CAPÍTULO I

REALIDAD VIRTUAL COMO PLATAFORMA PARA LA REHABILITACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Luis Guillermo Molero Suárez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana.
Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co.

Nelson Felipe Rosas Jiménez

Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: nfrosasj@unipanamericana.edu.co.

José Luis Montenegro Romero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jlmontenegro@unipanamericana.edu.co.

Diego Alejandro Santos Díaz

Magister en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Transv.5 No.5G - 95 Lagos de Malibú, Soacha, Colombia.
Correo electrónico: diego.santos@uniminuto.edu.

Leidi Yoana Zamudio Garnica

Magister en Dirección y Gestión de Instituciones Educativas. Corporación Universitaria Iberoamericana. Cl. 67 # 5 - 27, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: leidi.zamudio@ibero.edu.co.

Resumen

El objetivo de la investigación fue estudiar la realidad virtual a partir de los supuestos de una plataforma donde convergen diferentes elementos multimedia que permiten recrear entornos inmersivos y sensoriales para la creación de ambientes más dinámicos que permitan establecer parámetros optimizados para la rehabilitación de personas con discapacidad, en consecuencia, fijando las abstracciones necesarias en torno a las bondades de esta tecnología sobre el escenario de la fisioterapia rehabilitadora. El estudio se fijó en la costumbre epistemológica racionalista, el tipo de investigación por su parte fue documental, transaccional con un diseño no experimental. Para lograr los objetivos propuestos, en el contenido se analizó a detalle los siguientes puntos: 1) Realidad Virtual y su papel en la rehabilitación de personas con discapacidad, 2) Tipos de Realidad Virtual y

las necesidades en personas con discapacidad y 3) Tecnología y medicina, Realidad Virtual y Rehabilitación. La revisión literaria concerniente a los avances en realidad virtual hace ver la importancia de estos ambientes en los espacios de la rehabilitación de discapacidades motoras, esto en virtud, del aumento del estímulo sensorial que estos espacios interactivos ofrecen al tiempo de proveer mayores índices de motivación al estar frente a estos espacios controlados. En ese sentido, existen numerosas investigaciones que develan las ventajas del uso de esta tecnología para la optimización de los procesos de fisioterapia incluso desde el hogar, sin embargo y en contraste, otro número importante de investigación supone mayores esfuerzos en delimitar qué tipo de tratamientos de rehabilitación resultan favorecidos con aplicaciones o sistemas desarrollados en Realidad Virtual. Un punto importante para destacar de estos entornos es la utilización de accesorios que proveen mayor interacción del usuario con los sistemas, lo que genera mayor estímulo sensorial que el uso simple de tecnología inmersiva.

Palabras clave: discapacidad, Realidad Virtual, rehabilitación motriz.

VIRTUAL REALITY AS A PLATFORM FOR THE REHABILITATION OF PERSONS WITH DISABILITIES

Abstract

The objective of the research was to study virtual reality from the assumptions of a platform where different multimedia elements converge that allow to recreate immersive and sensory environments for the creation of more dynamic environments that allow establishing optimized parameters for the rehabilitation of people with disabilities, consequently, fixing the necessary abstractions around the benefits of this technology on the stage of rehabilitative physiotherapy. The study was based on the rationalist epistemological custom, the type of research was documentary, transactional with a non-experimental design. In order to achieve the proposed objectives, the following points were analyzed in detail in the content: 1) Virtual Reality and its role in the rehabilitation of people with disabilities, 2) Types of Virtual Reality and needs in people with disabilities and 3) Technology and Medicine, Virtual Reality and Rehabilitation. The literary review concerning advances in virtual reality shows the importance of these environments in the areas of rehabilitation of motor disabilities, this by virtue of the increase in sensory stimulation that these interactive spaces offer while providing higher motivation rates to be in front of these controlled spaces. In that sense, there are numerous investigations that reveal the advantages of the use of this technology for the optimization of physiotherapy processes even from home, however and in contrast, another important number of research involves greater efforts to delimit what type of treatment rehabilitation are favored with applications or systems developed in Virtual Reality. An important point to highlight in these environments is the use of accessories that provide greater user interaction with the systems, which generates greater sensory stimulation than the simple use of immersive technology.

Keywords: disability, motor rehabilitation, Virtual Reality.

Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida” que se encuentra ya finalizado.

Institución financiadora: Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana bajo el Código del Proyecto SIGP/Código entidad financiadora número PI242019.

Introducción

La realidad virtual (RV) representa una tecnología novedosa y transformadora que admite recrear escenarios controlados a través del uso del computador como herramienta principal. En ese sentido, despliega ambientes virtuales inmersivos y configurables para generar estímulos sensoriales mesurables, elementos que son difíciles de recrear en un ambiente real.

Considerada como un elemento que desde hace poco más de una década viene siendo parte de una nueva cultura tecnológica y de transformación hacia lo digital, (Molero, Batista y Puentes, 2019), como estrategia para ser ciudadanos corporativos socialmente responsables (Molero, Villarraga, Molero, Inciarte y Sosa, 2019), (Molero, Villarraga, Inciarte, Molero y Rodríguez, 2019) o como herramienta en una multiplicidad de usos en las ciencias actuales, la RV figura como un componente primordial para la investigación, por lo cual, se hace preciso mencionar la utilidad que representa esta tecnología en los ciclos de rehabilitación para pacientes que desde su nacimiento, hechos fortuitos o de salud sufren de algún tipo de discapacidad. En este particular, es menester sobre la base de las ideas expuestas referir que los ambientes desarrollados y dispuestos con Realidad Virtual para personas con discapacidad motora propician los espacios motivacionales, de inclusión y de optimización de las fisioterapias tradicionales, desarrollados a través de escenarios inmersivos controlados, con gran despliegue de elementos multimedia, que la definen como una opción segura y viable para superar gran parte, o la totalidad de su deficiencia física.

Entre tanto, estos ambientes inmersivos propician el disfrute y estímulo, en correspondencia con la investigación de (Matt C, 2017), debido a su naturaleza envolvente, que elevan ecosistemas más ecológicos, amigables y seguros de forma automatizada a través de una interfaz entre el usuario y el computador, y que finalmente, consienten en simular entornos para generar una experiencia real e indudablemente positiva. (Pedroli, Serino, Cipresso, Pallavicini y Riva, 2015).

Un nutrido grupo de estudios sugieren el uso de esta herramienta para el tratamiento de un número importante de terapias de rehabilitación, pues según estas investigaciones de campo, han demostrado que la unión de la fisioterapia tradicional y la terapia con RV, en conjunto, ofrecen mejores beneficios. Por otra parte, otro grupo de investigaciones advierte la necesidad de mejorar los esfuerzos para delimitar qué tipo de fisioterapias con RV ofrecen mayores recompensas a los usuarios que la desarrollan, en virtud de que aseguran, que el paciente no recibe mejoría notoria al estar expuesto a esta herramienta tecnológica. Por lo tanto, esta investigación persigue el estudio de la realidad virtual como una plataforma donde converjan diferentes elementos multimedia que admitan recrear entornos inmersivos y sensoriales para la creación de ambientes más dinámicos que permitan establecer parámetros optimizados para la rehabilitación de personas con discapacidad.

Fundamentación teórica

Realidad Virtual (RV) y su papel en la rehabilitación de personas con discapacidad

La realidad virtual ha adquirido en los últimos años una particular importancia al permitir el despliegue de innovadores entornos donde el paciente a través del uso del computador y sus dispositivos periféricos interactúe con el mundo virtual, lo que ha revolucionado la forma de percibir el mundo que nos rodea. Sobre la base de esas ideas, se define la realidad virtual (en inglés, Virtual Reality VR), como un entorno dinámico y controlado que proporciona a los usuarios desarrollar experiencias más reales y vivas, a través, de diferentes dispositivos o interfaces (Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco, 2019) y (Molero, Ospina, Ayala y Lozano 2019).

Para Ospina, Molero, Lozano, Becerra y Ruiz (2019), la realidad virtual permite simular escenarios complejos que asemejan la realidad misma controlando variables dentro de sus entornos inmersivos para introducir experiencias sensoriales diversas y captar la atención e interés de quien manipula esta tecnología, en consecuencia, produce en sí un resultado motivador al poder experimentar múltiples sensaciones en este mundo virtual. Entre tanto, Guzman y Londoño (2016), definen la realidad virtual como una interfaz de usuario para aplicaciones soportadas por computadora, que permiten la interacción en tiempo real sobre un entorno controlado utilizando una gama amplia de dispositivos multisensoriales.

En adición a lo anterior, la RV potencia la experiencia inmersiva con el uso de dispositivos periféricos para captura de movimiento como el Kinect de Microsoft, las gafas 3D, guantes hápticos, entre otros, que retroalimentan continuamente estos sistemas virtuales por computadora y permiten generar una óptima interacción e interactividad con el entorno.

Los temas tratados, hacen ineludible reseñar los postulados ofrecidos por Laver *et al.* (2017) y Alfageme y Sanchez, (2002), en referencia al uso de la RV virtual en la rehabilitación:

“La realidad virtual y los videojuegos interactivos han surgido como nuevos enfoques de tratamiento en la rehabilitación del accidente cerebrovascular. Estos enfoques pueden ser ventajosos ya que dan la oportunidad de practicar actividades que no se pueden realizar dentro del entorno clínico. Además, los programas de realidad virtual están diseñados para ser más interesantes y agradables que las terapias tradicionales, alentando a que el paciente realice un mayor número de repeticiones de los ejercicios. El uso de programas de realidad virtual diseñados para la rehabilitación aún no es común en los contextos clínicos, pero poco a poco se están haciendo un hueco entre las terapias”. (Pinilla Giménez, 2017, pág. 15).

Otras teorías prioritarias refieren los resultados obtenidos por los investigadores Choi, Ku, Lim, Kim y Paik, (2016), Standen *et al.* (2015), Corbetta, Imeri y Gatti, (2015) y Bergeron, Lortie y Guitton^{1,2}, (2015), sobre el uso de la RV en escenarios de rehabilitación, donde en línea general concluyen que las personas con discapacidades múltiples experimentan bondades y un índice superior de motivación con el uso de esta tecnología, al tiempo que muestra ser en algunos casos, más eficaz que los métodos tradicionales. En ese sentido, Viñas-Diz y Sobrido-Prieto (2016), en su investigación concluyen lo siguiente:

“La evidencia científica sólida apoya los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora de las extremidades superiores en pacientes con accidente cerebrovascular.” (p.255).

En consecuencia, luego de la revisión bibliográfica donde se exponen los beneficios de la Realidad Virtual en procesos de rehabilitación, la investigación desplegará a través de novedosas herramientas de hardware y software, una suite de aplicaciones en RV que provean los escenarios idóneos para el desarrollo de terapias de rehabilitación en pacientes con discapacidad motora.

Tipos de Realidad Virtual y las necesidades en personas con discapacidad

En su investigación Gómez (2017), sostiene que las diferentes definiciones envueltas dentro de la RV están relacionadas con la capacidad de inmersión, interactividad e imaginación donde todos estos elementos se encuentran integrados dentro de entornos artificialmente diseñados y controlados a través de herramientas especializadas y en relación de como el usuario accede a estos espacios.

Es relevante entonces citar los postulados que ofrece Lopez-Bosh *et al.* (2011) con respecto a la inmersión, pues el autor define que la importancia de este elemento es indudable para la realidad virtual, e incluso, se definen varios tipos de RV debido a este concepto.

Existen entonces tres aproximaciones a los tipos de realidad virtual existente:

- **Realidad virtual inmersiva:** La realidad virtual inmersiva se apoya en una gama completa de accesorios para recrear entornos donde la transferencia sensorial sea completa. Estos accesorios tales como gafas 3D, cascos, guantes hápticos y escáneres de cuerpo completo permiten sumergir al usuario en un mundo virtual creado por un computador.
- **Realidad virtual semi-inmersiva:** Este sistema de realidad virtual de acuerdo con Cruz, Morales y Ayala (2006), (citado por Raigoza, Alvis, Sánchez y Giraldo, 2017), se define como: La realidad virtual semi-inmersiva se presenta a través del uso de lentes de visión estereoscópica que en conjunto con un dispositivo móvil se representa un entorno virtual dando al usuario una interacción físicamente más aproximada a la realidad. Por otra parte, la definición de García-Ruiz, Bustos-Mendoza, Andrade-Aréchiga y Acosta-Díaz, (2005) la sitúa como:
“La realidad virtual semi-inmersiva (llamada también como RV “de escritorio”) utiliza una computadora personal para desplegar un ambiente virtual, conteniendo una simulación o modelos en 3D. Generalmente, los usuarios observan el ambiente virtual por medio de lentes (gafas) estéreo, y el efecto de inmersión es moderado.” (p.46).
- **Realidad virtual no inmersiva:** Esta definición resalta que existe una sensación inmersiva en menor grado que el término anterior, esto, producto que la realidad virtual inmersiva se apoya en equipos periféricos para recrear sensaciones visuales y corporales, mientras que la no inmersiva no hace uso de periféricos.

A tales efectos, se hace indudable que los sistemas de realidad virtual inmersivos corresponden a la mejor opción para lograr los efectos motivadores deseados en virtud

de que al razonar acerca de lo que significa un proceso de rehabilitación donde uno de los factores más importantes es la falta de motivación, estos sistemas permean fácilmente en el sentir del usuario que hará uso de esta tecnología, asimismo, la experiencia sensorial sin duda es mucha más dinámica en este tipo de sistemas.

Tecnología y medicina, Realidad Virtual y Rehabilitación

En relación con las aplicaciones que la tecnología ha puesto de manifiesto en el campo de la medicina y en especial, sobre los avances que se han focalizado en los procesos de rehabilitación, razón cardinal de la investigación, es menester definir inicialmente desde la perspectiva filosófica de Aguilar Gordón (2011), lo que la tecnología representa:

“La tecnología ha sido entendida de diferentes maneras, unos la conciben como el conjunto de saberes, de habilidades, de destrezas y de medios necesarios para llegar a un fin predeterminado; otros la entienden como un conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de necesidades y deseos humanos”. (p.6).

Sobre la base de las doctrinas expuestas por el autor, se entiende que la tecnología consiste en un conjunto de técnicas, herramientas, recursos y/o procedimientos que satisfacen las necesidades presentes y futuras para el quehacer de una actividad, facilitando de este modo, su desarrollo. Al comparar estas evidencias y aplicar el término de “tecnología” sobre la medicina el concepto se vuelve mucho más amplio, en virtud, que a diario se desarrollan un sinnúmero de nuevos métodos, conjunto de técnicas y procedimientos en las ciencias de la salud, permeando muchos aspectos de la vida cotidiana, con la finalidad de optimizar y automatizar los procesos que se venían ejecutando de forma tradicional.

En este respecto y como parte de la investigación, es de especial interés mencionar los avances que en materia de rehabilitación se han venido desplegando a los fines de mejorar los procesos de recuperación de pacientes con discapacidades motoras, donde en este sentido, en la revisión sistemática de literatura en un período de diez años comprendido desde 2004 al 2014. Luque-Moreno *et al.* (2015), concluyen que la intervención de la realidad virtual en ciclos de rehabilitación combinada con otros elementos técnicos y la terapia convencional arrojan resultados positivos para pacientes con discapacidad, lo que permite deducir que el uso de novedosas herramientas tecnológicas en la ciencias de la salud permite superar los procedimientos tradicionales.

Por su parte, Shin, Ryu y Jang (2014), en su investigación, reunieron los requisitos en un sistema de Realidad Virtual para pacientes con accidente cerebrovascular incorporándolo posteriormente al sistema “RehabMaster” lo cual les permitió concluir, que el sistema de realidad virtual resulta viable y seguro para este tipo de pacientes, en tanto, Cho *et al.* (2014), luego de sus estudios acerca de la implementación de la realidad virtual sobre los métodos convencionales concluyeron positivamente sobre la efectividad de esta implementación para recuperar la propiocepción de los pacientes con accidente cerebrovascular.

Llama la atención asimismo, la investigación presentada por Shin *et al.* (2016), quienes a través de un ensayo controlado aleatorio en 46 pacientes que sobrevivieron a un accidente

cerebrovascular, sometieron a la mitad del grupo a terapias con aplicaciones de Realidad Virtual, mientras que al grupo restante a ciclos de terapia convencional, concluyendo finalmente, luego del estudio, que la combinación de terapias con RV y terapia convencional estándar podría ser más efectiva que la rehabilitación convencional.

Con relación al tema tratado, es ineludible citar las reflexiones que traza Elliott, de Bruin y Dumoulin (2016), en su investigación, “los pacientes motivados son más propensos a adherirse al tratamiento y obtener mejores resultados. La rehabilitación de realidad virtual (RV) es un enfoque de tratamiento que incluye juegos de video para mejorar la motivación y el entrenamiento funcional.” (p. 236), lo cual permite deducir que una de las diferencias más notorias de los tratamientos con aplicaciones de Realidad Virtual con respecto a los tradicionales, es la posibilidad de aumentar la motivación y el interés del paciente en ejecutar estos ciclos de fisioterapia a los fines de mejorar su condición.

Expresa por otra parte Levin, Weiss y Keshner (2015), en su investigación:

“El enfoque principal de la rehabilitación para personas con pérdida de movimiento de las extremidades superiores como resultado de una lesión cerebral adquirida, es el reaprendizaje de habilidades motoras específicas y tareas diarias. Este reaprendizaje es esencial porque la pérdida del movimiento de la extremidad superior a menudo resulta en una calidad de vida reducida. Aunque la rehabilitación se esfuerza por aprovechar los procesos neuroplásticos durante la recuperación, los resultados de los enfoques tradicionales para la rehabilitación de las extremidades superiores no han cumplido por completo este objetivo. En contraste, las tareas de entrenamiento enriquecidas, simuladas con una amplia gama de simulaciones basadas en realidad virtual de bajo a alto nivel, pueden usarse para proporcionar práctica significativa y repetitiva junto con retroalimentación saliente, maximizando así los procesos neuroplásticos a través del aprendizaje y la recuperación motora”. (p.415).

Las ideas y reflexiones anteriores permiten inferir que los entornos virtuales concentran un alto potencial por sus cualidades inmersivas, interactivas y de estimulación sensorial a través de sus entornos controlados todo esto para mejorar las circunstancias producto de una discapacidad motora debido a que estimulan la motivación, el aprendizaje cognitivo y de control motor. Asimismo, el desarrollo de ambientes virtuales para los ciclos de rehabilitación en personas con discapacidad muestra ser muy optimistas frente a una nueva gama de dispositivos que involucran al paciente a integrarse a las nuevas tecnologías.

Por su parte, Putrino (2014), enfocó su revisión bibliográfica amalgamando la Realidad Virtual con los sistemas de captura de datos y análisis en línea a lo cual denominó “telerrehabilitación”. Esta mixtura entre ambas tecnologías, de acuerdo con el autor, le permiten al paciente realizar ciclos de fisioterapia a través de aplicaciones de videojuegos y la posterior captura en tiempo real de los datos de usabilidad del sistema, asimismo, a través de líneas dedicadas de datos directamente conectadas al equipamiento, enviar esta información al profesional de rehabilitación, quien en tiempo real, revisará los parámetros de ejecución de los ciclos fisioterapéuticos para conocer si están siendo bien ejecutados y orientados a la mejora del paciente, o por el contrario, hacer las correcciones necesarias. El autor, en su investigación subraya el énfasis de reforzar la seguridad de los datos que son capturados por el sistema y la necesidad de profundizar los esfuerzos en el área estudiada.

Como elemento de consideración, Mulero Palencia (2017), luego de su revisión sistemática acerca de las enfermedades cerebrovasculares y los contextos donde se pueden ejecutar de forma más efectiva los ciclos de rehabilitación, señaló:

“Las enfermedades cerebrovasculares representan una de las principales causas de muerte e invalidez en personas adultas. Por ello, es tan importante el diagnóstico y la aplicación de programas de rehabilitación de forma temprana: el momento de inicio del tratamiento resulta determinante para alcanzar una mayor recuperación funcional”. (p.5).

Asimismo en adición a lo anterior, el autor concluye que los sistemas de terapias tradicionales presentan limitaciones, por lo cual, los ciclos terapéuticos se están volcando a novedosas estrategias propuestas por los entornos de Realidad Virtual cuyos protocolos resultan ser más efectivos. Como producto de su investigación, se desarrolló un sistema con la herramienta “Leap Motion” destinado a personas que han sufrido accidentes cerebrovasculares.

Es menester subrayar que los avances tecnológicos en las ciencias médicas, con énfasis en la rehabilitación de discapacidades, han venido evolucionando de acuerdo a nuevos paradigmas de cultura tecnológica y transformación digital, lo que ha permitido que métodos tradicionales se conviertan en grandes entornos virtuales de apoyo a las necesidades de las personas con deficiencias físicas, es por ello, que la virtualización de escenarios a través de la tecnología de RV amalgamado con dispositivos periféricos como gafas, guantes hápticos, escáneres corporales o Kinect, se convierten en elementos indispensables para esta disciplina médica, y por ende apoye en la motivación para el desarrollo de estas actividades.

Metodología

La metodología de la presente investigación se desplegó apuntalada en el paradigma cualitativo el cual trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones (Martínez, 2006). En cuanto al conocimiento científico surgido como producto de este estudio corresponde a la afirmación positiva de las teorías de la Realidad Virtual y la rehabilitación, a través de la aplicación del método científico, es por ello que el conocimiento generado busca explicar causalmente los fenómenos indagados por medio de las teorías ya mencionadas, y por tanto se concibe a la razón como medio para otros fines; es decir, una razón instrumental. (Pérez, 2010).

Por otro lado, busca establecer las relaciones o conexiones existentes entre los fenómenos observados, por lo que igualmente se establece que la observación en la que se incurre es preminentemente objetiva, independiente del sujeto que conoce. El investigador permanece neutral ante la realidad estudiada, con el fin de establecer las relaciones constantes que existen en el fenómeno estudiado, permitiendo prever racionalmente su comportamiento futuro. (Ortecho, 2007).

Atendiendo a estas consideraciones, el propósito de esta investigación reúne el estudio de la Realidad Virtual desde la perspectiva de un conjunto de técnicas de desarrollo de

software y accesorios tecnológicos conducentes al despliegue de juegos serios, como una táctica no convencional para la rehabilitación de personas con discapacidad motora, recurriendo a la obtención de información mediante el uso del método científico para el cumplimiento lógico del objetivo propuesto.

Finalmente, la presente investigación se llevó a cabo alrededor de un estudio bibliográfico con un diseño documental, transaccional empleando las categorías Realidad Virtual y rehabilitación para proyectar una matriz de análisis desde donde poder establecer las relaciones de los tópicos de acuerdo a diferentes autores y en consecuencia poder enmarcar de forma teórica la justificación del uso de los sistemas de RV como novedosas herramientas para la rehabilitación de personas con diversas discapacidades motrices (Tamayo y Tamayo, 2006).

Resultados

Desde hace no más de quince años, se han venido ejecutando firmes esfuerzos en el despliegue de numerosas tecnologías permeando en gran medida las ciencias aplicadas, lo que ha permitido alcanzar importantes avances en el área de la medicina, punto importante de la presente investigación. Es por ello, que a consecuencia de este desarrollo muchos procesos han estado evolucionando con el pasar del tiempo y optimizando su funcionamiento con respecto a las metodologías tradicionales. Es importante subrayar, que uno de los procesos que se ha venido apoyando con estas tecnologías, son las terapias de rehabilitación, con lo cual se ha podido observar cambios importantes con respecto a los métodos tradicionales de ejecución.

Atendiendo a estas consideraciones y focalizado en la temática de la realidad virtual como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad, se vienen desarrollando y optimizando a lo largo del tiempo los sistemas tradicionales e incluso las tecnologías que hasta hace poco giraban en torno a estos ciclos terapéuticos, para ofrecer mejores beneficios y aumentar la motivación a través de la incorporación de estos ambientes virtuales controlados para ofrecer experiencias inmersivas dinámicas al tiempo de aumentar la motivación.

Los temas tratados indican que los espacios donde ha participado los sistemas de realidad virtual, bien sea inmersiva o semi-inmersiva han ofrecido en muchos casos altos beneficios para los pacientes con discapacidad motora lo que ha delineado un camino a seguir a la hora de implementar esta tecnología como herramienta para mejorar estos ciclos terapéuticos, a tales efectos, el siguiente cuadro referido en la investigación de Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019), muestra las últimas tecnologías en materia de programación de entornos de realidad virtual para discapacitados.

Tabla 1. Entornos de programación para sistemas de realidad virtual.

Entornos de programación	Función
Unity	Es un motor de videojuegos multiplataforma que está disponible para diferentes sistemas operativos como Microsoft, Linux y OS X. Permite compilar aplicaciones en diversas plataformas objetivos tales como Web, Pc, Dispositivos móviles, Smart TV, consolas y dispositivos de realidad extendida (Unity, s.f.)
Blender	Es un sistema informático multiplataforma para modelado, renderización, creación y animación de gráficos en 3 dimensiones. Este software ofrece compatibilidad con Windows, Mac OS, Linux, Android, entre otros. (Blender, s.f.)
C#	Es un lenguaje de programación orientado a objetos creado por Microsoft que se encuentra en su plataforma .NET. Forma parte del estándar ISO/IEC 23270. (Microsoft, s.f.)
JavaScript	Es un lenguaje orientado a objetos, utilizado como interfaz client-side (lado del cliente) que se implementa en navegadores web para optimizar la vista de usuario en plataformas web. Es un software de desarrollo libre. (Javascript, s.f.)
Phyton	Es un lenguaje de programación multiplataforma y multiparadigma, pues, soporta orientación a objetos, desarrollo imperativo y desarrollo funcional. Es un software de desarrollo libre. (Phyton, s.f.)
Unreal Engine	Desarrollado inicialmente como un videojuego en C++, con una implementación adicional para desplegar nuevos escenarios y todo su entorno, más tarde, ese motor adicional fue convertido en un ambiente de desarrollo para programación de videojuegos, entornos 2D y 3D como lo es Unity. Su similitud con Unity no llega hasta allí, ambos permiten desarrollo de videojuegos multiplataforma y manejan el mismo plan de licenciamiento: suscripciones gratuitas para licencias personales y suscripciones de pago para corporativas. (Engine, s.f.)
CryEngine	Admitiendo el desarrollo de videojuegos multiplataforma en C++ y creado por la Corporación Crytek, esta herramienta cuenta con una Suite de aplicaciones que permite desplegar un videojuego completo que incluya: audios, ambientación, escenarios y todo lo necesario para capturar la atención del jugador. (CryEngine, s.f.)

Fuente: Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019).

Es de hacer notar, que los sistemas de realidad virtual actuales cuentan con ambientes que despliegan una vasta experiencia inmersiva, dinámica y controlada, esto debido a la generación y despliegue de sistemas sonoros envolventes y muy visuales para lo cual se necesita de poderosas herramientas de desarrollo capaces de dispersar este tipo de efectos y experiencias sensoriales.

En adición a los referentes anteriores, se muestra la siguiente tabla de los autores antes citados, con los accesorios más utilizados para generar esa interacción inmersiva en los sistemas de realidad virtual.

Tabla 2. Accesorios utilizados en sistemas gamificados para discapacidad.

Dispositivo	Función
Microsoft Kinect	Dispositivo creado por Microsoft para ser utilizado como controlador que permite al usuario interactuar con una consola de video juego sin tener contacto físico con ella, este reconoce gestos, objetos, imágenes y comandos de voz.
Gafas 3D Móvil y Gafas 3D para PC	Son paneles LSD que proyectan imágenes en cada ojo para recrear efectos en 3D. Estas gafas permiten visualizar imágenes en 3 dimensiones en algunas imágenes bidimensionales. Ellas por su parte, tienen diferentes diseños que soportan interfaces tanto móviles como para computadoras, estas últimas, tienen dos controladores manuales que reconocen la posición del usuario.
Leap Motion	Es un dispositivo periférico USB de captura de movimiento. Hace uso de dos cámaras infrarrojas monocromáticas y 3 LED para capturar movimiento a una distancia no superior de un metro. Este dispositivo es utilizado para la captura manual en 3D.
Xtion PRO LIVE	Periférico similar al Kinect de Microsoft y creado por Asus, este equipo permite a los desarrolladores implementar capturas de movimiento y mando por voz, dado que incluye micrófonos en sus laterales. Solo está disponible para computadores. (Asus, s.f.)
DepthSense	Cámara desarrollada por SoftKinetic y distribuida en alianza con Sony, este periférico que ofrece entrada multimodal, es decir, captura de datos en 3D y por voz, contiene un menú de navegación y creado para aplicaciones de alcance corto, medio y largo. Permite la interacción de cuerpo completo, juego sentado y asimétrico y se integra actualmente para TVs y consolas, además, con el SDK isu se puede programar. (Sony, s.f.)
Minoru 3D	La cámara web 3D de Minoru, es una cámara web estereoscópica desarrollada por Promotion and Display Technology. Este periférico se conecta al computador por puerto USB capturando gráficos en 2D y 3D a una resolución que va desde 320x240 píxeles a 800x600 píxeles y captura imágenes a 30 cuadros por segundo. Este dispositivo cuenta 2 sensores VGA 640x480 CMOS, 2 lentes gran angular de alta calidad y un micrófono USB incorporado. (Wikipedia, s.f.)
RealSense	Cámara desarrollada por Intel que permite la detección de imágenes estéreo, esta hace uso de dos cámaras para calcular la profundidad y cuenta con un procesador de visión Intel RealSense D4. Proporciona un procesamiento de 27 millones de píxeles por segundo en espacios reducidos y cuenta con el Intel RealSense SDK 2.0 y las bibliotecas de código abierto multiplataforma para desarrolladores. (Intel, s.f.)
Gautes hápticos	Periféricos que permiten sentir el tacto y peso de un objeto virtual desplegado desde unas gafas 3D. Estos dispositivos traducen las sensaciones táctiles en vibraciones a través de unos activadores repartidos por la palma y dedos del guante que vibran de forma independiente a distintas frecuencias e intensidades. El periférico es multiplataforma y soporta trabajar con Intel, Microsoft, Unity, Leap Motion, Fiware, entre otros. Las marcas más conocidas son Gloveone, Sense glove, DextrES, Haptx, Hands Omni.

Fuente: Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019).

De las evidencias anteriores se desprende que los sistemas de realidad virtual están en sintonía para proveer espacios adecuados hacia el desarrollo de actividades de fisioterapia, sin embargo, otros estudios científicos en torno a los sistemas gamificados con RV y la discapacidad priorizan como en el caso de Meldrum *et al.* (2015), Saposnik, *et al.* (2016), Ferreira Dos Santos, *et al.* (2016), Martínez Pino (2018), Pietrzak, Pullman y McGuire, (2014), Larson, Feigon, Gagliardo y Dvorkin, (2014), Wai, Yee, Ai, Fook-Chong y Tan (2014), que deben realizarse más estudios en este tema, pues se hace necesario delimitar:

- Cuáles ciclos de rehabilitación con terapias son más efectivos que otros.
- Qué terapias deben realizarse en combinación con el método tradicional, y finalmente;
- Las investigaciones no son conclusivas acerca de los beneficios de las terapias con realidad virtual.

Conclusiones

A la luz de los referentes bibliográficos discutidos, donde se pone de manifiesto la experiencia sensorial que produce la RV desde su entorno inmersivo, se precisa que estos ambientes propician una mejora importante que viene dado por nuevos paradigmas de transformación digital hacia escenarios donde se estimulan la motivación, el aprendizaje cognitivo y de control motor, lo cual, brinda una ventaja superior a los métodos convencionales de rehabilitación de deficiencias físicas, apoyando estos supuestos, desde las evidencias discutidas. En consecuencia, los ambientes basados en RV se muestran como un método no convencional viable, donde se recrean escenarios controlados que generan altos estímulos sensoriales mesurables y propician el disfrute debido a su naturaleza envolvente.

La experiencia real es indudablemente positiva de estos mundos virtuales, en contraste con los sistemas tradicionales de rehabilitación, generan sinergias dinámicas sobre el paciente que lo incitan a la ejecución constante de los ciclos de fisioterapia a los fines de superar, en algunas oportunidades su discapacidad, considerando inicialmente que estos períodos de rehabilitación deben ser ejecutados de forma temprana, regular y con la intensidad necesaria.

Estos escenarios complejos que asemejan la realidad misma hacen uso de una gama completa de accesorios para introducir experiencias sensoriales diversas, subrayando los escáneres corporales, que permiten captar el movimiento del cuerpo en 2D y 3D, los guantes hápticos, que recogen el movimiento de las manos y generan retroalimentación sensorial al paciente y por último, las gafas de RV, que apoyada en la estereoscopia, permite formar ante los ojos del espectador una realidad virtual completa.

Haciendo un seguimiento a estos ecosistemas más ecológicos, amigables y seguros, existen sólidas evidencias que manifiestan el uso efectivo de la fisioterapia con sistemas de Realidad Virtual en personas con discapacidad motora, que, a través de un entrenamiento enriquecido, estimulan el reaprendizaje en los procesos neuroplásticos durante la recuperación en aquellos pacientes con una calidad de vida reducida producto de una deficiencia.

Finalmente, la práctica significativa y repetitiva que se logra a través del uso de la RV en los procesos de rehabilitación sugiere que de acuerdo con las ideas y reflexiones expresadas, las fisioterapias con estas novedosas tecnologías incluso en conjunción con los sistemas tradicionales de rehabilitación corresponden con un tratamiento efectivo contra la discapacidad.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Gordón, F. (2011). *Reflexiones filosóficas sobre la tecnología y sus nuevos escenarios*. Sophia Colección de filosofía de la educación. doi:<https://doi.org/10.17163/soph.n11.2011.06>.
- Alfageme, B y Sanchez Murcia, P. (2002). *Aprendiendo habilidades con videojuegos*. Revista científica de Comunicación y Educación, 114-119.
- Asus. (s.f.). *Xtion PRO LIVE*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://www.asus.com/es/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/
- Bergeron, M., Lortie, C y Guitton1,2, M. (2015). *Use of Virtual Reality Tools for Vestibular Disorders Rehabilitation: A Comprehensive Analysis*. Hindawi Publishing Corporation, 9 pages. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2015/916735>.
- Blender. (s.f.). *About*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.blender.org/about/>
- Cho, p., Ku, J., Cho, Y., Kim, I., Kang, Y., Jang, D y Kim, S. (2014). *Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients*. Computer Methods and Programs in Biomedicine. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.09.006>
- Choi, Y.-H., Ku, J., Lim, H., Kim, Y y Paik, N.-J. (2016). *Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke*. Restorative Neurology and Neuroscience. doi:10.3233/RNN-150626
- Corbetta, D., Imeri, F y Gatti, R. (2015). *Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review*. Journal of Physiotherapy. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.017>
- Cruz Morales, M., Morales Cárdenas, A y Ayala Ruiz, Á. (2006). *Diseño de productos asistidos por realidad virtual inmersiva*. Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo. 2(3), 93-100. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de http://revistasomim.net/revistas/2_3/art4.pdf.
- CryEngine. (s.f.). *Technical Documentation*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de (<http://docs.cryengine.com>).
- Elliott, V., de Bruin, E y Dumoulin, C. (2016). *Virtual Reality Rehabilitation as a Treatment Approach for Older Women With Mixed Urinary Incontinence: A Feasibility Study*. Neurourology and Urodynamics, 34:236-243. doi:<https://doi.org/10.1002/nau.22553>.

- Engine, U. (s.f.). *Unreal Engine Features*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.unrealengine.com>.
- Ferreira dos Santos, L., Christ, O., Mate, K., Schmidt, H., Kruger, J y Dohle, C. (19 de 12 de 2016). *Movement visualisation in virtual reality rehabilitation of the lower limb: a systematic review*. BioMedical Engineering OnLine. doi:<https://doi.org/10.1186/s12938-016-0289-4>.
- García-Ruiz, M., Bustos-Mendoza, C., Andrade-Aréchiga, M y Acosta-Díaz, R. (2005). *Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares*. *COMPUQUÍMICA*, 115-120. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_ACOSTA-DIAZ/publication/235344383_Panorama_de_la_realidad_virtual_aplicada_a_la_ensenanza_de_propiedades_moleculares/links/02e7e5388be873771d000000.pdf.
- Gómez Silva, G. (11 de 2017). *Repositorio Institucional-Pontificia Universidad Javeriana-Trabajos de grado (Especializaciones y Pregrados)-Facultad de Educación-Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Humanidades y Lengua Castellana*. Recuperado el 07 de 04 de 2019, de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34596>
- Guzman, D y Londoño, J. (2016). *Rehabilitación de miembro superior con ambientes virtuales: revisión*. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 37(3), 271-285. doi:<http://dx.doi.org/10.17488/rmib.37.3.8>.
- Intel. (s.f.). *RealSense*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://www.intelrealsense.com/stereo-depth/?utm_source=intelcom_website&utm_medium=button&utm_campaign=day-to-day&utm_content=D400_learn-more_button&utm_ga=2.32974526.1086635678.1561994118-574367726.1561994118.
- Javascript. (s.f.). *About*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.javascript.com/about>.
- Larson, E., Feigon, M., Gagliardo, P y Dvorkin, A. (01 de 01 de 2014). *Virtual reality and cognitive rehabilitation: A review of current outcome research*. *NeuroRehabilitation*, 34(4), 759-772. doi:<https://doi.org/10.3233/NRE-141078>.
- Laver, K., Lange, B., George, S., Deutsch, J., Saposnik, G y Crotty, M. (2017). *Virtual Reality for Stroke Rehabilitation*. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 11. Art. No.: *CD008349*. doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4.
- Levin, M., Weiss, P y Keshner, E. (2015). *Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles*. *Physical Therapy*, Volume 95, Issue 3, 1, 415–425. doi:<https://doi.org/10.2522/ptj.20130579>.
- Lopez-Bosh, M., Alonso Pérez, P., Tovar, C., Hernández Martín, M., López Martínez, J., Saura Pérez, Á y Zapatero Guillén, D. (2011). *Las actuales enseñanzas de artes plásticas y Diseño*. (S. G. Técnica, Ed.) España: edicion.gob.es. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=piwbAgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

- Luque-Moreno, C., Ferragut-Garcías, A., Rodríguez-Blanco, C., Heredia-Rizo, A., Oliva-Pascual-Vaca, J., KiperPawel y Oliva-Pascual-Vaca, Á. (2015). *Decade of Progress Using Virtual Reality for Poststroke Lower Extremity Rehabilitation: Systematic Review of the Intervention Methods*. BioMed Research International. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2015/342529>
- Martines, M. (2006). *La investigación Cualitativa (síntesis Conceptual)*. IIPSI, 9(1). Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf.
- Martínez Pino, M. (2018). *Realidad virtual en la rehabilitación motora de la mano en pacientes postictus*. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación.
- Matt C, H. (2017). *A Meta-Analysis and Systematic Literature Review of Virtual Reality Rehabilitation Programs*. Computer in Human Behavior. doi:10.1016/j.chb.2017.01.013
- Meldrum, D., Herdman, S., Vance, R., Murray, D., Malone, K., Duffy, D., . . . McConn-Walsh, R. (2015). *Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular loss: Results of a randomized controlled trial*. 2015 American Congress of Rehabilitation Medicine, 96, págs. 1319-1328.e1. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.02.032>.
- Microsoft. (s.f.). C#. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>.
- Molero Suárez, L., Batista, J y Puentes, M. (2019). *Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educación superior del estado zulía*. Consensus, Santiago de Chile, Chile.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodríguez, P., Ayala Escobar, E y Lozano Rojas, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodríguez, E. Ayala Escobar, y H. Lozano Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodríguez, P., Quevedo, M., Montenegro, J y Castiblanco, L. (2019). Gammig, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodríguez, M. Quevedo, J. Montenegro, y L. Castiblanco, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 134-144). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga, M., Inciarte, V., Molero, L y Rodríguez, D. (2019). Dimensiones de la responsabilidad social como estrategia de compromiso corporativo en la educación superior. En L. Molero, M. Villarraga, V. Inciarte, L. Molero, & D. Rodríguez, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una*

- visión desde Latinoamérica*. Volumen VIII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga, M., Molero, L., Inciarte, V y Sosa, A. (2019). Responsabilidad social como factor multidimensional para concientizar a empresarios sobre su importancia e influencia en empresa, gobierno y sociedad. En L. Molero, M. Villarraga, L. Molero, & A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 156-164). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Mulero Palencia, S. (2017). *Rehabilitación motora con instrumentos musicales en entorno virtual (Tesis pregrado)*. Valladolid.
- Ortecho. (2007). *Ciencia y tecnología para el hábitat popular*. Editorial Granice.
- Ospina Rodríguez, P., Molero Suárez, L., Lozano, H., Becerra, Y y Ruiz, J. (2019). Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual. En P. E. Ospina Rodríguez, L. Molero Suárez, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 74-84). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Pedroli, E., Serino, S., Cipresso, P., Pallavicini, F y Riva, G. (2015). *Assessment and rehabilitation of neglect using virtual reality: a systematic review*. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. doi:10.3389/fnbeh.2015.00226.
- Perez. (2010). *Enfoques metodológicos*. Editorial La Salle.
- Phyton. (s.f.). *Beginners Guide*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide>.
- Pietrzak, E., Pullman, S y McGuire, A. (2014). *Using Virtual Reality and Videogames for Traumatic Brain Injury Rehabilitation: A Structured Literature Review*. *Games for Health Journal*, 3(4). doi:<https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0013>.
- Pinilla, I. (2017). *Juego serio para terapias de rehabilitación motora y cognitiva con realidad virtual (Tesis de pregrado)*. Valladolid.
- Putrino, D. (2014). *Telerehabilitation and emerging virtual reality approaches to stroke rehabilitation*. *Current Opinion in Neurology*, 27(6):631–636. doi:10.1097/WCO.0000000000000152.
- Raigoza, A., Alvis, P., Sánchez, D y Giraldo, F. (2017). Prototipo basado en técnicas de Realidad Virtual semi-inmersiva para la enseñanza de Cálculo Multivariado y Vectorial en estudiantes de Ingeniería. *12mo Congreso Colombiano de Computación (12CCC)At: Cali*. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Faber_D_Giraldo/publication/320171209_Prototipo_basado_en_tecnicas_de_Realidad_Virtual_semi-inmersiva_para

la_ensenanza_de_Calculo_Multivariado_y_Vectorial_en_estudiantes_de_Ingenieria/links/59d270c24585150177f637a1/Pr.

- Saposnik, G., Cohen, L., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., . . . Bayley, M. (27 de 06 de 2016). *Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (E/REST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial*. The LANCET Neurology, 15(10), 1019-1027. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30121-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30121-1).
- Shin, J.-H., Kim, M.-Y., Lee, J.-Y., Jeon, Y.-J., Kim, S., Lee, S., . . . Choi, Y. (2016). *Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 13:17. doi:DOI 10.1186/s12984-016-0125-x
- Shin, J.-H., Ryu, H., & Jang, S. (2014). *A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. doi:<https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-32>.
- Sony. (s.f.). *Sony Depthsensing Solutions*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.sony-depthsensing.com/Depthsense/Markets/Gaming>.
- Standen, P., Threapleton, K., Connell, L., Richardson, A., Brown, D., Battersby, S., . . . Platts, F. (2015). *Patients' Use of a Home-Based Virtual Reality System to Provide Rehabilitation of the Upper Limb Following Stroke*. Physical Therapy, Volume 95, Issue 3, 1, Pages 350–359. doi:<https://doi.org/10.2522/ptj.20130564>.
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Unity. (s.f.). *Documentation*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://docs.unity3d.com/Manual/index.html?_ga=2.40452706.1783049006.1561990457-1491597469.1561990457.
- Viñas-Diz y Sobrido-Prieto, M. (2016). *Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática*. NEUROLOGÍA, 31:255—277. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.06.012>
- Wai Yin, C., Yee Sien, N., Ai Ying, L., Fook-Chong Man Chung, S y Tan May Leng, D. (6 de 05 de 2014). *Virtual reality for upper extremity rehabilitation in early stroke: a pilot randomized controlled trial*. SAGE, 28(11), 1107-1114. doi:<https://doi.org/10.1177/0269215514532851>.
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia Minoru 3D Webcam*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://en.wikipedia.org/wiki/Minoru_3D_Webcam.