADORA

Tecnología lúdica para la rehabilitación de miembro superior en jóvenes

Ludic technology for the rehabilitation of upper limb in young people

Carolina Pimentel Gutiérrez¹, Fabián Eliécer Pinchao Papamija²,
Lady Carolina Rodríguez Rojas³, Ricardo Alonso Espinosa Medina⁴

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Enviado: 17/10/2018

Recibido: 27/11/2018

Aceptado: 12/12/2018

Palabras clave:

Extremidad superior

Juego

Juguete

Terapia

Rehabilitación

Open access



Keywords:

Upper limb

Playful activities

Therapy

Rehabilitation

RESUMEN

El proyecto de investigación consistió en el diseño de una tecnología lúdica utilizada como instrumento de rehabilitación en una actividad de juego, enfocada al restablecimiento de la función motriz del miembro superior, el cual está involucrado en la realización de actividades de la vida diaria (actividades como: aseo personal, sostener objetos, apoyarse, entre otras). El juego propuesto considera a la persona en su conjunto de sistemas físicos, intelectuales y psicosociales. El prototipo fue caracterizado con pruebas realizadas a 50 jóvenes de edades entre 16 y 22 años, aparentemente sanos, quienes decidieron participar de manera voluntaria de la actividad de juego. El juguete constó de: un brazalete electrónico (control remoto) y un carro de juguete que tenía la función de moverse simultáneamente con los movimientos que efectuaba el jugador con su extremidad superior. El juguete se moviliza en medio de una pista dividida por tres niveles de dificultad. Se constató que la actividad lúdica propuesta cumplió con los requerimientos de una actividad en el marco de la rehabilitación, puesto que se tiene en cuenta la estabilidad y realización de movimientos desde la articulación proximal del hombro, siguiendo por codo y muñeca, además se pueden obtener beneficios adyacentes, a nivel cognitivo, debido a que el jugador debe entender e identificar el espacio en el que se desarrolla el juego, de tal manera que el jugador plantea una estrategia de juego basado en secuencias lógicas, acciones y consecuencias, y en ciertas actitudes sociales, evidenciadas en la apreciación que genera el juego en el participante, evaluado a través de una encuesta en factores como: diversión, atención, presión, sentido de competencia y esfuerzo.

ABSTRACT

This research project consisted in the design of a playful technology, used as a rehabilitation instrument in a game activity, focused on the restoration of the motor function in the upper limbs. The game considered the person as a whole of physical, intellectual and psychosocial systems. The upper limbs are involved in daily-life activities (personal hygiene, holding objects, supporting, among others). The prototype was designed with tests performed on 50 young people between the ages of 16 and 22, apparently healthy, who decided to participate voluntarily in the game. The toy consisted of an electronic bracelet (remote control) and a toy car that had the function of displacing simultaneously with the movements made by the player with his upper extremity. The toy moves in the middle of a track divided by three levels of difficulty. It was found that the recreational activity was carried out with the requirement of an activity within the framework of the rehabilitation, because the construction and realization of movements are articulated, from the proximal joint of a shoulder, following the elbow and the wrist. It also carried adjacent benefits, at a cognitive level, because the player must understand and identify the space in which the game is developed, in such a way that the player presents a game strategy based on strategic actions, actions and consequences, and certain social attitudes, evidenced in the appreciation that the game generates in the participant, identified through an evaluation in factors such as: fun, attention, pressure, sense of competence and effort.

¹ Ingeniero Biomédico, Universidad Manuela Beltrán, Colombia. Correo electrónico: caropgutierrez@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5302-2199>

² Ingeniero Biomédico, Universidad Manuela Beltrán, Colombia. Correo electrónico: pinchao.fabian@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1196-2427>

³ Ingeniero Biomédico, Universidad Manuela Beltrán, Colombia. Correo electrónico: leidyrofriguez159@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4399-9240>

⁴ Ingeniero Biomédico, Universidad Manuela Beltrán, Colombia. Especialista en Bioingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Magíster en Ingeniería Biomédica, Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina. Afiliación institucional: Universidad ECCI, Colombia. Correo electrónico: respinosam@ecc.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-0138>

1. Introducción

Los miembros superiores desde la evolución del hombre han desempeñado un rol importante en el desarrollo de la vida humana [1], pues se establecen como un órgano de relación que garantiza la interacción con el entorno, además de ser un actor primordial en el lenguaje de comunicación corporal [2-3], su función motora consiste en la ejecución de movimientos voluntarios, que son iniciados en la corteza motora y la corteza de asociación ubicadas en el cerebro, estas regiones cerebrales planean la actividad y coordinan su secuencia [3-4].

El conjunto de habilidades motoras que involucran movimientos tales como la flexión, extensión, supinación, pronación de la extremidad superior [1-5] favorecen la realización de diferentes actividades de la vida diaria, como el juego, siendo una actividad fundamental para el proceso del desarrollo humano, dicha actividad se prolonga a lo largo de toda la vida, dedicándole la mayor parte del tiempo libre cuando se es niño (a) y joven. Sin embargo, cuando un niño (a) se enfrenta a una situación que le impide jugar, se interrumpen entonces los beneficios que el juego aporta a cada etapa del crecimiento, presentándose incluso un decremento de su calidad de vida, a causa de limitaciones físicas o mentales que imposibilitan el desarrollo de sus actividades cotidianas [6].

En la actualidad, se han incorporado tecnologías innovadoras en el juego terapéutico, que permiten la motivación y el placer, tienen el objetivo de ser libre, espontáneo y divertido, por lo que se propone el diseño de un juguete y se establece una actividad de juego, la cual fue caracterizada con la participación voluntaria de 50 jóvenes de edades entre 16 y 22 años, de manera que se hallaron características que identifican los beneficios del juego propuesto a nivel motriz, cognitivo y social. Luego de una breve descripción del marco teórico y de la propuesta de investigación, se establecen los materiales y métodos para evidenciar el diseño del juguete y la actividad de juego propuesta; posteriormente, se exponen los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los participantes de la actividad, dichas pruebas consistieron en la realización de la terapia motriz, pruebas de razonamiento viso-espacial abstracto antes y después del juego, y en una encuesta con una escala de puntuación cualitativa para definir el impacto de la actividad en el jugador. Finalmente, se establecen las conclusiones de la terapia de juego enfocada al restablecimiento de la función motriz de la extremidad superior.

2. Marco teórico

La extremidad superior para el ser humano ha cumplido un papel muy importante al adquirir durante la evolución un alto grado de libertad en los movimientos, se divide en las siguientes partes: el brazo entre el hombro y el codo, el antebrazo entre el codo y la muñeca, y la mano más allá de la muñeca. El brazo cumple funciones que requieren fuerza física (soportar pesos), sostener el cuerpo, sistemas de balanceo corporal, alzar y manipular objetos, dichas funciones pueden ser ejecutadas, gracias a la interacción de las articulaciones con los movimientos y acciones de los músculos, las cuales son denominadas habilidades motoras; estas habilidades se pueden clasificar en habilidades motoras gruesas y movilidad fina. La extremidad se encuentra en las habilidades motoras gruesas, ya que, ésta involucra grupos musculares grandes [2-7].

2.1. Extremidad superior

Los movimientos que logran efectuar los miembros superiores se deben a la interacción entre 32 huesos, 58 músculos, articulaciones, ligamentos, sistema circulatorio y sistema nervioso central [1]. La parte anatómica y el comportamiento fisiológico de los miembros superiores, permiten que las acciones sean coordinadas, precisas, adecuadas y funcionales, por lo que cualquier trastorno modificaría su función complementaria [2-8].

2.2. Rehabilitación

La palabra rehabilitación deriva del latín medieval y significa, “vuelta a la buena salud”, comprende todas las medidas dirigidas a reducir el impacto producido por condiciones incapacitantes y de hándicap, asume que el individuo es un conjunto de sistemas físicos, intelectuales, psicológicos y sociales interrelacionados, por lo que la rehabilitación se interesa por la persona en su conjunto [9]. Se debe tener en cuenta que las actividades son el medio terapéutico utilizado por el profesional para guiar y establecer procedimientos necesarios para la rehabilitación de un paciente, la cual debe adaptarse a sus necesidades, y contribuir al paciente en cuatro aspectos: físico, psicológico, social y económico [9]. Por otra parte, es fundamental que los pacientes entrenen y practiquen en contextos reales y con objetos reales [10].

En la actualidad, podemos encontrar dos tipos de tecnologías lúdicas utilizadas en rehabilitación

física, las que utilizan objetos reales y los juegos basados en realidad virtual, proporcionan al usuario la posibilidad de obtener experiencias similares a actividades y eventos que acontecen en la vida real [11], proporciona un aprendizaje motor en las tres dimensiones del espacio. La interacción con el sistema se consigue a través de diversos canales multisensoriales (vista, oído, tacto e incluso olfato) y la inmersión se considera el grado en que la persona se siente envuelto en el entorno virtual [12]. El *Kinect* por ejemplo, es un dispositivo para el reconocimiento de movimientos, mediante cámaras de profundidad, sensor de color y sensor de infrarrojos. Otra tecnología es el *Leap*, dispositivo que soporta movimientos de la mano y de los dedos como entrada, a través de dos cámaras de infrarrojo y de tres *LEDs* infrarrojos [13-14]. Otra solución en la rehabilitación de miembro superior, son los exoesqueletos, estructuras que se usan en el cuerpo humano a manera de prenda de vestir, tal como lo describe el término inglés *wearable robots* [15], que sirve como apoyo, protección y se usa para asistir los movimientos y/o aumentar las capacidades físicas del cuerpo humano [16]. Como ejemplos recientes en el mercado tenemos, *ARMIN*, un exoesqueleto que ha ido evolucionando, posee seis grados de libertad activos, para un movimiento complejo del brazo desde el hombro hasta la muñeca. *Armeo*, este exoesqueleto está dirigido a pacientes con desórdenes neurológicos y lesiones cerebrales. *Power*, dispositivo que permite una temprana rehabilitación de las habilidades motrices y provee un soporte inteligente del miembro superior en un espacio de tres dimensiones [17].

Las tecnologías que utilizan recursos virtuales, son poco implementadas en las instituciones de salud colombianas, por costos y capacitación para usarlas apropiadamente. Además, los jugadores no son conscientes de las consecuencias e implicaciones enfrentadas en el juego, es decir; si un niño pierde en un juego virtual por haber chocado un auto, no va a concientizarse realmente de que se cometió un error que produjo una consecuencia.

3. Descripción de la alternativa

El juego se constituye como una actividad complementaria y esencial para el crecimiento de niños (as) y jóvenes, que presenten dificultades en su desarrollo motriz y cognitivo, o que requieran fortalecer habilidades y destrezas primordiales para su vida adulta, considerándose el juego como

una actividad terapéutica [18]. La dificultad que pueda implicar el juego, lo hace atractivo para el participante, pese a esto, no todos los juegos brindan a los terapeutas la posibilidad de aumentar y modificar los movimientos que requiera para la rehabilitación del individuo [19].

Durante el juego el sujeto puede distraer la atención, tener deseo de cambiar de actividad, perder el interés, sentir frustración con respecto al resultado obtenido en el juego, por lo que conseguir una alta motivación es muy importante para el cumplimiento de las metas de un individuo durante una sesión de terapia [20]. Dichas sesiones requieren de instrumentos de rehabilitación que puedan ser utilizados para el desarrollo de la actividad terapéutica, estos son: los juguetes, los cuales, cumplen la función de complementar el juego, y poseen un alto significado dentro de los procesos terapéuticos [21]. Por lo general, la actividad terapéutica relacionada al juego y teniendo como instrumento el juguete, se adapta a las características propias del individuo a quien se dirige la terapia, lo que no permite que la misma actividad pueda ser utilizada con otros sujetos de características diferentes, por lo que es necesario que el juguete sea un “diseño para todos”, de forma que niños (as) y jóvenes con y sin deficiencia motriz puedan utilizar los mismos juegos en similares condiciones [22].

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se propone un juego atractivo y divertido que consiste en que el jugador a través de ciertos movimientos del miembro superior, pueda controlar remotamente el desplazamiento de un carro de juguete en medio de una pista que gradualmente aumenta la dificultad del recorrido; el nivel de dificultad se relaciona con la cantidad de giros y el ancho del camino [23].

4. Materiales y Métodos

En el siguiente apartado se describe el diseño del juguete compuesto de un carro, un brazalete y una pista.

4.1. Diseño del carro de juguete

Se diseña un carro de juguete en un software especializado de modelamiento en 3D. El cual cuenta con las siguientes medidas: 13 cm de alto, 21 cm de largo y 11 cm de ancho (Figura 1).

Figura 1. Carro de juguete



Fuente: elaboración propia.

El objeto recibe la señal enviada por el brazalete a través de comunicación por radiofrecuencia, la señal análoga es decodificada y enviada al circuito de acondicionamiento de los motores DC que permiten que el juguete avance hacia adelante o atrás, gire a la derecha o izquierda (Figura 2).

4.2. Diseño del brazalete electrónico (control remoto)

El brazalete basa su funcionamiento en los controles remotos de los carros de juguete convencionales, inutilizando la función del sistema

de pulsadores manuales, pues, las órdenes de desplazamiento del carro de juguete se reciben desde un sensor de posicionamiento, es decir, un acelerómetro de *Arduino* Ref.: MMA8452, a partir de la coordenada de ubicación (X,Y,Z) detectada por el sensor, se programaron en el microcontrolador MEGA 328P de *Arduino* las órdenes de desplazamiento del carro de juguete para cada uno de los cinco movimientos que ejercitaba el jugador con su extremidad superior (Figura 3).

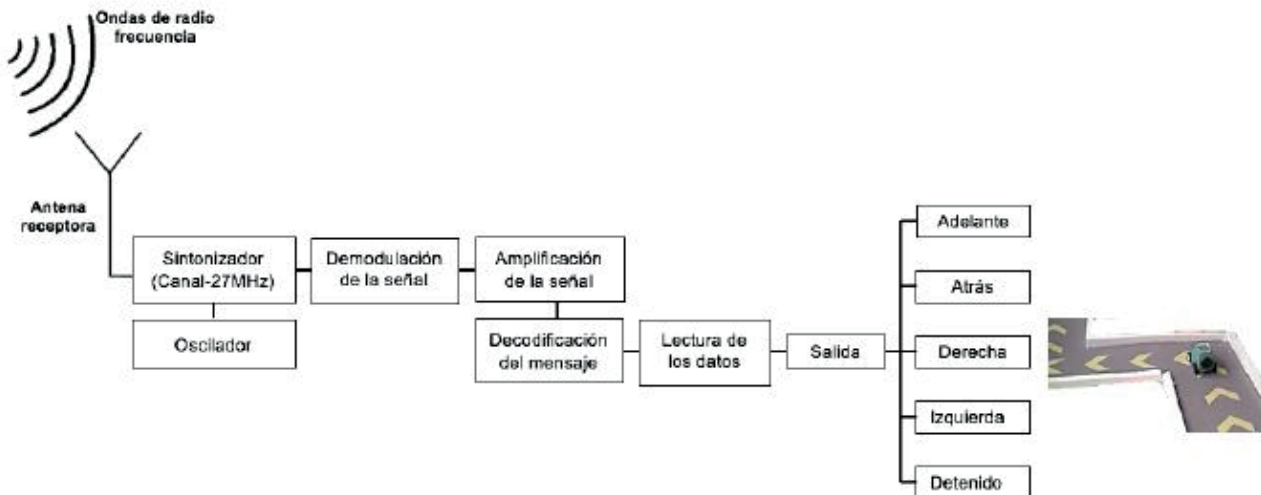
Figura 3. Brazalete (control remoto)



Fuente: elaboración propia.

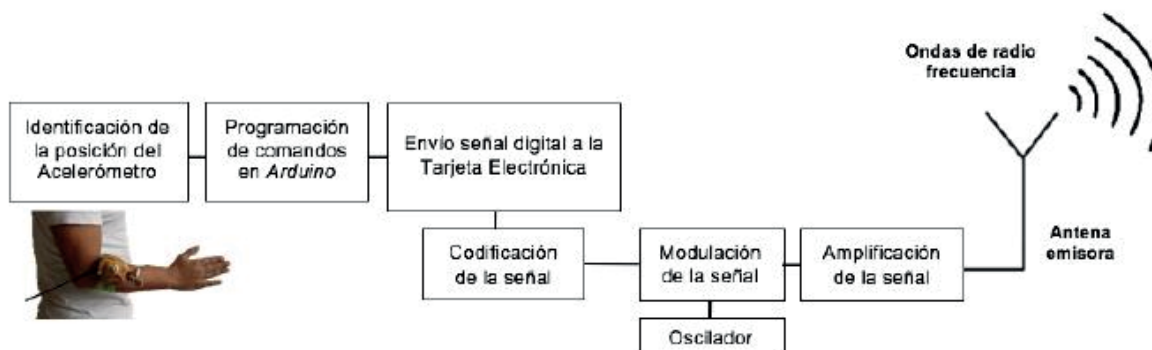
El brazalete fue diseñado para ubicarse específicamente en la cara posterior de la región del antebrazo proximal al codo (Figura 4).

Figura 2. Diagrama de funcionamiento del carro de juguete



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de funcionamiento del brazalete



Fuente: elaboración propia.

4.3. Diseño de la pista de juego

Con el apoyo y acompañamiento del área de investigación de Terapia Ocupacional de la Universidad Manuela Beltrán, se diseñó una pista unidireccional con tres niveles de dificultad, el cual fue avalado por la Terapeuta Ocupacional Magister en Neurociencias Angélica Jhoan Alarcón García.

La actividad enfocada en la rehabilitación de miembro superior, tiene en cuenta la estabilidad y realización de movimientos desde la articulación proximal de hombro, siguiendo por codo y muñeca; así mismo la realización de alcances proximal, medial y distal (Figura 5). La pista fue impresa en *banner* de vinilo rugoso y cuenta con las siguientes medidas: 180 cm de ancho x 480 cm de largo (Figura 6).

Figura 6. Pista impresa



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Diseño gráfico de la pista: (A.) Nivel 1; (B.) Nivel 2; (C.) Nivel 3



Fuente: elaboración propia.

4.4. Movimientos del miembro superior

Los movimientos que permiten el desplazamiento simultáneo del carro de juguete en la pista, se describen en el siguiente apartado.

4.4.1. Carro de juguete detenido

Para que el carro de juguete permanezca detenido, es necesario que el jugador mantenga el hombro en flexión, con una amplitud de 25° a 90° . A su vez, el codo debe permanecer en extensión completa, formando un ángulo de 180° entre el brazo y el antebrazo. Finalmente, el jugador debe sostener la mano en pronación de manera que la palma de la mano queda orientada hacia el suelo (Figura 7) [24-25].

Figura 7. Carro de juguete detenido



Fuente: elaboración propia.

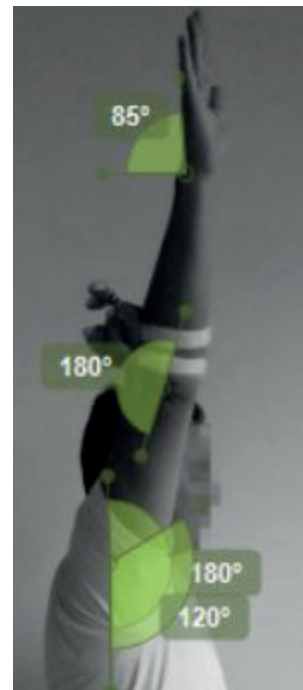
4.4.2. Carro de juguete avanzando hacia adelante

Para realizar el desplazamiento del carro de juguete hacia adelante, el jugador con el codo en extensión completa, debe realizar una elevación del miembro superior, que consiste en la flexión del hombro, aumentando gradualmente hasta una amplitud de 10° a 180° (Figura 8). La elevación se puede realizar en 2 tiempos, primero alcanzando de 10° a 120° , activando el trapecio y el serrato anterior, y luego llegando de 120° a 180° de amplitud con la colaboración del raquis [24].

4.4.3. Carro de juguete avanzando hacia atrás

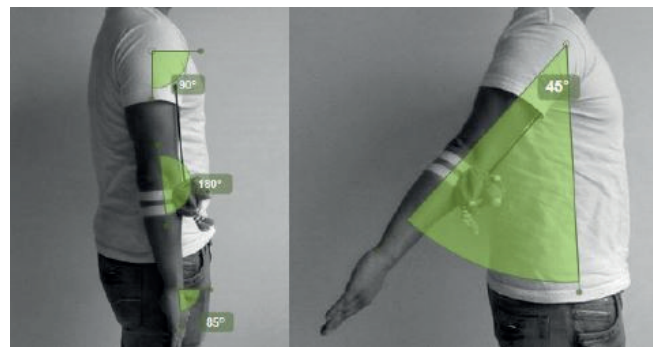
Con el miembro superior en modo vertical sin alejarlo del tronco, con el codo en extensión (180°), y con el pulgar de la mano orientado medial, se debe realizar una extensión del hombro en 2 tiempos, primero de 90° en la que el miembro superior permanece vertical en el plano sagital, y luego extendiéndolo de 45° a 50° , es decir realizando un movimiento de hasta 140° (Figura 9) [24].

Figura 8. Carro de juguete avanzando hacia delante



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Carro de juguete avanzando hacia atrás en 2 tiempos

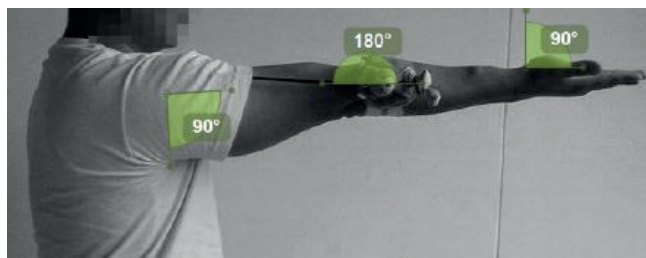


Fuente: elaboración propia.

4.4.4. Carro de juguete girando hacia la derecha

El carro de juguete gira hacia la derecha cuando el hombro se encuentra en flexión de 90° , el codo en extensión de 180° y la mano en supinación, de modo que la palma de la mano permanece orientada hacia el techo, y el pulgar adopta una orientación lateral (Figura 10). En este movimiento se realiza una rotación del hombro hacia afuera [24].

Figura 10. Carro de juguete girando hacia la derecha

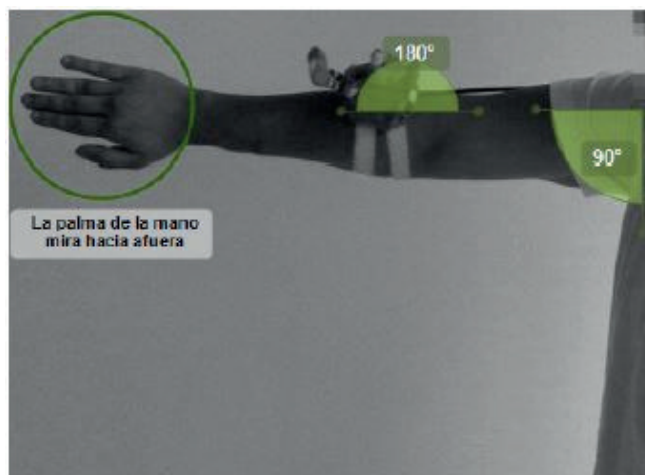


Fuente: elaboración propia.

4.4.5. Carro de juguete girando hacia la izquierda

Para que el desplazamiento del carro de juguete se produzca hacia la izquierda, en primer lugar, el miembro superior debe realizar un movimiento de abducción de 45° a 90° , luego, el jugador, debe hacer una extensión de -10° a -180° , en el plano sagital, de manera tal, que la palma de la mano queda mirando hacia afuera (Figura 11). Este gesto es comparable a la maniobra descrita en la “paradoja” de Codman, que en realidad describe una rotación interna del miembro superior sobre su eje longitudinal [24].

Figura 11. Carro de juguete girando hacia la izquierda



Fuente: elaboración propia.

4.5. Diseño de la Actividad de Juego

A continuación, se describe la actividad de juego propuesta:

4.5.1. Antes de iniciar el juego

Antes de jugar, el participante realizó una evaluación de razonamiento visoespacial abstracta de 4 preguntas, para lo cual, se estableció un tiempo de 3 minutos.

4.5.2. Durante el juego

Se ubica el brazalet en el brazo dominante del participante, a quien se le explican los diferentes movimientos que le permiten controlar el carro de juguete sobre la pista. De igual modo, se indica al participante que se realizará un conteo de los diferentes movimientos y repeticiones que realice, y, que cuenta con un tiempo máximo de 5 minutos para superar los tres niveles de dificultad.

4.5.3. Después de terminar el juego

Después de jugar, el participante presentó de nuevo una evaluación de razonamiento visoespacial abstracta de 4 preguntas, que poseían el mismo nivel de dificultad de la evaluación inicial. Por último, se solicitó al jugador que realizara un cuestionario/ encuesta, de forma individual y a conciencia, la encuesta dividida en cinco categorías: Diversión, Atención, Presión, Sentido de Competencia y Esfuerzo, contenía cinco afirmaciones para cada categoría como: “Disfruté del juego, sentí que me divertía”, “El juego fue difícil para mí”, “Me sentí satisfecho con mi desempeño”, etc., afirmaciones a las que el participante debía responder si estaba “Muy de acuerdo”, “De acuerdo”, “Indiferente”, “En desacuerdo”, o, “Muy en desacuerdo”, obteniendo una escala cuantitativa de 1 a 5. Adicionalmente, se incluyeron en la encuesta tres preguntas abiertas como: ¿Qué mejoraría en el juguete para que usted lo use?, o, ¿Qué es lo que más le gusta de la actividad de juego?, de manera que el participante pudo expresar su experiencia, percepción y opinión con respecto a la actividad desarrollada.

5. Resultados

El juego, para algunos autores como Gardner, es considerado un instrumento de rehabilitación [26], debe tener las características propias de una terapia que permita al individuo desarrollar su propia capacidad física y mental [27]. Para comprobar estas características, se propuso el diseño de un juguete y de una actividad de juego.

Los juguetes utilizados como instrumento de rehabilitación en una terapia, pueden proporcionar a los pacientes una experiencia y un ambiente atractivo, no sólo para hacer que la terapia sea más interesante, sino también para alentar y motivar a los pacientes, poniendo más de sus esfuerzos en los ejercicios [28], es por esto que se detectaron diferentes características en la actividad de juego propuesta que favoreció la alta motivación y el desarrollo de ciertas actitudes sociales, por ejemplo, capturar la atención durante la realización de la actividad tuvo una percepción de favorabilidad del 48%, por otro lado, la perceptibilidad de diversión proporcionada por la actividad, resultó favorable para el 52% de los participantes voluntarios, y, muy favorable para el 36% de ellos, en el mismo orden de ideas, el sentido de competencia de los jugadores resultó ser favorable y muy favorable en un 52% y 34%, respectivamente, a su vez, la perceptibilidad que tuvo el jugador respecto al esfuerzo requerido para realizar la actividad, resultó favorable y muy favorable para el 52% y 34% de los participantes, apenas desfavorable para el 14% de ellos. Finalmente, la sensación de presión o tensión durante el juego presentó una desfavorabilidad para el 8% de los participantes.

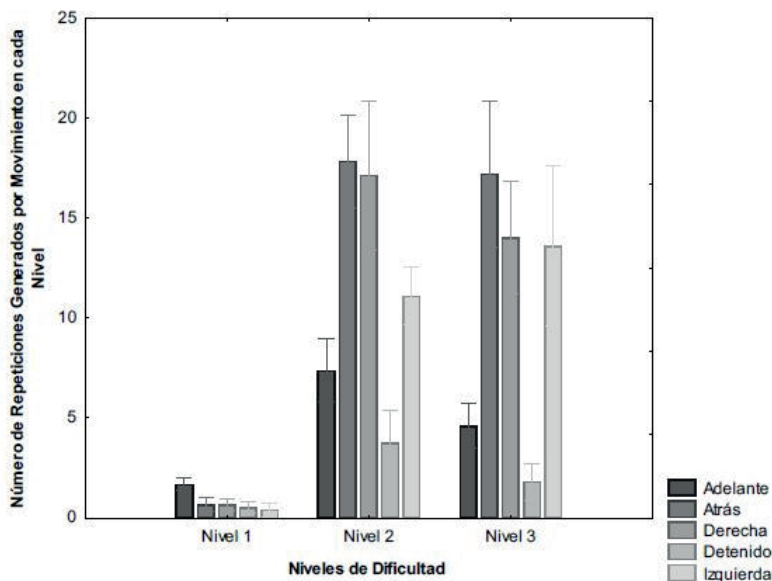
En el entorno clínico es frecuente encontrar los juegos de realidad virtual y juegos reales o físicos, los cuales, se caracterizan por su simplicidad

funcional, tangibilidad y uso doméstico [29]. Es así como diversos estudios de autores destacados como Sunderland, Butefisch, Duncan, Kwakkel, Parry, y Nelles, evidencian que los juegos que son usados en las terapias de rehabilitación con pacientes que presentan algún déficit en su extremidad superior, tienen efectos positivos funcionalmente cuando la terapia es orientada a tareas reales es decir, actividades que involucran la practica constante de acciones funcionales con un objeto real y, en un entorno real; incluso los pacientes pueden mostrar una mejor función motriz cuando la actividad implica precisamente la interacción útil con un objeto real, que cuando se trata de una actividad abstracta [30]. Razón por lo cual se decide elaborar una tecnología lúdica en la que el participante pueda interactuar en un ambiente de juego real.

El ambiente de juego tenía tres niveles de dificultad (Figura 5), y la diferencia entre estos se respaldó en la cantidad de movimientos necesarios para superar cada nivel, por lo que el juego logra ser atractivo para el jugador cuando resulta difícil de jugar [31], siendo esta una característica importante, teniendo en cuenta que los niveles de dificultad conllevan a un factor de alta motivación en el individuo durante una terapia [32].

La Figura 12 evidencia, a nivel motriz, los movimientos más representativos en cada uno de los

Figura 12. Cantidad de movimientos (adelante, atrás, derecha, izquierda, detenido) realizados en cada nivel de dificultad



Fuente: elaboración propia.

niveles de complejidad de la pista. Se ha observado que los ejercicios repetitivos son útiles para proporcionar al cerebro suficientes estímulos para remodelarse y proporcionar mejor control motor [32], dado que los juegos requieren movimientos repetitivos para jugar, se puede lograr una gran cantidad de práctica sin acudir a la monotonía [28].

Para el nivel 1 (Figura 5 a) el movimiento realizado con mayor frecuencia por los participantes era el que permitía que el carro de juguete se desplazara hacia delante, con un promedio de 2 repeticiones; en el nivel 2 (Figura 5 b) los movimientos más frecuentemente utilizados por los participantes eran los que consistían en avanzar hacia atrás, con un promedio de 18 repeticiones, y, girar hacia la derecha, con un promedio de 17 repeticiones, siendo el 32% y 30%, respectivamente, del total de repeticiones realizadas con todos los gestos. También, se evidenció que el movimiento que permite hacer girar el carro de juguete hacia la izquierda correspondía al 20% del total de repeticiones; en el nivel 3 (Figura 5 c), teniendo en cuenta que sólo 6 jugadores llegaron a la meta superando los tres niveles de dificultad de la pista en menos de 5 minutos, se encontró que los movimientos más frecuentemente utilizados por los participantes fueron: avanzar hacia atrás, con un promedio de 17 repeticiones; girar hacia la izquierda, con un promedio de 13 repeticiones, y, girar hacia la derecha, con un promedio de 14 de repeticiones.

De otro lado, entre los niveles 2 y 3 la principal diferencia hallada, fue que aumentaron las repeticiones del movimiento que permite hacer girar el carro hacia la izquierda, en un 8%, y con ello la ejercitación de diferentes músculos. A su vez, disminuyó el número de repeticiones del movimiento que cada participante realizaba para que el carro girara hacia la derecha, en un 4%. Lo anterior, permite identificar inicialmente diferencias de dificultad entre estos niveles. Teniendo en cuenta que los participantes tuvieron menos tiempo para superar el nivel 3, puede darse lugar a variaciones en los resultados característicos obtenidos para esa etapa. El conjunto de movimientos de la extremidad superior que implican el desplazamiento del carro de juguete, incluye la utilización de la totalidad del miembro superior y con ello la ejercitación de diferentes músculos, con el objetivo de adaptar al paciente a sus actividades de la vida diaria [30].

Por otra parte, a nivel cognitivo, los resultados obtenidos por los hombres que realizaron la prueba antes de participar en el juego, evidenciaron que el

16% de este grupo obtuvo la menor calificación, es decir, 1.0, el 47% logró una calificación de 2.0, y el 37% del grupo de hombres obtuvieron calificaciones entre 3.0 y 4.0. Sin embargo, después de haber jugado, se observó una mejora en los resultados, observándose que ningún participante obtuvo la calificación de 1.0, el 32% obtuvieron 2.0 y un 68% de los hombres alcanzaron una calificación de 3.0 y 4.0. De otro lado, los resultados obtenidos por el grupo mujeres que realizaron la prueba antes de participar en el juego, evidenciaron que un 64% de este grupo obtuvo la menor calificación posible, es decir, de 1.0 y 2.0, el 36% obtuvo un puntaje de 3.0, y, ninguno de los participantes de ese grupo logró obtener la mayor calificación posible de 4.0. No obstante, se evidencia que después de haber jugado, el número de respuestas acertadas aumentó, pues, se observó una mejora en los resultados, el 32% de los sujetos obtuvieron una calificación de 1.0 a 2.0, el 48% obtuvo 3.0, y, un 20% del grupo de mujeres lograron la mayor calificación posible, 4.0.

Los participantes, eran individuos aparentemente sanos, razón por la cual los resultados no se podrían generalizar para las diversas poblaciones con deficiencia motriz de la extremidad superior, sino que, sirven como medidas de referencia que ayudan a determinar cuándo un paciente con una patología en miembro superior, está logrando o no, avances en su terapia de rehabilitación, puesto que se puede contrastar la actividad obtenida por el paciente y la de los sujetos sanos, datos obtenidos en esta investigación. Finalmente, el juguete diseñado y la actividad de juego propuesta, caracterizan el prototipo como un posible instrumento de rehabilitación, enfocado al restablecimiento de la función motriz en la extremidad superior, que además, puede brindar beneficios adyacentes a nivel cognitivo y psico-social.

6. Conclusiones

Se desarrolló un juguete con las características de un instrumento de rehabilitación que consistió en el diseño de un carro de juguete y del entorno o ambiente de juego. A través de la prueba piloto realizada con los participantes voluntarios de la actividad, se evidenció un impacto positivo en el fortalecimiento de habilidades motrices, porque se requiere que el jugador ejercite varios movimientos, y con ello diferentes músculos del miembro superior mediante el control remoto del carro de juguete; cognitivas, debido a que el jugador debe comprender e identificar el ambiente de juego; y en ciertas actitudes sociales, evidenciadas por la apreciación

que tuvieron los participantes sobre el juego, requirió esfuerzo, sentido de competencia, capturó la atención, y fue divertido. Por otra parte, se identifica que la posibilidad de utilizar o no este juego como medio terapéutico, reside en la orientación del terapeuta hacia el proceso terapéutico del paciente.

7. Reconocimientos

Ganadores de la Feria de Ingeniería Biomédica de la Universidad Manuela Beltrán, año 2015. Ponentes en el Primer Encuentro de Semilleros de Investigación, año 2015. Ponentes en el Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica en Bucaramanga-CLAIB, año 2016. Producto de investigación del Semillero de Investigación en Tecnologías Biomédicas como Herramienta en Terapias Lúdicas para Niños, de la Universidad Manuela Beltrán, año 2017.

Referencias

- [1] F. J. Kottke y J. F. Lehmann, “Medicina física y rehabilitación”, Madrid, Editorial Médica Panamericana, 2000.
- [2] M. M. Clarkson, “Proceso Evaluativo Musculoesquelético” de Proceso Evaluativo Musculoesquelético, Barcelona: Paidotribo, 2003, Capítulo 3: Complejo del Hombro.
- [3] NINDS, “Cerebral Palsy: Hope Through Research” mayo de 2016. [En línea]. Disponible en: www.ninds.nih.gov/disorders/stroke/stroke.htm
- [4] “Ley Estatutaria 1622 de 2013” [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiajoven.gov.co/atencionaljoven/Documents/estatuto-ciudadania-juvenil.pdf>
- [5] H. I. Krebs, B. T. Volpe, M. L. Aisen y N. Hogan, “Increasing productivity and quality of care: robot-aided neuro-rehabilitation” *Journal of Rehabilitation Research and Development.*, vol. 37, n° 6, pp. 639-652, 2000.
- [6] L. E. Peña, K. G. Gómez, M. M. Vargas, *et.al*, “Determinación de rangos de movimiento del miembro superior en una muestra de estudiantes universitarios mexicanos” *Rev. Ciencia Salud*, 2018, pp. 64-74, <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.6845>
- [7] T. Baranowsk, F. Blumberg y R. Buday, “Games for Health for Children—Current Status and Needed Research” *Games for health journal*, vol. 5, n° 1, pp. 1-10, 2016, <https://doi.org/10.1089/g4h.2015.0026>
- [8] N. Palastanga, D. Field y S. Roger, “Anatomía y Movimiento Humano, Estructura y Funcionamiento” de Anatomía y Movimiento Humano, Estructura y Funcionamiento, Barcelona: Paidotribo, 2000, pp. Capítulo 3—Extremidades Superiores.
- [9] N. S. Beng, F. D. Amirabdollahian y D. A. Basteris, “Designing Motivational Games for Stroke Rehabilitation” *IEEE Xplore*, pp. 166-171, 2014.
- [10] D. Bauer, “Rehabilitacion enfoque integral principios practicos”, Barcelona España, Masson Salvat Medicina, Ediciones científicas y técnicas sas, 1992.
- [11] S. García, A. Goya, A. Garbayo, “Fracturas de la extremidad superior”, mayo 2018, [En línea] Disponible en: <http://www.cfnavarra.es/salud/PUBLICACIONES/Libro%20electronico%20de%20temas%20de%20Urgencia/19.Traumatologia%20y%20Neurocirugia/Fracturas%20de%20la%20extremidad%20superior.pdf>
- [12] N. Palastanga, D. Field y S. Roger, “Anatomía y Movimiento Humano, Estructura y Funcionamiento” de Anatomía y Movimiento Humano, Estructura y Funcionamiento, Barcelona, Paidotribo, Capítulo 3-Extremidades Superiores, 2000.
- [13] U. D. Pereira, “Abordaje y manejo de la parálisis cerebral. Colombia” mayo de 2018, [En línea] Disponible en: <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GU%20C3%8DA-PAR%20C3%81LISIS-CEREBRAL-FINAL.pdf>
- [14] K. Gerling y M. Masuch, “When Gaming is not Suitable for Everyone: Playtesting Wii Games with Frail Elderly” 1st Workshop on Game Accessibility: Xtreme Interaction Design, 2011.
- [15] L. Device, “Leap Device” mayo de 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.leapmotion.com/product>

- [16] H. I. Krebs, B. T. Volpe, M. L. Aisen y N. Hogan, "Increasing productivity and quality of care: robot-aided neuro-rehabilitation" *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 37, n° 6, pp. 639-652, 2000.
- [17] F. Muri, C. Carbajal, E. Pérez, H. Fernández, A. M. Echenique y N. López, "Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual" *Ingeniería Biomédica*, vol. 7, n° 14, pp. 81-89, 2013.
- [18] E. Fernandez , A. Ruiz y G. Sanchez, "Tratamiento de la extremidad superior en la hemiplejia desde terapia ocupacional" *Revista TOQ*, vol. 7 n° 11, pp. 1-24, Febrero 2010.
- [19] M. C. d' Ornellas, D. J. Cargnin y A. L. Cervi, "A thoroughly approach to upper limb rehabilitation using serious games for intensive group physical therapy or individual biofeedback training" de Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, Brazil , 2014, <https://doi.org/10.1109/SBGAMES.2014.22>
- [20] O. D. I. Accesibilidad, "Clasificación Internacional de Ayudas Técnicas ISO 9999" CEAPAT-Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, [En línea]. Disponible en: <https://www.observatoriodelaaccessibilidad.es/fotos/files/clasificacion-productos-apoyo.pdf>
- [21] "Ley 375 de Julio 4 de 1997" [En línea]. Disponible en: <http://wsp.presidencia.gov.co/ColumbiaJoven/Documents/Ley-375-04jul1997.pdf>
- [22] F. M. Celina, E. Pérez, H. Fernández, A. M. Echenique y N. López, "Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual". Universidad EIA, *Revista de Ingeniería Biomédica*, vol. 7, n°. 14, 2013.
- [23] E. Monge Pereira, F. Molina Rueda, I. M. Alguacil, R. Cano de la Cuerda, A. Mauro y J. C. Miangolarra, "Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica" *Neurología*, vol. 29, n°. 9, pp. 550-559, 2012.
- [24] J. E. Cifuentes Zapien, J. A. Valdez Aguilar, F. J. Rojas Correa, J. E. Chong Quero y A. Pineda Olivares, "A Video Game for an Upper Limb Rehabilitation Robotic System for Children with Cerebral Palsy" *IEEE Xplore*, pp. 189-193, 2011, <https://doi.org/10.1109/PAHCE.2011.5871877>
- [25] H. J. Hislop y J. Montgomery, "Pruebas Funcionales Musculares" de Pruebas Funcionales Musculares, Casa Editorial: Marban, Los Angeles (California), pp. Capítulo 4, Examen de los músculos de la extremidad superior, pp. 57-121, 1997
- [26] M. Gandulfo y S. Young, "Juguete Terapéutico para desarrollar la Motricidad Fina en niños con TEA (Trastorno del Espectro Autista) de 1 a 6 años" FADU, Universidad de Buenos Aires, Carrera de Diseño Industrial, Buenos Aires, 2011.
- [27] R. Rivas, J. Moreno y J. Talavera, "Investigación clínica XVI Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney" *Med Inst Mex Seguro Soc*, vol. 2, n° 9, pp. 414-419, 2013.
- [28] J. W. Burke, M. D. J. McNeill, D. K. Charles, P. Morrow, J. H. Crosbie y S. M. McDonough, "Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation" de Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, Northern Ireland, 2010.
- [29] S. Sue Dahl Popolizio, J. Loman y C. Clemency Cordes, "Comparing Outcomes of Kinect Videogame-Based Occupational/Physical Therapy Versus Usual Care" *Games for health journal*, vol. 3, n° 3, pp. 157-161, 2014, <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0002>
- [30] C. Schaefer y K. O'Connor, "Manual de terapia de juego", Casa Editorial: El Manual Moderno, Ciudad de México, p. 450, 2012
- [31] F. Wittmann, O. Lambercy, R. R. Gonzenbach, M. A. van Raai, R. H'over, J. Held, M. L. Starkey, A. Curt, A. Luft y R. Gassert, "Assessment-Driven Arm Therapy at Home Using an IMU-Based Virtual Reality System" de International Conference on Rehabilitation Robotics, Switzerland, 2015, <https://doi.org/10.1109/ICORR.2015.7281284>
- [32] J. Martin Martin, A. Cuesta Vargas y M. Labajos Manzanares, "Efectividad clínica de la intervención terapéutica sobre la mano con realidad virtual en sujetos hemipléjicos: revisión sistemática" *Fisioterapia, El Sevier*, vol. 37, n°. 1, pp. 27-34, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.ft.2014.02.002>