SWING. PROYECTO DE GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

José María Campo Viñas, Mariana Cifuentes Jaramillo, Silvana Huertas Penen, María Alejandra León Aguirre, Angie Paola Roldán Enríquez y Juan Sebastián Sánchez Gómez

Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia

Resumen

La parálisis cerebral es una enfermedad que deteriora la calidad de vida de los niños que la padecen. El 80% de los casos solo presentan daño motor, que dificulta la movilidad e independencia para realizar actividades cotidianas. Para entender más a fondo, se observan terapias de diferentes pacientes pediátricos en el centro de rehabilitación ACONIÑO. A partir de esto surge Swing, dispositivo basado en videojuegos y actividad muscular para proporcionar una terapia divertida y con la misma validez que la realizada en casa sin la presencia del fisioterapeuta, ésta tendrá retroalimentación de los ejercicios y evaluación del progreso. El dispositivo busca reforzar la realización de tareas cotidianas de los niños, como lo son el agarre de objetos, la escritura y los movimientos de extensión, necesarios para su etapa escolar y que permiten mayor independencia, conllevando a una mejora en la calidad de vida. El sistema propuesto consta de dos partes. La primera es un videojuego que, por medio de movimientos empleados en rehabilitación, se realicen distintas tareas en una interfaz. La segunda es un mando de control, a manera de brazalete, que capte señales electromiográficas y cambios de posición (con acelerómetros), las cuales podrán ser almacenadas y procesadas para enviar al médico. Además, en algunos juegos el niño deberá dibujar un diseño pre-diseñado que represente el avatar con el que va a jugar, para esto se emplea un elemento de apoyo, a manera de mano, para reforzar la idea del soporte a la hora de escribir, mejorando la postura y fuerza de esta extremidad. Con esto, el niño se divierte, mientras realiza su terapia.

Palabras clave: neurorehabilitación; videojuego; neurociencias

Abstract

Cerebral palsy is a disease that deteriorate the quality of life of children who suffer from it. The 80% of the cases only present motor damage, which makes mobility and independence difficult to perform daily activities. To really understand the disease and the rehabilitation of these children, therapies made to different pediatric patients were observed in the ACONIÑO rehabilitation center. From this arises Swing, device based on video games and muscle activity to provide a fun therapy and with the same validity as the one performed at home without the presence of the physiotherapist, it will have feedback of the exercises and evaluation of progress. The device seeks to reinforce the daily tasks of children, such as the grasping of objects, writing and extension movements, necessary for their school stage and allowing greater independence, leading to an improvement in quality life. The proposed system consists of two parts. The first is a video game that, through movements used in rehabilitation, perform different tasks in an interface. The second is a control command, as a bracelet, that captures electromyographic signals and changes of position (with accelerometers) of the extremity, which can be stored and processed to be send to the treating doctor. In addition, in a few games the child would need to draw a pre-made design that represents the avatar with which the child would play, for this a support element is used, as a hand, to reinforce the idea of the support when writing, improving the posture and strength of this extremity. With this, the child is having fun, while doing his therapy.

Keywords: *neurorehabilitation; video game; neurosciences*

1. Introducción

La parálisis cerebral (CP) es una lesión que se da en el encéfalo durante el desarrollo del sistema nervioso, es decir se puede dar durante el embarazo, en el momento del parto o en los primeros meses de lactancia (Martínez, *et al.,* 2008).

Dicha enfermedad genera desórdenes motores que afectan el movimiento y la postura, ésta puede ser espástica (aumento del tono muscular), atáxica (pérdida de equilibrio e hipotonía que es debilidad muscular) o mixta, entre estas la más común es la espástica con un porcentaje que oscila entre 64%-82% (Vallejo, 2006), la distribución de esta clasificación generada según el área del encéfalo lesionado se puede evidenciar en la Figura 1. Además, se puede clasificar según la zona del cuerpo que afecta, por ejemplo, si afecta solo un lado del cuerpo se clasifica como hemiplejía, si afecta las cuatro extremidades, pero en mayor medida las inferiores se clasifican como diplejía, si afecta las cuatro extremidades junto con el tronco y en gran manera las extremidades superiores se clasifican como tetraplejía, entre otros, la distribución de esta clasificación se puede detallar en la Figura 2 (Martínez, *et al.,* 2013). Esta enfermedad es de importancia, puesto que los individuos que la padecen poseen diversos límites respecto al rol y la forma en que se pueden desempeñar en su sociedad generando así una condición de discapacidad y en muchas ocasiones se refugian en el aislamiento (Organización mundial de la salud, 2004).

A nivel mundial, la PC tiene una prevalencia de 2 cada 1000 niños nacidos, lo que en Colombia equivaldría a 962 niños con este padecimiento al año, entre los cuales el 61% tienen entre 6 y 12 años (Martínez, et al., 2013). Además de las clasificaciones anteriormente nombradas, esta enfermedad se puede categorizar en 5 niveles según la clasificación de la función motora gruesa (GMFCS por sus siglas en inglés) que tiene una validez del 91%, en donde el nivel I corresponde a una función motora alta y el nivel V a una muy baja, en la Figura 3 se puede observar la distribución de dichos niveles de los niños entre 0-12 años con parálisis cerebral en Colombia (Martínez, *et al.,* 2013).

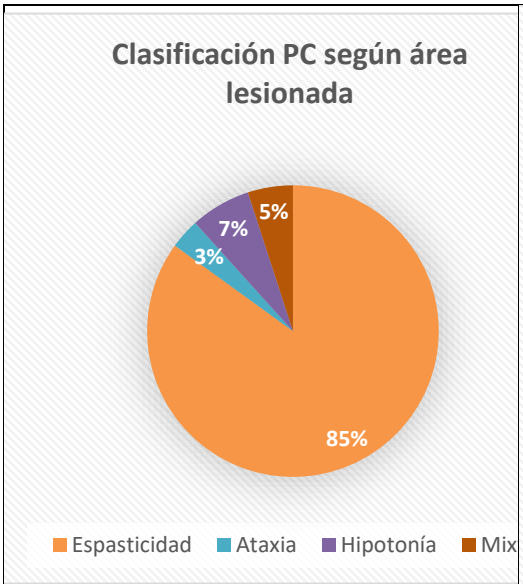

Figura 1. Clasificación según área lesionada (Martínez, et al., 2013).

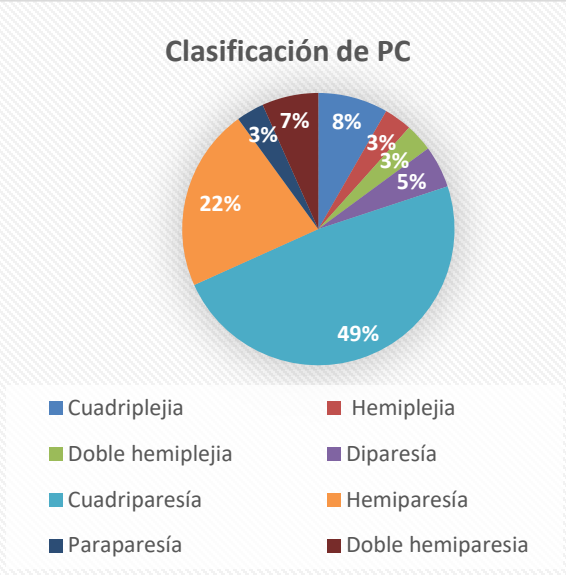

Figura 2. Clasificación según zona del cuerpo afectada (Martínez, et al., 2013).

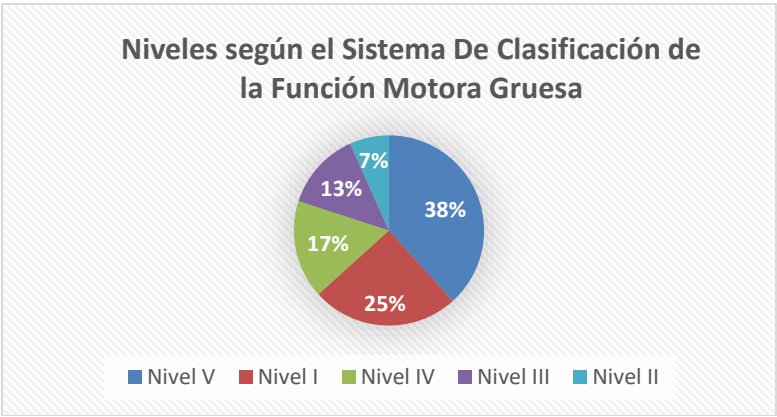

Figura 3. Distribución de los niveles según GMFCS (Martínez, et al., 2013).

Debido a esta enfermedad, el 69,3% de los niños entre 6 y 12 años que la padecen necesitan de la ayuda de un acompañante para realizar actividades cotidianas como autocuidado o movilización, siendo esta una cifra alta comparada con el 1,7% de los niños con PC que pueden permanecer solos (Martínez, *et al.,* 2013).

Es importante mencionar que los niños con esta enfermedad requieren una atención

integral y multidisciplinar. En primer lugar, el niño debe ser evaluado por un neurólogo, seguido de esto viene la evaluación de los fisioterapeutas que con ayuda del anterior definen la mejor terapia para el niño. Durante las terapias intervienen psicólogos, terapeutas del discurso y del lenguaje, asistentes sociales, enfermeras, en ciertas ocasiones cirujanos, ortopedistas, entre otros especialistas de la salud (Cerebral Palsy Home, 2008).Entre las terapias, se ha determinado que la fisioterapia es una de las más importantes ya que evita la debilidad de los músculos que no se activan constantemente, disminuye la espasticidad y mejora habilidades motrices gruesas y finas, lo cual hace que disminuya el dolor físico y el niño se pueda integrar en la sociedad. En la actualidad existen 3 métodos terapéuticos principales, el primero de ellos es el método temple-fay, el cual se basa en el aprendizaje a partir de repetición (Macias, et al., 2002); el segundo, el método de Doman-Delacato al igual que el anterior método se fundamenta en la repetición, en éste, los padres son co-terapeutas (Oria, 2014). Por último, el método Bobath busca inhibir reflejos, tonos y patrones de movimientos anormales, que facilita la estimulación y enseñanza del movimiento normal (Valverde, *et al.,* 2013).

Por otro lado, existen métodos alternativos: la hidroterapia y la musicoterapia, que suelen ser divertidas y poco monótonas para la mayoría. En la hidroterapia se hace uso de las propiedades físicas del agua como lo son la viscosidad y flotabilidad para la adecuada coordinación de los movimientos, la facilidad en la amplitud del movimiento con menos esfuerzo, para el soporte de las articulaciones, entre otros (Aritio, 2017). En la musicoterapia, se hace uso de la respuesta innata del ser humano a los sonidos armoniosos, los cuales favorecen la reorganización neurológica, nuevas conexiones sinápticas, promueve la plasticidad y el aprendizaje (Rebolledo, 2017).

Como se mencionó anteriormente la terapia física busca disminuir la atrofia muscular, la espasticidad, el dolor muscular, la inflamación de las articulaciones, la rigidez muscular, aumentar el ángulo de movimiento de la articulación, mejorar el equilibrio, la marcha y la postura. Para ello, se suele usar dispositivos no tecnológicos como los son: juguetes de peso, máquinas de ejercicio, bandas, rodillos en tela, balones de equilibrio, bolsas de frio y calor, , bipedestadores, sillas de rueda, férulas, órtesis, bastones, entre otros. A la vez, para estimular los nervios de los pacientes, se hace uso de elementos con diversas texturas en sus superficies. Sin embargo, se ha concluido que la mayoría de los elementos nombrados con anterioridad, pueden resultar en la realización de ejercicios aburridos y monótonos para los pacientes. Por tal razón, los institutos han buscado la forma de realizar terapias que generen progreso pero que a la vez sean didácticas, un ejemplo de ello es el uso de Pediasuit, este dispositivo se basa en un traje exoesqueleto el cual busca mejorar la postura por medio del dinamismo, éste se desarrolla en una cabina para evitar movimientos inadecuados y fortalecer músculos responsables del movimiento (Aconiño, 2013).

Asimismo, al tratar con niños, muchos centros de rehabilitación se han enfocado en realizar terapias que involucren tecnología y diversión aprovechando la plasticidad neuronal de estos; por tal razón se está haciendo uso de videojuegos los cuales generan la activación de áreas motoras secundarias y permiten analizar de manera cualitativa y cuantitativa los movimientos del paciente (Verschure, 2016).

Específicamente se utilizan "miogames" que incrementan el miocontrol, es decir, el control de los movimientos musculares voluntarios (Bart, *et al.,* 2011) (Van Dijk, et al., 2016). Estos tipos de videojuegos para rehabilitación, hacen uso de cámaras y sensores de movimientos para evaluar la terapia. En el caso de rehabilitación, se pueden determinar cuatro grandes áreas de trabajo: neuro-estimulación, técnicas orientadas a los músculos, robóticas y auxiliares. Por ejemplo, la robótica para rehabilitación hace uso de robots como apoyo para guiar movimientos, un ejemplo de ello son los exoesqueletos robóticos o prótesis externas (Gaebler, *et al.,* 2016). Por otra parte, la neuro-estimulación se basa en el neuro-feedback, en donde a partir de interfaz cerebro-máquina (ICM) se llega al movimiento de partes del cuerpo; esta técnica no es altamente usada puesto que requiere de un alto grado de atención y en ocasiones genera incomodidad (Gaebler, *et al.,* 2016). Por otra parte, la terapia de realidad virtual permite que el paciente se sienta en un ambiente cotidiano y que, por ende, pueda sentirse más cómodo y con una mayor motivación a realizar los ejercicios. Además, por medio de ésta, se estimulan diversas áreas del cerebro que ayudan al desarrollo motriz. No obstante, esta última técnica no es muy empleada debido al alto costo que representa para las personas o los centros de rehabilitación.

Posterior a la investigación, se inició con un proceso de observación, en el cual se asistió a un centro de rehabilitación pediátrica, ACONIÑO, y así observar el entorno de rehabilitación de los niños. Durante la observación se corroboró que los acompañantes son un apoyo para los niños, al momento de realizar adecuadamente los ejercicios y para motivarlos. Pero este importante rol genera que los acompañantes se sientan con cargas objetivas o subjetivas, las primeras mencionadas hacen referencia a los cambios del estilo de vida y del ámbito doméstico del cuidador al que debe incurrir debido a que el paciente no puede realizar ciertas actividades cotidianas por sí mismo (Ramírez, *et al.,* 2004); las ultimas se definen como las emociones y actitudes personales por las que pasan los cuidadores durante la práctica de cuidar (Montorio, et al., 1998). Además, se determinó que existían diferentes falencias en la rehabilitación de los pacientes, principalmente en la motivación que tenían los niños al realizar la terapia en casa, sin ayuda del fisioterapeuta; al igual que el miedo que sienten los padres al realizar la terapia sin un feedback en casa. A raíz de esto, se encontró la necesidad de realizar un producto que hiciera las terapias en casa divertidas y motivantes, para niños con parálisis.

2. Propuesta de Solución

Swing es un dispositivo que mejora la experiencia y la confianza del paciente con parálisis cerebral y su acompañante, en la rehabilitación en casa. Este dispositivo está conformado por un electromiógrafo, tres acelerómetros (Figura 4), una plantilla de mano de apoyo, un lápiz digitalizador, una interfaz y varios minijuegos (videojuegos).

El electromiógrafo se utiliza para poder adquirir y analizar las señales musculares del brazo del paciente y acompañante, con lo cual se logra controlar los movimientos del personaje del videojuego. Como el electromiógrafo puede medir cambios en el movimiento muscular del ante brazo, pero no en la posición de todo el brazo, se hará

uso de tres acelerómetros (codo, hombro y muñeca) que tendrán la finalidad de triangular el movimiento del brazo.

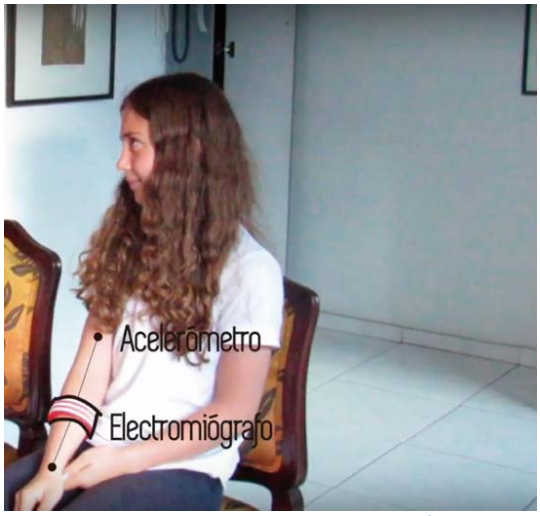

Figura 4. Posicionamiento de electromiógrafo y acelerómetros.

Es de gran importancia referirnos a los movimientos que el paciente y el acompañante van a realizar para poder controlar los personajes. Los movimientos escogidos fueron: subir y bajar el brazo (ver Fig. 5), pronación y supinación del brazo/muñeca (ver Fig. 6) y abrir y cerrar la mano (ver Fig. 7). Estos movimientos fueron seleccionados después de una revisión bibliográfica (Sandlud, *et al.,* 2009) en la que se encontró que estos movimientos eran los principales que se ejercitaban en la rehabilitación en casa para extremidades superiores de niños con parálisis cerebral. Por último, es importante recalcar que los datos recolectados con los acelerómetros y el electromiógrafo, no solo se utilizarán para controlar el personaje del videojuego, sino que se le enviarán, una vez analizados, al médico tratante. Esto con el fin de que pueda tener un seguimiento del progreso del paciente y así optimizar la rehabilitación.

Figura 5. Subir y bajar brazo. Izquierda: lo que hace el niño. Derecha: Lo que se ve en la interfaz.

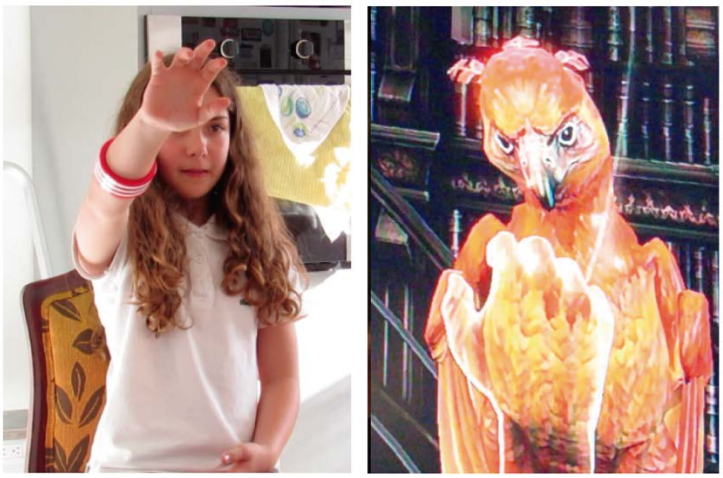

Figura 6. Supinación y pronación de brazo/mano. Lo que hace el niño y lo que se ve en la interfaz.

Figura 7. Abrir y cerrar mano. Lo que hace el niño y lo que ve en la interfaz.

Por otra parte, para que los pacientes puedan practicar los trazos, se tendrá la posibilidad en algunos minijuegos, de que el paciente seleccione al personaje con el cual va a jugar.

Esta idea surgió de la observación, donde se evidenció que es muy importante que estos niños aprendan a dibujar y a escribir, ya que están escolarizados. También se identificó, que uno de los principales problemas al momento de dibujar, es que los niños no pueden poner bien la mano de apoyo en la hoja, por lo tanto, esta última se les mueve constantemente y no les permite trazar adecuadamente. Por estas razones, se implementó la plantilla de la mano de apoyo, las planillas de dibujo y el lápiz mágico (ver Fig. 8). Lo que hará el niño, será dibujar encima del patrón que escoja con el lápiz digitalizador; aquello que dibujo se verá reflejado en la pantalla del juego. Una vez acabe de dibujar, podrá iniciar el minijuego en el que quiera jugar.

Figura 8. Plantilla de mano de apoyo y plantilla de dibujo. Trazos.

Al llevar a cabo las pruebas y volver a realizar una revisión bibliográfica, se pudieron identificar ciertas falencias en el dispositivo propuesto. Primero, los movimientos que actualmente se plantean para la rehabilitación, deben ser delimitados mejor, para que los niños no se "sobre-emocionen" y por lo tanto no hagan movimientos que los puedan perjudicar y que se siga realizando una búsqueda exhaustiva de los gestos seleccionados. También se debe tener en cuenta que los métodos de adquisición de las señales musculares (electromiógrafo y acelerómetros) presentan ciertas limitaciones que deberán ser estudiadas con mayor detenimiento (Su, *et al.,* 2017), para así poder determinar si son los métodos más baratos y adecuados para lo que se quiere.

3. Conclusiones y proyección a futuro

A partir de la observación realizada en el instituto ACONIÑO fue posible determinar que los niños con CP necesitan de nuevas alternativas de terapia que los diviertan, les ayude a generar independencia para realizar tareas cotidianas y los motive a realizarlas con bajos niveles de frustración, pero que a la vez los rete. Es importante mencionar que la diversión que se busca generar es el medio, pero no la finalidad de la terapia que se propone, puesto que centrarse en esto desvía los objetivos principales. Es decir, al pasar la terapia a un segundo plano es posible que no se logre ayudar al niño a obtener independencia y se continúe generando productos como los ya existentes en el mercado que no se usan para rehabilitación, los cuales entretienen, pero no contribuyen en el proceso de terapia. Además, se requiere que esta nueva alternativa genere confianza y seguridad en los acompañantes, tanto en los aspectos técnicos (esta debe tener la misma validez que la realizada en el instituto), como en seguridad: riesgos por caídas e inseguridad al no tener retroalimentación. Asimismo, esta herramienta debe involucrar más al médico, ya que los padres sienten que estos son muy lejanos al progreso del niño, puesto que los ven con periodos de tiempo muy largos entre citas. Igualmente, las fisioterapeutas opinan que, al trabajar en equipo con el médico de manera continua, se puede llegar a definir terapias que se adecuen en mayor medida a la necesidad del paciente.

Para llegar a la propuesta final se realizaron diversos prototipos de los que se aprendió que hacer uso de muchos elementos tecnológicos dificultaban la comprensión del dispositivo y aumentaban exponencialmente el precio de este. También, se evidenció

la importancia de incluir al acompañante, por ejemplo, al inicio de este proceso cuando no fueron incluidos, sino que se hizo énfasis en la experiencia del niño, se observó que se perdía el apoyo motivacional, no se lograba una adecuada interacción del paciente con su entorno y no se disminuían las preocupaciones del acompañante. A la vez, se aprendió que no se debe hacer uso de una interfaz completamente en blanco o que necesite de mucho tiempo para dar resultados, ya que al ser estática y al no ver plasmado en la interfaz todos los elementos que están en la imaginación, el niño se desmotiva. Igualmente, se detalló que el producto no debe ser invasivo para que el niño no vaya a tener mayores problemas o se oponga al tratamiento. Asimismo, se observó que una falencia, en la que se sigue trabajando, son los movimientos exagerados que realiza el niño cuando se emociona, los cuales pueden conllevar a riesgos ya sea por equilibrio o por exigir más de lo ideal a sus músculos o articulaciones.

En este proceso, fue necesario enfocarse en 2 actividades primordiales, la primera es el agarre de objetos y la segunda es la escritura, ya que están escolarizados. Para ello se buscó en la literatura y se escogieron los tres movimientos de terapia que más optimizan el proceso los cuales son: Abrir y cerrar la mano, supinación y pronación del antebrazo, subir y bajar el brazo (Akhutina, *et al.,* 2003) (Scott, 2008) (Health Care Volunteers International.2016) y para el de escritura la realización de trazos. Es importante mencionar que, al no ser pioneros en hacer uso de videojuegos de rehabilitación, ya que estos son altamente utilizados por promover la neuroplasticidad. Se seleccionaron los pros de las terapias con videojuegos existentes, como lo son: control que deja las manos libres, por esto se hará uso de un control en forma de brazalete que mide las señales electromiográficas, esto con el fin de medir en mayor medida los movimientos quinemáticos; videojuegos en 3D por esto se hizo uso del juego Harry Potter los cuales generaban movimientos más amplios comparados con los de 2D usados en prototipos anteriores y que permitían comprender el concepto de profundidad.

Por lo tanto, los aspectos para mejorar y probar futuros son: disminuir la estimulación auditiva y visual de los videojuegos a usar, para evitar retroceso en la rehabilitación; buscar la manera de enseñar al niño por medio del videojuego para que los movimientos que realice no pongan en riesgo su salud física. En cuanto a la parte técnica, se debe analizar los mejores videojuegos open source que puedan ser modificados y también, realizar pruebas con el electromiógrafo para ver si esta es la manera adecuada de captar las señales o si se puede hacer uso de otras tecnologías. Por otro lado, se observa que el producto propuesto se diferencia de los existentes, ya que involucra al acompañante disminuyendo sus inseguridades y al médico al enviarle datos cuantitativos del proceso del niño; sin dejar de lado el interés y motivación del niño.

4. Referencias

- Aconiño. (2013). Quienes somos. [Online] Consultado el 27 de mayo de 2017 en: http://opcion2.aconino.org/?page=home.
- Akhutina, T., Foreman, N., Krichevets, A., Matikka, L., Narhi, V., Pylaeva, N. and

Vahakuopus, J. (2003). *Improving spatial functioning in children with cerebral palsy using computerized and traditional game tasks*. Disability and Rehabilitation, vol. 25, no. 24, pp. 1361-1371.

- Aritio,F. (2017). Fundación NIPACE. Ayuda a niños con Parálisis Cerebral. Ayuda a niños con Parálisis Cerebral - Hidroterapia", Fundacionnipace.org, 2017. [Online]. Consultado el 28 de mayo de 2017 en:http://www.fundacionnipace.org/index.php/2014-05-20-16-06-25/hidroterapia.
- Bart, O. Agam,T. Weiss, P. and Kizony R. (2011). Using video-capture virtual reality for children with acquired brain injury, Disability and Rehabilitation, vol. 33, no. 17-18, pp. 1579-1586.
- Cerebral Palsy Home (2008). Cerebral Palsy | NCBDDD | CDC, [Online]. Consultado el 27 de mayo de 2017 en: https://www.cdc.gov/ncbddd/cp/data.html.
- Gaebler, D. Peri, E. Lunardini, F. Sanchez,F., Duff, M., Ballasiotes, M. Raya, R. (2016).
- Health Care Volunteers International. (2016). Cerebral Palsy Neuro-Rehabilitation. Consultado el 28 de mayo de 2017 en: https://www.healthcarevolunteersinternational.org
- Rehabilitation Technologies for Cerebral Palsy. In Emerging Therapies in Neurorehabilitation II. Página 87 a 108, Volume 10 of the series Biosystems & Biorobotics.
- Macías, M. and Fagoaga, J. (2002). Fisioterapia en pediatría, Editorial Mac Graw Hill.
- Martínez, L. Robles, M. Ramos, B., Santiesteban, F. García, M. Morales, M. and García, L. (2008). Carga percibida del cuidador primario del paciente con parálisis cerebral infantil severa del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón. [online] Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación. Consultado el 27 de Mayo de 2017 en: http://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2008/mf081d.pdf.
- Martínez, R. et al. (2013). *Caracterización de la discapacidad de una muestra de niños con parálisis cerebral de Bucaramanga y su área metropolitana*, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina, [S.l.], v. 61, n. 2, p. 185-194, apr. 2013. ISSN 2357-3848. Consultado el 27 de mayo de 2017 en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/39694/47271>.
- Montorio, I. Fernández, M. López, A. Sánchez, M. (1998). La entrevista de carga del cuidador. Utilidad y validez del concepto de carga. Anales de Psicología 1998; 14(2): 229-248
- Organización mundial de la salud. (2004). Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF). Imserso. 2004;1-248. Consultado el 27 de Mayo de 2017 en: http://www.imsersomayores.csic.es.
- Oria, J. (2014). La Atención Temprana infantil y su praxis. Revista Española de Discapacidad, 2 (1): 195-201. Consultado el 27 de Mayo de 2017 en: http://dx.doi.org/10.5569/2340- 5104.02.01.11
- Ramírez, G. Ríos, A. (2004). Niveles de sobrecarga y estilos de afrontamiento en cuidadores de familiares con discapacidad física por lesión neurológica. Interpsiquis,
- Rebolledo,F. (2017). "a musicoterapia como instrumento favorecedor de la

plasticidad, el aprendizaje y la reorganización neurológica", New.medigraphic.com. [Online]. Consultado el 28 de Mayo de 2017 en: http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=9346.
- Sandlund, M., McDonough, S. and H ̈ager-Ross, C. (2009). *Interactive computerplay in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review*. Developmental Medicine & Child Neurology, vol. 51, no. 3,pp. 173–179.
- Scott, N. (2008). Cerebral Palsy and Physical Therapy. Consultado el 28 de Mayo de 2017 en: http://www.cpdiscovery.com/.
- Su, B. and Shirafuji, S. (2017). *Source separation and localization of individul superficial forearm extensor muscles using high-density surface electromyography*", IEEE. [Online]. Consultado el 27 de Mayo de 2017 en: http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.uniandes.edu.co:8080/document/7824149/authors.
- Vallejo,S. (2006). Cuidados del niño con parálisis cerebral, Redalyc.org, [Online]. Consultado el 27 de Mayo de 2017 en: http://www.redalyc.org/html/1754/175420383008/.
- Valverde, M. Serrano, M. (2003), Terapia de neurodesarrollo. Concepto Bobath, Volumen 2, No. 2, julio-diciembre 2003.
- Van Dijk, C. Van der Sluis,H. Dijk,V y Bongers, R. (2016). Learning an EMG Controlled Game: Task-Specific Adaptations and Transfer, PLoS One, vol. 11, n° 8, p. 24.
- Verschure, P. (2016). Rehabilitation Gaming System. Universitat Pompeu Fabra, [Online]. Consultado el 18 de abril de 2017 en http://rgs-project.eu/es.

Sobre los autores

- **José María Campo**: Estudiante de Ingeniería Biomédica, jm.campo11@uniandes.edu.co
- **Mariana Cifuentes Jaramillo**: Estudiante de Diseño, m.cifuentes10@uniandes.edu.co
- **Silvana Huertas Penen**: Estudiante de Ingeniería Biomédica, s.huertas10@uniandes.edu.co
- **María Alejandra León Aguirre**: Estudiante de Ingeniería Biomédica, ma.leon10@uniandes.edu.co
- **Angie Paola Roldán Enríquez**: Estudiante de Ingeniería Biomédica, ap.roldan10@uniandes.edu.co
- **Juan Sebastián Sánchez Gómez**: Estudiante Ingeniería Biomédica, js.sanchez14@uniandes.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)