CAPITULO III

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ

Luis Guillermo Molero Suarez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-4117-8273>

Javier Alejandro Sáenz Leguizamón

Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jasaenzl@unipanamericana.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-0953-0791>

Judeira Batista De Abreu

Doctora en Ciencias Gerenciales. Uniguajira, G47J+F7 Divisa, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: jjbatista@uniguajira.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-5058-9373>.

Lisbeth Marina Molero Suarez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Calle 57# 3-00 este, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: lmolero@poligran.edu.co. <https://orcid.org/0000-0001-8948-9188>.

Luis Alejandro Tocarruncho Ariza

Ingeniero en Telecomunicaciones. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana latocarruncho@unipanamericana.edu.co. Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito analizar alternativas tecnológicas útiles que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación para la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz. Metodológicamente, está orientada bajo el paradigma cualitativo a través de un estudio documental, con diseño bibliográfico descriptivo utilizando las categorías tecnología asistiva (DTA), tecnología de rehabilitación, entornos de realidad virtual como alternativa a la optimización de terapias para discapacidad motora, domótica, rehabilitación asistida por Robot (Robotically Assited Rehabilitation, RAR) y telerehabilitación para construir un análisis sobre la base de las teorías planteadas por Cook y Miller, (2008), Martínez y Rios, (2006), Molero, Rosas,

Montenegro, Santos y Zamudio, (2019), Junestrand, Passaret y Vázquez (2005), Yazıcı *et al.*, (2019) y Antón, Kurillo, Goñi, Illarramendi, y Bajcsy, (2017). Dentro de los hallazgos, se realizó una revisión científica concerniente a las alternativas tecnológicas más utilizadas en la actualidad a los fines de brindar parámetros optimizados en relación con rehabilitación, motivación e inclusión de personas con discapacidad motriz. Como conclusión se obtuvo, que estas herramientas propias de la tecnología asistiva y tecnología de rehabilitación brindan excelentes beneficios en pro de la calidad de vida de personas con discapacidad motriz, lo cual satisface las necesidades del presente estudio.

Palabras clave: alternativas tecnológicas, discapacidad motriz, tecnología Asistiva, tecnología de Rehabilitación.

TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES FOR PEOPLE WITH MOTOR DISABILITIES

Abstract

The purpose of this research was to analyze useful technological alternatives that allow inclusion, rehabilitation or be a source of greater motivation to improve the quality of life of people with motor disabilities. Methodologically, it is oriented under the qualitative paradigm through a documentary study, with a descriptive bibliographic design using the categories assistive technology (DTA), rehabilitation technology, virtual reality environments as an alternative to optimizing therapies for motor disability, home automation, rehabilitation assisted by Robot (Robotically Assisted Rehabilitation, RAR) and telerehabilitation to build an analysis based on the theories raised by Cook and Miller, (2008), Martínez and Rios, (2006), Molero, Rosas, Montenegro, Santos and Zamudio, (2019), Junestrand, Passaret and Vázquez (2005), Yazıcı *et al.*, (2019) and Antón, Kurillo, Goñi, Illarramendi, and Bajcsy, (2017). Among the findings, a scientific review was carried out concerning the most widely used technological alternatives at present in order to provide optimized parameters in relation to rehabilitation, motivation and inclusion of people with motor disabilities. In conclusion, it was obtained that these own tools of assistive technology and rehabilitation technology provide excellent benefits for the quality of life of people with motor disabilities, which meets the needs of this study.

Keywords: assistive technology, motor disability, rehabilitation technology, technological alternatives.

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

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

Introducción

Globalmente, el término de discapacidad se ha caracterizado por cambios importantes producto de su vinculación a circunstancias disímiles y a su representación fundamental, en ese sentido, dista entre los antagónicos matices de tipo orgánicos, psicológicos y sociales (deficiencia, incapacidad y minusvalía respectivamente), esto ayuda a establecer una mejor categorización y apoyo para su rehabilitación y reincorporación a los sistemas productivos. Como consecuencia, producto de sus discrepancias sociales y personales, esta población vulnerable presenta en algunos escenarios discriminación, abusos y explotación proveniente de personas, grupos o instituciones, a lo cual, el Estado colombiano ha respondido con la Ley 762 del 2002, donde se aprueba la Convención Interamericana de eliminación de todas las formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad.

Este esfuerzo del Estado plegado al respeto de la discapacidad ha venido concentrado esfuerzos en desarrollar normativa jurídica demostrando la relevancia del tema, tal es el caso de la Ley 1145 de 2007, donde se crea el Sistema Nacional de Discapacidad (SND), concebido como una estructura de ejecución de planes, con los recursos necesarios para garantizar el cumplimiento de las leyes y ordenanzas en este ámbito. Asimismo procedente de la legislación anterior, surgen otras normativas complementarias entre ellas la Ley 1346 de 2009, referida a los derechos de las personas con discapacidad dispuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y a través de la Ley 1618 de 2013, estos derechos se consolidan otorgando estatutos propios a las políticas colombianas. En adición y para afinar los elementos que puedan ayudar al fortalecimiento de la atención, cuidados y respaldo a las personas con discapacidad, el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), emite el Documento 166, en el cual se establecen e integran los lineamientos que permitirán la implementación de políticas públicas de discapacidad e inclusión social, el cual busca condiciones igualitarias en cuanto a derechos humanos y libertades fundamentales a estas personas, lo que denota un marco jurídico colombiano robusto que ofrece garantías para avanzar en la incorporación del discapacitado en sus comunidades.

Actualmente, según registro de la página web Discapacidad Colombia, para el 2015 se contaban con alrededor de tres millones de personas con limitaciones permanentes, de las cuales casi un millón trescientos mil colombianos tienen diagnóstico de discapacidad, representando un 6.3% del total de habitantes de la nación. Con relación a la limitación más frecuente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en su página web informa que existe mayor prevalencia de limitaciones motoras superando el cuarenta por ciento, seguido por las visuales, con más de veinte por ciento de los casos.

Entre tanto, por casi dos décadas se ha observado un desarrollo importante de tecnologías que ha invadido la práctica de muchas ciencias y disciplinas permitiendo la reingeniería de métodos a través de novedosas técnicas logrando ser notoriamente efectivas. Este nuevo “quehacer”, de la mano de elementos innovadores como la industria 4.0, la inteligencia artificial y los sistemas gamificados, ha puesto de manifiesto un multitudinario compendio de dispositivos que permiten ofrecer calidad de vida, motivación e inclusión a personas en condición de discapacidad, desde la visión de las tecnologías asistivas y las tecnologías en rehabilitación, elementos importantes a discernir que versan sobre alternativas tecnológicas para la discapacidad.

Por su parte, las tecnologías asistivas reúne el desarrollo de elementos, algunas veces conocidos como Medgadgets, que facilitan el ejercicio de comer, escribir, leer, jugar, entre otros, y que están por lo general al alcance del usuario en términos monetarios. En contraste, están las tecnologías en rehabilitación, que proporcionan herramientas de hardware, software o ambos, para el desarrollo efectivo de ciclos fisioterapéuticos, permitiendo delinear una nueva cultura social más consciente e inclusiva al tiempo de recrear nuevas estrategias que permitan ser socialmente responsables desde nuestro entorno como individuos y poder establecer líneas de acción claras sobre estos grupos que desde siempre y en la actualidad sufren de algún tipo de discriminación o segregación.

En consecuencia, se desarrolla este estudio de cohorte documental que a través de las abstracciones preliminares pretende lograr el propósito de analizar alternativas tecnológicas útiles que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación para la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz logrando ser evaluadas potencialmente como estrategia de transformación digital, desde una cultura tecnológica corporativa proactiva y consciente de las realidades y el entorno (Molero, Batista, y Puentes, 2019).

Fundamentación teórica

Tecnología Asistiva (DTA) y Tecnología de Rehabilitación (TR)

La Tecnología Asistiva DTA, también conocida por sus siglas en inglés AT (Assistive Technology), pertenece a un método inclusivo y de accesibilidad que hace uso de cualquier objeto, máquina, herramienta, sistema, programa, servicio o instrumento de carácter tecnológico o no tecnológico, que permite integrar a un individuo con discapacidad mediante la mejora en sus capacidades (este último, para los efectos de la investigación también se denominará Deficiencia motriz o Diversidad funcional físico motora). Lo más significativo con respecto a las DTA, es que se basan en los resultados funcionales de los productos, más que en la tecnología utilizada para tales fines, es por ello, que no toda DTA es meramente especializada y todas son utilizadas para incrementar o mejorar las capacidades funcionales de un individuo. Durante el desarrollo del constructo teórico, se mostrarán alternativas en referencia a las tecnologías asistivas (ver figura 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Figura 1

Pediatric AFO (Ankle-Foot-Orthoses)

Fuente: <https://www.rmalb.com/orthotics/pediatric-afo-ankle-foot-orthoses>

Figura 2

Balance Knee. Balance™ Knee de Össur®.

Fuente: <https://www.ossur.es/soluciones-protesicas/productos/balance-solutions/balance-knee>

Tratando de profundizar en este respecto, Cook y Miller (citado por Carpio, 2012) en referencia a los orígenes de los DTA, reseñan:

El origen de la DTA se remonta desde la edad de piedra, cuando algún cavernícola se rompía una pierna en una expedición de caza, recurría a un madero para apoyarse al caminar, este objeto se convirtió en uno de los primeros productos de apoyo, fabricado y puesto en uso. Otro ejemplo es el descubrimiento que con un cuerno animal vacío se podían escuchar las voces más fuertes, lo que compensaba la deficiencia auditiva en algunas personas. Uno de los primeros usos que se le dio a la rueda fue para el transporte de personas, lo que más adelante se convirtió en un componente clave para la actual silla de ruedas que sorprendentemente es similar a su predecesora. Estos dispositivos llegan a conocerse como de alta tecnología en el momento en que hay un avance en su diseño y el material empleado para su fabricación; sin embargo, cada nueva versión hace hincapié en la función antes que en la forma o estilo. (p.3)

Figura 3
Convaid Rodeo Tilt.

Fuente <https://www.convaid.com/rodeo/>

Figura 4
Ugo Project

Fuente: <http://www.tuvie.com/ugo-project-aids-children-with-cerebral-palsy-to-move-and-play-without-any-assistance/>

A decir verdad, las DTA, no proveen mejora en la condición de discapacidad del paciente, no obstante, proveen dispositivos que permiten insertar parcial o totalmente al discapacitado a la vida diaria, por lo que son de gran ayuda por su carácter inclusivo en el contexto social, laboral, educativa, entre otros.

Figura 5
EazyHold Universal Cuff

Fuente: <https://eazyhold.com/>

A tales efectos, las DTA desde siempre han ganado importantes segmentos al permitir la inclusión de pacientes con discapacidad mejorando su calidad de vida al darle acceso en el desempeño de actividades que de lo contrario fuesen imposibles de desarrollar. La atención especial a la diversidad es el ancla, para que muchas empresas y organizaciones diseñen dispositivos tecnológicos o no tecnológicos a fin de incrementar las oportunidades de estos pacientes con necesidades específicas, atenuando o mitigando sus deficiencias otorgándole mayor autonomía y accesibilidad en diferentes espacios.

Figura 7
Xbox Adaptive Controller

Fuente: <https://www.xbox.com/es-ES/xbox-one/accessories/controllers/xbox-adaptive-controller>

Figura 6
The New I-Series

Fuente: <https://www.tobiidynavox.com/devices/eye-gaze-devices/i-series-f6cc6b9f/>

Por otro lado, en contraste con las DTA, existe la Tecnología de Rehabilitación (TR) también conocida por sus siglas en inglés RT (Rehabilitation Technology), que discurren a todo desarrollo tecnológico para el apoyo del proceso de rehabilitación y consta de cualquier componente de hardware, software o mixto que mejore u optimice las capacidades funcionalidad en los ciclos terapéuticos de rehabilitación, ejemplo de esta tecnología es la figura 8.

Figura 8

The Ekso exoskeleton.

Fuente: <https://eksobionics.com/eksohealth/>

En adición, este compendio de tecnologías tiene su usabilidad sobre las deficiencias en funciones o estructuras corporales. En ese sentido, Martínez y Rios, (2006) expresa:

Este tipo de tecnología se aplica a condiciones en las que una alteración, bien sea temporal o permanente, en funciones o estructuras corporales de la persona puede generar una limitación en la ejecución de sus actividades o en su participación social. De este modo, esta tecnología se aplica durante el proceso de rehabilitación funcional, en donde es posible mejorar las condiciones de tejidos, órganos o funciones alteradas, con la utilización de estos instrumentos. (p.105).

Uno de estos instrumentos es el MyndMove (figura 9), el cual es un dispositivo de estimulación eléctrica que se aplica en manos y brazos.

Figura 9

MyndMove

Fuente: <http://reiltoronto.ca/index.php/research/rehabilitation-technologies/>

Empero, existe una dicotomía entre el concepto de DTA y TR, a este respecto Padilla *et al.* (2008):

En Europa, a partir de 1994, los participantes en el estudio HEART (Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology) comenzaron a utilizar el término ‘Assistive Technology’, en sustitución de ‘Rehabilitation Technology’ por considerar que el término ‘rehabilitation’ tiene en inglés una connotación que no permite diferenciarlo de su significado de rehabilitación médica y por entender que el término ‘assistive’ abarca un campo más amplio, que incluye a aquél. Sin embargo, en español, el término ‘rehabilitación’ permite un número de acepciones mucho más amplio que el relativo a la rehabilitación médica; no obstante, existe una opinión bastante generalizada de que en español tampoco es un nombre adecuado para este sector; pero al no existir todavía el consenso suficiente para utilizar uno u otro término, parece que lo más adecuado es seguir utilizando el término de ‘Tecnologías de la Rehabilitación’, aunque en convivencia con otros como ‘Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad’, o ‘Tecnologías Asistentes’, ‘Tecnologías Habilitadoras’, ‘Tecnologías Compensatorias’ y otros. (p. 543)

Para los efectos de la investigación, se considerará la TA como un método inclusivo y de accesibilidad compuesto por un conjunto de herramientas tecnológicas y no tecnológicas que permite integrar a un individuo con discapacidad a través de la mejora en sus capacidades, centrándose en los resultados funcionales de los productos, mientras que la TR, al conjunto de herramientas tecnológicas para el apoyo del proceso de rehabilitación y mejora de las capacidades funcionales del paciente. Un ejemplo es el Hemolaser Reloj Terapéutico Suyzeko GY-L2 (figura 10).

Figura 10

Hemolaser Reloj Terapéutico Suyzeko GY-L2.

Fuente: <https://suyzeko.com/product/low-level-laser-therapy-watch>

Vinculado a estos referentes y en sustento al desarrollo de “productos de apoyo para personas con discapacidad” la norma ISO 9999:2007 (Existe la actualización ISO 9999:2016 que no se pudo consultar) quien en las versiones anteriores a este documento se denominaba “Ayuda técnica”, define a los productos de apoyo a la discapacidad como “cualquier producto (incluyendo dispositivos, equipos, instrumentos, tecnología y software) fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, controlar, mitigar o neutralizar deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación” (ISO 9999:2007, p. 9).

Los principios en los cuales se basa esta norma corresponden a la de entrenamiento en capacidades o productos de apoyo que manejan funcionalidades distintas, sin embargo, pueden ser utilizados para ellos. A continuación, se muestra la clasificación de la norma para productos de apoyo en la tabla 1:

Tabla 1

Clasificación de la norma ISO 9999:2007 para productos de apoyo a la discapacidad

Clase	Descripción
04	Productos de apoyo para el tratamiento médico personalizado
05	Productos de apoyo para el entrenamiento/aprendizaje de capacidades
06	Órtesis y prótesis
09	Productos de apoyo para el cuidado y la protección personal
12	Productos de apoyo para la movilidad personal
15	Productos de apoyo para actividades domésticas
18	Mobiliario y adaptaciones para viviendas y otros inmuebles
22	Productos de apoyo para la comunicación y la información
24	Productos de apoyo para la manipulación de objetos y dispositivos
27	Productos de apoyo para mejorar el ambiente, herramientas y máquinas
30	Productos de apoyo para el esparcimiento

Fuente: ISO 9999:2007

Resulta asimismo interesante, los postulados del Libro Blanco de la I+D+I al servicio de las personas con discapacidad y personas mayores en apoyo a las tecnologías de la rehabilitación, para quienes la precisan como un espacio transversal encauzado en la búsqueda de soluciones sobre la Accesibilidad Integral. En este aspecto, Dolores (2003), configura una definición más exacta que describe:

Cualquier tecnología de la que puedan derivarse los productos, instrumentos, equipamientos o sistemas técnicos accesibles por personas con discapacidad y/o mayores (ya sean estos producidos especialmente para ellas o con carácter general) para evitar, compensar, mitigar o neutralizar la deficiencia, discapacidad o minusvalía y mejorar la autonomía personal y la calidad de vida. (p.49)

El MusicGlove Hand Therapy for PC/Mac (ver figura 11), brinda recursos para entrenar en el uso de esos productos, evaluar las patologías y capacidades residuales de usuarios finales y rehabilitar desde el punto de vista físico o funcional en una etapa post sanitaria.

Figura 11

MusicGlove Hand Therapy for PC/Mac

Fuente: <https://udarrehab.pl/gb/strona-glowna/26-46-music-glove.html>

Por otra parte, existe un número importante de normativas internacionales que, de acuerdo a las evidencias mostradas, permiten definir el alcance en lo concerniente a las TA y TR a los fines de precisar los atributos que debe poseer cada uno de ellos. En ese marco, permite clasificar los elementos que se debe tener de acuerdo con su usabilidad.

Entornos de realidad virtual como alternativa a la optimización de terapias para discapacidad motora.

La realidad virtual (RV) de acuerdo con Molero *et al.* (2019), ha venido alcanzando terrenos importantes debido al despliegue de escenarios dinámicos donde el usuario en unión a múltiples dispositivos periféricos interactúa de forma inmersiva, lo que ha revolucionado

la óptica de ver el mundo que nos rodea. En consecuencia, la RV se define como un entorno dinámico y controlado que proporciona a los usuarios desarrollar experiencias más reales y vivas, a través, de diferentes dispositivos o interfaces.

A este respecto, la realidad virtual que se conoce en la actualidad se originó alrededor de los años 50s con la creación del sistema Sensorama (Heilig, citado por Ospina *et al.*, 2019).

...patentado por el cineasta Morton Heilig, en él se exhibían pequeñas películas acompañadas de estimulaciones táctiles, olfativas y auditivas, sumergiendo al espectador en un mundo de fantasía de la forma más inmersiva posible para la época. Posteriormente en 1960, el mismo Heilig, patentó la máscara Teleférica, que difuminaba aún más la línea entre realidad y fantasía incluyendo mejoras como la proyección en tres dimensiones y a color. (p.79)

En adición desde la perspectiva del desarrollo de sistemas gamificados, la RV resalta sus capacidades inmersivas para captar la atención del usuario a través de objetos virtuales en ambientes controlados. Estos resultados revelan, que su camino ha evolucionado con el pasar del tiempo, adoptando nuevas y poderosas tecnologías que agregan mayores capacidades de inmersión y realismo, una muestra de ellos son los micro electromecánicos (MEMS) (Lee y Lawrence, 1994), propuesto por Kalman, (1960) que permiten determinar con gran precisión la ubicación y orientación del usuario.

Una presencia importante de la RV se concentra en los “Serious Games” (Juegos Serios) y en los “Exergames” (Juegos de aptitud o Ejercicio-Juego), que en conjunto con accesorios periféricos permiten al usuario lograr increíbles sensaciones de inmersión que logran estimular la motivación dentro del ciclo de rehabilitación o ejercitación. En la tabla 2, según Molero *et al.*, (2019) podemos observar los accesorios para RV.

Asimismo, la amalgama de tecnologías como la RV y los periféricos admiten desplegar soluciones eficaces y muy dinámicas que envuelven al paciente en el desarrollo de ciclos de rehabilitación o ejercitación optimizados para conseguir la recuperación parcial o total de ciertas deficiencias motrices. Un caso particular de estas herramientas de apoyo a la RV es la tecnología de reconocimiento de objetos de Microsoft, conocido como Kinect (ver figura 12). Este dispositivo periférico USB de captura de movimiento con forma horizontal interactúa bidireccionalmente con la consola de juegos Xbox, desde la versión 360 y permite a través de una cámara Rojo – Verde – Azul (RGB), una serie de micrófonos y un sensor de proximidad, identificar y reconocer movimiento sin necesidad de contar con algún mando o dispositivo adicional, tan solo con comandos de voz, gestos y el movimiento corporal propio. Esto permite, libertad en la ejecución de movimientos durante el ciclo de ejercicios que se desean implementar, dando la posibilidad, de tratar muchas más discapacidades motoras.

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	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 iisu 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.)
Guantes 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 et al. (2019).

Figura 12

Azure Kinect DK.

Fuente: <https://azure.microsoft.com/es-es/services/kinect-dk/>

Resulta además interesante, el uso de periféricos que proporcionan la inmersión en estos ambientes gamificados, como es el caso de las gafas para RV (figuras 13 y 14), cuyo nombre en inglés corresponde a Head Mounted Display (HMD), este periférico es un tipo de gafas o visor de Realidad Virtual (VR) que consiente representar imágenes diseñadas por computadora sobre una pantalla cercana a los ojos.

Figura 13

VIVE Pro HMD

Fuente: <https://www.vive.com/mx/product/vive-pro/>

Para el funcionamiento de las gafas HMD, es necesario el uso de un computador con especificaciones muy poderosas, en otras circunstancias, de un teléfono inteligente para que se logre la captura correcta de las imágenes, asimismo, a través del uso de sensores tiene la capacidad de capturar los movimientos de la cabeza y conseguir información de posicionamiento para determinar la inclinación y orientación. (Molero *et al.*, 2019).

Figura 14
Oculus Rift S.

Fuente: <https://www.oculus.com/rift-s/>

Por otra parte, otro periférico que proporciona realismo sensorial es el guante háptico (figura 15), éste recoge el movimiento de las manos y genera retroalimentación sensorial al paciente. Este dispositivo estimula el sentido del tacto, pudiendo recrear la forma, textura, temperatura y firmeza de objetos para agregar un buen nivel de realismo al entorno virtual. Estos guantes están contruidos sobre una serie de pistones neumáticos montados sobre la palma del guante.

Figura 15
Gloveone

Fuente: <https://www.kickstarter.com/projects/gloveone/gloveone-feel-virtual-reality?lang=es>

La construcción y despliegue de sistemas de RV gamificados en apoyo a los procesos de rehabilitación, se plantean como una estrategia innovadora que persigue a través de la inmersión del paciente en espacios contenidos, generar mayor dinamismo y motivación para conseguir la mejora en sus capacidades funcionales. Estos entornos virtuales,

proyectan mayor concentración en el desarrollo de los ciclos fisioterapéuticos y estimula sensorialmente al paciente logrando así, convertirse en una alternativa efectiva para la optimización de terapias para discapacidad motora. Por si fuera poco, la conjunción de RV con dispositivos periféricos de captura de movimiento como el Kinect de Microsoft, las gafas 3D, guantes hápticos, entre otros, conciben un estímulo sensorial aun mayor generando sinergias positivas de interacción e interactividad con el entorno.

Domótica

Los sistemas domóticos están compuestos por un conjunto de tecnologías y herramientas que se concentran para la automatización parcial o total de los componentes presentes en el hogar, oficina, entre otros. En este particular, Junestrand *et al.* (2005) la definen como la integración multimedia de los sistemas técnicos dentro del hogar” asimismo como “aplicaciones de ahorro energético, el confort, la seguridad y el control de las instalaciones domésticas. De lo anterior, se destacan las principales tecnologías de las cuales hace uso la domótica, entre ellas: Las conexiones M2P, las redes de acceso, las redes de área local inalámbrica (WIFI), los protocolos de comunicación, los sistemas de control y sistema de control automático, los microcontroladores, los periféricos de entrada y salida y los lenguajes de programación.

Las conexiones Maquina a Hombre M2P por su parte, tienen lugar cuando la información se transfiere entre una máquina (un computador, un dispositivo móvil o un smartphone) y una persona, cuando se obtiene información de una base de datos o se realiza un análisis complejo (Cisco Systems, 2019). Este tipo de conexiones ofrece un sin número de beneficios, uno de ellos, es poder ofrecer la interacción M2P permitiendo que una persona en condición de discapacidad motriz pueda interactuar con el sistema domótico y poder ejercer control de los diferentes dispositivos de su hogar por medio de su smartphone.

Las condiciones anteriores se logran a través de las redes de acceso, las cuales dependen del tamaño del área que abarcan, la cantidad de usuarios a conectar, el número y tipos de servicios disponibles, por lo cual, existen diferentes tipos de infraestructuras. (Cisco Systems, 2019). Un ejemplo claro de una red de acceso, son las redes de área local inalámbrica (WIFI), las cuales son similares a las redes de área local, solo que interconectan de forma inalámbrica a los usuarios y los extremos en un área geográfica pequeña. (Cisco Systems, 2019), además, esta brinda acceso a personas y dispositivos finales a través de medios no guiados (inalámbricos), con un ancho de banda más limitado que la red LAN convencionales.

Una vez establecido el acceso a través de una red inalámbrica, entra en juego los protocolos de comunicación, que permiten el dialogo asertivo entre los diferentes dispositivos que se encuentran conectados. Estos protocolos de red, por su parte, definen un formato y un conjunto de reglas comunes para el intercambio de mensajes; entre los más comunes se encuentran: el Hypertext Transfer Protocol (HTTP), el protocolo de control de transmisión (TCP) y el protocolo de Internet (IP). (Cisco Systems, 2019).

En otro orden de ideas, existen los denominados sistemas de control, quienes manipulan acciones de salida de forma ya establecida, a través de dispositivos electrónicos denominados microcontroladores (Gaviño, 2010), estos, actualmente son utilizados en todos los sectores de la industria, tales como: control de la calidad de los productos manufacturados,

líneas de ensamble automático, control de máquinas, control por computadoras, sistema de potencia, robótica, entre otros. En ese sentido, los más comunes son los sistemas de control automático, aquellos que admiten manipular elementos tecnológicos o dispositivos electrónicos con mayor eficiencia, seguridad y comodidad.

De igual modo, estos microcontroladores son programables y con capacidad de ejecutar los comandos almacenados en su memoria interna, están orientados a realizar tareas de control y comunicaciones con la necesidad de cubrir diversas aplicaciones como en telefonía, equipos electrónicos, equipo médico, electrodomésticos, juguetes, entre otros. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración, básicamente es un computador completo dentro de un mismo chip, ya que contiene en su interior los elementos fundamentales. (Séptimo Electrónica, 2014).

Figura 16

Placa de desarrollo SP32 WiFi + bluetooth

Fuente: https://www.banggood.com/ESP32-Development-Board-WiFibluetooth-Ultra-Low-Power-Consumption-Dual-Cores-ESP-32-ESP-32S-Board-p-1109512.html?cur_warehouse=CN

En suma, los lenguajes de programación son entornos que permiten crear aplicaciones totalmente funcionales para diversos usos, en algunos casos, se apoyan en una programación por bloques (Scratch) que facilita la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto en el menor tiempo posible (INVENTOR, 2019).

Así, de esta manera, los sistemas domóticos incorporan una alternativa real y efectiva para el control de dispositivos en espacios tales como oficinas, hogar, entre otros, para facilitar y mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad reducida (ver figura 17). Esta tecnología mixta, permite la automatización total o parcial de servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, a través de redes inalámbricas o cableadas.

Figura 17
Sistema domótico

Fuente: <https://ovacen.com/domotica-y-eficiencia-energetica-de-edificios-ovacen/>

Rehabilitación Asistida por Robot (Robotically Assited Rehabilitation, RAR)

Existen numerosas causas por las cuales se hace necesario la rehabilitación de discapacidades motoras. En este particular, se encuentra cualquier evento traumático o atraumático (esfuerzo repetitivo) que genera pérdida del movimiento y ocasiona un profundo impacto en la calidad de vida del paciente, en consecuencia, el papel del paciente en su proceso de rehabilitación debe ser activo, para su recuperación.

La robótica, atañe a un espacio de la ingeniería que ha venido conquistando terrenos importantes desarrollando amplias soluciones en muchos campos de acción humana, es así, como en la rehabilitación, optimiza estos ciclos para mejorar la calidad de vida de pacientes en condición de discapacidad. En la actualidad, existen numerosos estudios científicos que apoyan el uso de los sistemas robóticos, entre los cuales se encuentran lo de Díaz *et al.* (citado por Yazıcı *et al.*, 2019) quienes sostienen:

Los sistemas robóticos se utilizan para mejorar la capacidad residual y desarrollar la posición, el equilibrio y la locomoción y como parte de la rehabilitación, ya que facilitan la reorganización cortical a través de un entrenamiento intensivo, controlado, repetitivo, orientado a tareas/objetivos y aprendizaje motor. (p. 398).

En la figura 18, podemos observar un ejemplo de estos sistemas, como lo es el ArmAssist.

Figura 18
ArmAssist

Fuente: <https://www.tecnalia.es/proyectos-item/armassist#!prettyPhoto>.

Atendiendo a estas consideraciones, los sistemas robóticos utilizados en procesos de rehabilitación son conocidos como Rehabilitación Asistida por Robot (RAR) (figuras 19 y 20) y consiste en una terapia complementaria a las formas tradicionales que se utiliza como soporte por sus propiedades repetitivas, intensas e interactivas, asimismo, se puede capturar, analizar y verificar los datos recogidos en los ciclos de rehabilitación para posteriormente verificar la efectividad de los movimientos del paciente de acuerdo con los ejercicios prescritos.

Figura 19
Sistema RAR

Fuente: <https://sites.google.com/view/biomtlab/events/events-2019/rar2019>

Por su parte Cortés *et al.* (2016), en su investigación afirman:

La rehabilitación asistida por robot (RAR) es relevante para el tratamiento de pacientes afectados por lesiones del sistema nervioso (p. Ej., Accidente cerebrovascular y lesión de la médula espinal). La estimación precisa de las uniones de las extremidades del paciente en RAR es crítica para el mejoramiento del paciente. (p. 1)

Figura 20
Sistema RAR

Fuente: <https://sites.google.com/view/biomtlab/events/events-2019/rar2019>

Los sistemas robóticos desde sus primeros despliegues han venido para quedarse, numerosas investigaciones ponen de manifiesto las ventajas proporcionales de este método en comparación con las prácticas tradicionales dado que permiten alinear la función motora de forma correcta sin recargar otros músculos en el desarrollo de los ciclos de rehabilitación, permiten el monitoreo en tiempo real del desempeño del paciente, permite ejercer los controles y/o correcciones necesarias, guardar estadísticas de desempeño de los ciclos de rehabilitación, hacen uso de la telemetría como herramienta adicional para que de forma remota se puedan efectuar los cambios necesarios, evalúan la evolución del paciente en el desarrollo de estos ciclos, entre otros factores que cada día se van perfeccionando y proporcionando ventajas superiores (Ospina *et al.*, 2019).

Telerehabilitación

Por muchos años, se ha promovido la Tecnología de la Información para la Salud (HIT), ecosistema que incluye el uso efectivo de las telecomunicaciones como herramienta práctica para acortar distancias, disminuir los costos de movilidad, tiempo y resolver eventos críticos

desde lugares remotos, integrando áreas como la medicina, cardiología, accidentes cerebro vasculares e incluso rehabilitación pudiendo alcanzar gracias a este servicio, el envío de audio, video y realidad virtual, considerando para ellos, robustos protocolos de compresión y seguridad de los datos. Esta situación, ha logrado conseguir acuñar bastos volúmenes de información representativa de muchos pacientes para su posterior análisis, que ha traído consigo, la integración de más y mejores servicios como lo es el almacenamiento en la nube a través de servicios como diagnóstico remoto, monitoreo por video en tiempo real, seguimiento de signos vitales, consultas por video y capacitación.

Sin embargo, en su estudio Antón *et al.*, (2017) refiere que aunque la consultas basadas en video han tenido un remarcado éxito en algunas especialidades, la telerehabilitación, conocida por sus siglas en inglés TT (Telerehabilitation Technologies) no ha sido bastante explotada, las razones, equivalen a los altos costos de los equipos de video, la conexión dedicada de datos en tiempo real del hogar, lo complejo y costoso del hardware y por último, lo poco confiable del video que no permite proporcionar una retroalimentación efectiva al paciente.

Otro aspecto importante en referencia a la usabilidad y accesibilidad de la TT lo precisan Pramuka y Roosmalen (2008), quienes expresan:

Para que la telerehabilitación beneficie mejor al usuario final (es decir, una persona con discapacidad) dentro de su entorno, todas las partes interesadas necesitan acceder al mayor conjunto posible de opciones para determinar qué sistema de prestación de servicios de telerehabilitación producirá los mejores resultados. Además, a medida que los servicios de telerehabilitación continúan complementando o reemplazando los servicios clínicos tradicionales presenciales, existe una creciente necesidad de estandarizar la práctica clínica, el reembolso y las políticas de atención médica que se aplican a la telerehabilitación. (p. 25)

Considerando los supuestos anteriores y en adición a lo referente a la usabilidad y experiencia de usuario entorno a novedosas herramientas tecnológicas, (Molero *et al.*, 2019), expresan:

Pasar por alto este tipo de miramientos, con respecto a la usabilidad y experiencia de usuario, delimitan lo que puede ser el éxito o el fracaso de concatenar nuevas tecnologías con las prácticas tradicionales, en especial en las ciencias médicas, en virtud de que el comportamiento de estas novedosas experiencias puede fluctuar debido a la aversión a nuevos métodos, reticencia a las tecnologías o mala reingeniería de procesos. (p.82)

En resumen, se debe considerar el valor agregado que debe tener la TT con respecto a los servicios cara a cara, a los fines de ser considerado como primario para la selección de alguno de los dos métodos; esto viene de la mano con la correcta selección del método de rehabilitación, la capacitación mínima que debe tener el paciente a la hora de hacer uso de esta tecnología, los costos asociados como factor diferenciador para inclinarse por la TT, la disminución de tiempos de viaje y acomodación, acceso a conocimiento especializado, las dificultades inherentes al uso de la tecnología, la percepción real acerca de los beneficios del uso de la TT y la curva de aprendizaje del uso de la TT.

Metodología

La metodología de la presente investigación se desarrolló bajo 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, 2012). En este particular para Hernández *et al.* (2010), “la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto” (p. 364), por tanto, el tipo de investigación es documental ya que se pretende ampliar y profundizar el conocimiento a través de fuentes bibliográficas y documentales.

A tales efectos, Finol y Nava (1996), expresan:

Al proceso sistemático de búsqueda y tratamiento de la información generada a partir de los estudios hechos sobre un particular, que se han venido acumulando en el transcurso de la historia de la humanidad y que se presenta bajo las más diversas modalidades, que la hacen aún más interesante. (p.43)

Asimismo, Nava (2002) afirma que la investigación documental, es una investigación formal, teórica abstracta si se quiere, por cuanto recoge, registra, analiza e interpreta la información contenida en documentos en soporte de información registradas, es decir, constituye un proceso de búsqueda, selección, lectura, registro, organización, descripción, análisis de interpretación de los datos extraídos de fuentes documentales existentes, en torno a una problemática, con el fin de encontrar respuestas a interrogantes planteadas en cualquier área del conocimiento humano. En adición a lo anterior, Chávez (1994) expresa:

Los estudios documentales son aquellos que se realizan sobre la base de documentos o revisión bibliográfica. Esta investigación, se efectúa en función de documentos escritos, numéricos o estadísticos, archivos oficiales, privado y prensa, la finalidad de los estudios documentales es recolectar información a partir de documentos escritos y no escritos susceptibles de ser analizadas y pueden clasificarse como investigaciones cualitativas. (p. 133)

En consecuencia, la investigación hizo una revisión de diversos documentos científicos dispuestos en bases de datos indexadas de alto impacto y estudios que versaron sobre la temática de los últimos veinte años, estos resultados de la revisión bibliográfica fueron tabulados con base en el análisis bibliométrico para medir la calidad e impacto de los documentos consultados sin pasar por alto la calidad del proceso investigativo de cada producto, lo que finalmente generó el sistema de categorías que es de gran importancia, ya que de ella dependió la estrategia de investigación empleada.

Por consiguiente, con respecto al conocimiento científico derivado como resultado del presente estudio que concierne a la afirmación positiva de las categorías Tecnología Asistiva (DTA) y Tecnología de Rehabilitación (TR) como base principal para tipificar los métodos asociados a la rehabilitación, motivación e inclusión y en consecuencia, identificar las tecnologías de rehabilitación que atañen al presente estudio, entre ellas: los Entornos de Realidad Virtual como alternativa a la optimización de terapias para discapacidad motora,

la Domótica, la Rehabilitación Asistida por Robot y la Telerehabilitación 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. (Perez, 2010). Asimismo, según Ortecho (2007), busca establecer las relaciones o conexiones existentes entre los fenómenos observados, por lo que igualmente se establece que la observación a la que se incurre es preeminentemente objetiva, independiente del sujeto que conoce. En ese sentido, 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.

Finalmente, para cumplir con el propósito de la investigación que corresponde a analizar alternativas tecnológicas útiles que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación para la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz, se desarrolló un estudio documental, con diseño bibliográfico descriptivo utilizando las categorías antes señaladas para proyectar un análisis desde donde poder establecer las relaciones de los tópicos de acuerdo con diferentes autores y en este sentido poder enmarcar de forma teórica la justificación acerca de las alternativas tecnológicas que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación en pro de la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz.

Resultados

Desde siempre, en el mercado han existido sistemas de hardware, software y mecánicos que optimizan de alguna manera el quehacer diario de pacientes con discapacidad motora, para mejorar su calidad de vida al tiempo de permitir adelantos considerables de forma parcial o total sobre la discapacidad. En ese sentido, existe una línea muy delgada entre los productos que mejoran las capacidades funcionales y aquellos que no, en ellas se encuentran las tecnologías de rehabilitación (TR) y las tecnologías asistivas (DTA).

Como se ha estudiado a lo largo de la investigación, las tecnologías de rehabilitación permiten una mejora parcial o total de la función motora de un paciente, algunas definiciones, van más allá de un simple dispositivo de hardware o software sino que además involucran herramientas que ciertamente podrían ser herramientas asistivas, sin embargo y en contraste, existe claramente el termino de tecnologías asistivas, que permiten la inclusión y el desarrollo de actividades diarias en pacientes con discapacidad sin mejorar su condición, es decir, corresponde a un conjunto de instrumentos que facilitan el quehacer diario en espacios como: educación, trabajo, vida en el hogar, entre muchos otros.

Considerando las evidencias anteriores y como parte del propósito de la investigación, se analizarán alternativas tecnológicas útiles que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación para la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz.

La incorporación de RV, ha desplegado grandes avances en la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora, así lo demuestra Shin *et al.* (2014) quien en su estudio con un grupo de pacientes con accidente cerebrovascular, implementando el uso del sistema

“RehabMaster” concluyo, la viabilidad y seguridad del uso de sistemas de realidad virtual en apoyo a este tipo de pacientes.

Por otra parte Cho *et al.*, (2014) en su estudio concerniente a la implementación de la RV sobre las técnicas tradicionales concluyeron positivamente sobre la efectividad de esta implementación para recuperar la propiocepción de los pacientes con accidente cerebrovascular. Entre tanto, Luque *et al.*, (2015) deducen que la intervención de escenarios de Realidad Virtual en conjunto con la terapia tradicional proyecta mejores resultados para personas con discapacidad motriz, esto permite a la investigación concluir que la incorporación de esta tecnología en las rutinas de rehabilitación supera las prácticas tradicionales. Finalmente Shin *et al.*, (2016), quienes, en un ensayo controlado de 46 personas sobrevivientes a un accidente vascular, sometieron a la mitad del grupo a terapias con RV, mientras que, al resto, a terapias convencionales, concluyendo, que la combinación de ambas terapias resulta con mayores beneficios que las prácticas tradicionales.

Empero, las propuestas que articulan tecnologías Kinect con video juegos integran al paciente en una experiencia más vivida, interactiva y controlada para su propio desarrollo y recuperación. Un caso particular corresponde al proyecto de Villada y Muñoz (2014), donde se desarrolló un juego con la asistencia del software Matlab y librerías para el funcionamiento del kinect, que permite a través del análisis de ángulos de Euler, mejorar la recuperación de pacientes con diversos problemas sobre la movilidad de sus extremidades superiores.

El sistema consiste en capturar diversos movimientos realizados por el paciente y poderlos visualizar en interfaces gráficas para relacionar todos los “puntos” con los del usuario en un espacio en tres dimensiones (3D). En la población muestra del proyecto, se notaron importantes mejorías, ya que según Villada y Muñoz, (2014), las pruebas fueron realizadas en un centro de rehabilitación con seis pacientes que padecen de un síndrome que afecta a las motoneuronas denominado síndrome piramidal. Los pacientes se relacionaron con videojuegos diseñados para la rehabilitación del hombro. Los resultados del análisis con ayuda del software desarrollado, reportaron que se tiene una mejoría de un 18% en rangos de movimiento en cuatro meses de ejecución de la rutina utilizando un videojuego. Esto permite demostrar las notables mejoras en la implementación de sistemas basados en Kinect (Molero *et al.*, 2019) para tratar diferentes discapacidades y extender múltiples soluciones para su recuperación, teniendo en cuenta, cómo las tendencias tecnológicas y los nuevos avances electrónicos están aportando a procesos más optimizados en campos como la medicina y en especial la fisioterapia.

Por otro lado, considerando algunas aplicaciones con el uso de la domótica Mounyadi, *et al.*, (2014), diseñaron en su investigación un sistema domótico para la activación de funciones en edificios inteligentes como ayuda para personas con movilidad reducida a manera de controlar el funcionamiento de los dispositivos de uso corriente en un hogar a través de comandos de voz. Esta solución, demostró tener el control sobre tres cargas y su confiabilidad con 87% de acierto con el reconocedor de comandos, mismo que fue optimizado, al incorporar una interfaz gráfica con menú de comandos desplegable sobre un monitor.

Con respecto a los sistemas de Rehabilitación Asistida por Robot (RAR) se presenta la investigación de Huang *et al.*, (2019) quienes concluyen en su estudio acerca de la

comparación de dos métodos de rehabilitación con el uso de robots, que ambos sistemas de entrenamiento podrían mejorar significativamente la función motora de las extremidades superiores, en virtud, de que ambos procedimientos fueron efectivos para mejorar las funciones motoras distales a largo plazo en la extremidad superior.

Para Newport (2007), quien introduce las ventajas de la RAR, pone en evidencia las superioridades que tiene el uso de este método en la recuperación motriz del paciente en la rehabilitación del hombro y codo a través del robot MIT-MANUS, asimismo, subraya una ventaja considerable en la recuperación de la independencia, fuerza muscular y puntuación clínica con una duración de hasta tres años.

En otro respecto, la Telerehabilitación ha exhibido un comportamiento positivo en un número considerable de despliegues en el campo de la rehabilitación. Una muestra que precisa estos supuestos, corresponde al estudio de Cason, (2011) y Choi *et al.*, (2016) en los programas de servicios de intervención temprana (IE), quienes afirman que la telerehabilitación es un modelo que demuestra el potencial para este esquema de servicios por ser efectivo y eficiente, lo que mejora el impacto de la escasez de proveedores en áreas rurales. Por otro lado, en su estudio Barlow *et al.*, (2009) acerca de la Evaluación e intervención de los asientos de silla de ruedas: una comparación entre la telerehabilitación y el servicio presencial, lograron concluir que el nivel de satisfacción en ambos grupos de pacientes con respecto a la colocación de sillas de ruedas resultó positiva, sin embargo, la TT logró una reducción en tiempos de atención y costos asociados a la movilidad. Asimismo, Tsa *et al.*, (2016) concluyeron que en su estudio el 100 por ciento de los participantes informaron un alto nivel de satisfacción con respecto a la calidad de las sesiones de videoconferencia en tiempo real en un proceso de TT.

Conclusiones

Con respecto al propósito de la investigación que concierne al análisis de alternativas tecnológicas útiles que permitan la inclusión, rehabilitación o ser fuente de mayor motivación para la mejora en la calidad de vida de personas con discapacidad motriz se identificaron las denominadas tecnologías asistivas y las tecnologías en rehabilitación las cuales han abierto nuevos caminos para que personas en condición de discapacidad puedan compartir espacios a los cuales antes no se tenía el acceso, muchas veces adecuado, para el desempeño de tareas, o por otro lado, con mayor pertinencia en procesos de rehabilitación.

Asimismo, es de interés resaltar que estos adelantos científicos en la recuperación de discapacidades han traído consigo avances sustanciales en armonía a los nuevos paradigmas de transformación hacia lo digital desde una nueva perspectiva de cultura tecnológica, la cual ha legitimado el uso de novedosos métodos a través de magníficos escenarios de sustento a las necesidades del discapacitado, todo ello, bajo la supervisión constante de los expertos en materia de rehabilitación. Esta nueva sinergia, proveniente de nuevos avances sobre el cómo enfrentar la discapacidad, permite a la persona con esta condición realizar sus rutinas de forma adecuada, o vivir en una sociedad inclusiva y pertinente para esta temática.

El estudio también permitió inferir que muchos de los adelantos tecnológicos en materia de tecnología asistiva o tecnología en rehabilitación, proporciona espacios idóneos

para mejorar la calidad de vida de personas en condición de discapacidad, en ese sentido, la Realidad Virtual inyecta un componente motivador superior al método tradicional, que aumenta cuando se combina con periféricos que proyectan mayor realismo a la hora de desarrollar procesos de fisioterapia.

Por otra parte, la domótica, que facilita el ejercicio de actividades rutinarias dentro del hogar u oficina brindando comodidad, optimizando actividades a veces complicadas, la rehabilitación asistida por robots, que permite el desarrollo de ejercicios de recuperación precisos, almacenando estadísticas de uso para su evaluación posterior, lo que contribuye a llevar un control permanente del estado de rehabilitación del paciente para mejorar su funcionalidad motriz.

Finalmente, se destaca que la telerehabilitación, reingenia la forma de llevar los procesos de recuperación, mitiga los costos de movilidad, facilita la ejecución de rutinas de ejercicios desde casa, mejora la calidad de vida de la persona con discapacidad al no tener que desplazarse por ambientes incluso que no están acondicionados para su incapacidad.

Referencias bibliográficas

- Antón, D., Kurillo, G., Goñi, A., Illarramendi, A., y Bajcsy, R. (2017). Real-time communication for Kinect-based telerehabilitation. *Future Generation Computer Systems*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2017.05.006>
- Asus. (s.f.). *Xtion PRO LIVE*. 01 de 07 de 2019, de https://www.asus.com/es/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/
- Barlow, I., Liu, L., y Sekulic, A. (2009). Wheelchair Seating Assessment and Intervention: A Comparison Between Telerehabilitation and Face-to-Face Service. *International Journal of Telerehabilitation*, 1(1), 17-28.
- Carpio, M. (2012). La tecnología asistiva como disciplina para la atención pedagógica de personas con discapacidad intelectual. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 1-27.
- Cason, J. (2011). Telerehabilitation: An Adjunct Service Delivery Model For Early Intervention Services. *International Journal of Telerehabilitation*, 3(1), 19-30.
- Chavez, N. (1994). Introducción a la Investigación Educativa. Maracaibo, Venezuela
- Cho, p., Ku, J., Cho, Y., Kim, I., Kang, Y., Jang, D., y Kim, S. (2014). Development of virtual reality proprioceptiverehabilitation system for stroke patients. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.09.006>
- Choi, J., Hergenroeder, A., Burke, L., Dabbs, A., Morrell, M., Saptono, A., y Parmanto, B. (2016). Delivering an in-home exercise program via telerehabilitation: a pilot study of lung transplant go (LTGO). *International Journal of Telerehabilitation*, 8(2), 15-26.
- Cisco Systems. (5 de 10 de 2019). *Cisco Networking Academy*. Obtenido de netacad.com

- Cisco Systems. (25 de 10 de 2019). *Cisco.com World Wide*. Obtenido de <https://www.cisco.com/index.html>
- Cisco Systems. (03 de 10 de 2019). *Ciscon Networking Academy*. Obtenido de netacad.com
- Cook, A., y Miller, J. (2008). *Cook & Hussey's Assistive Technologies: Principles and Practice, Third Edition*. China: Mosby Elsevier.
- Cortés, C., Reyes-Guzman, A., Scorza, D., Bertelsen, Á., Carrasco, E., Gil-Agudo, Á., . . . Flórez, J. (2016). Inverse Kinematics for Upper Limb Compound Movement Estimation in Exoskeleton-Assisted Rehabilitation. *Journal of BioMed Research International*, 14. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2016/2581924>
- Díaz, I., Gil, J., y Sánchez, E. (2011). Lower-Limb Robotic Rehabilitation: Literature Review and Challenges. *Journal of Robotics*, 2011, 11. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2011/759764>
- Dolores, A., y Aparisi, J. (2003). *Libro Blanco I+D+I al servicio de las Personas con Discapacidad y las Personas Mayores*. (I. d. (IBV), Ed.) Valencia, España, Valencia, España. Recuperado el 7 de 1 de 2020, de https://gestion.ibv.org/gestoribv/index.php?option=com_docman&view=download&alias=126-libro-blanco-i-d-i-al-servicio-de-las-personas-con-discapacidad-y-las-personas-mayores&category_slug=productos&Itemid=142
- Finol, T., y Nava, H. (1996). *Procesos y Productos en la Investigación Documental*. Editorial de la Universidad del Zulia (EDILUZ). Maracaibo.
- Gaviño, R. H. (2010). *Introducción a los sistemas de control*. Obtenido de <http://lcr.uns.edu.ar/fcr/images/Introduccion%20a%20Los%20Sistemas%20de%20Control.pdf>
- Heilig, M. (28 de 08 de 1962). *FPO Driving IP Forward*. Recuperado el 08 de 20 de 2019, de <http://www.freepatentsonline.com/3050870.html>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación 6ta Edición*. México: McGrawHill.
- Huang, Y., Nam, C., Li, W., Rong, W., Xie, Y., Liu, Y., . . . Hu, X. (2019). *A comparison of the rehabilitation effectiveness of neuromuscular electrical stimulation robotic hand training and pure robotic hand training after stroke: A randomized controlled trial*. *Biomedical Signal Processing and Control*, 52, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101723>
- Intel. (s.f.). *RealSense*. 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&ga=2.32974526.1086635678.1561994118-574367726.1561994118
- INVENTOR, M. A. (2019). *MitIT APP INVENTOR*. <https://appinventor.mit.edu/about-us>
- ISO9999:2007, U.-E. (2007). *Centro Iberoamericano de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas. Organización Iberoamericana de Seguridad Social - Centro de*

- Acción Regional Cono Sur*. http://ciapat.org/biblioteca/pdf/734-Norma_espanola_UNE_EN_ISO_9999_Productos_de_apoyo_para_personas_con.pdf
- Junestrand, S., Passaret, X., y Vázquez (2005). *Domótica y Hogar Digital*. Madrid, España.
- Kalman, R. (1960). *A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems*. *Journal of Fluids Engineering*, 82(1), 35-45. doi:<https://doi.org/10.1115/1.3662552>
- Lee, J., y Lawrence Ricker, N. (1994). *Extended Kalman Filter Based Nonlinear Model Predictive Control*. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 1530 - 1541. doi:<https://doi.org/10.1021/ie00030a013>
- 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>
- Martínez, M., (2012). *Nuevos fundamentos en la investigación científica*. México: Trillas
- Martínez, M., y Rios, A. (2006). *La tecnología en rehabilitación: una aproximación conceptual*. *Ciencia Salud*, 4(2), 98-108.
- BIBLIOGRAPHY Molero, 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, L., Díaz, P., Montenegro, J., Castiblanco, L., y Ruiz, J. (2019). *Usabilidad de interfaz 3D móvil desarrollada para HMD dirigida a usuarios con movilidad reducida*. En L. Molero Suarez, P. Díaz Montaña, J. Montenegro Romero, L. Castiblanco Rosero, & J. Ruiz Carrillo, Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen I. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero, L., Ospina, P., Ayala, E., y Lozano, H. (2019). *Discapacidad motora y rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect*. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, & H. Lozano Rojas, Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero, L., Ospina, P., Quevedo, M., Montenegro, J., y Castiblanco, L. (2019). *GAMMIG, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad*. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, M. Quevedo, J. Montenegro, & 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, L., Sáenz, J., Montenegro, J., Castiblanco, L., y Ruiz, J. (2019). Interfaz 3D móvil con HMD para personas con discapacidad motora apoyada en metodología SUM. En L. Molero Suarez, J. Sáenz Leguizamón, J. Montenegro Romero, L. Castiblanco Rosero, & J. Ruiz Carrillo, Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen I. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero, L., Rosas, N., Montenegro, J., Santos, D., y Zamudio, L. (2019). *Realidad virtual como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad*. En L. G. Molero Suarez, N. Rosas Jiménez, J. Montenegro Romero, D. Santos Díaz, & L. Zamudio Garnica, Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen I. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Moumtadi, F., Granados-Lovera, F., y Delgado-Hernández, J. (2014). *Activación de funciones en edificios inteligentes utilizando comandos de voz desde dispositivos móviles*. Ingeniería Investigación y Tecnología, 15(2), 175-186. doi:DOI: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72208-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72208-5)
- Nava, H., (2002). *La investigación jurídica. ¿Cómo se elabora el proyecto?* Maracaibo. Editorial EDILUZ.
- Newport, R. (2007). *Ventajas de la rehabilitación asistida mediante robot en la recuperación de las funciones motriz y visuoespacial en pacientes en fase de recuperación de un accidente cerebrovascular*. Revista Española de Geriatria y Gerontología, 66-73. doi:[https://doi.org/10.1016/S0211-139X\(06\)73010-4](https://doi.org/10.1016/S0211-139X(06)73010-4)
- Ortecho. (2007). *Ciencia y tecnología para el hábitat popular*. Editorial Granice.
- Ospina, P., Molero, L., Castiblanco, L., Batista, J., y Ramírez, C. (2019). *Métodos para optimizar tratamientos fisioterapéuticos en pacientes con movilidad reducida en la zona cervical*. En P. Ospina Rodríguez, L. Molero Suarez, L. Castiblanco Rosero, J. Batista De Abreu, & C. Ramírez Triana, Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen I. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Ospina, P., Molero, L., Lozano, H., Becerra, y Ruiz, J. (2019). *Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual*. En P. Ospina, L. Molero, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, tendencias en la investigación universitaria: una visión desde latinoamérica. Volumén VII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Padilla, D., Martínez, M., Pérez, M., Rodríguez, C., y Miras, F. (2008). *Tecnologías para la rehabilitación - algunos ejemplos de ayudas técnicas para la nutrición*. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 4(1),

541-545. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349832319058>

Perez. (2010). *Enfoques metodológicos*. Editorial La Salle.

Pramuka, M., y Roosmalen, L. (2008). *Telerehabilitation Technologies: Accessibility and Usability*. International Journal of Telerehabilitation, 1(1), 25-36.

Séptimo Electrónica. (2014). *Trabajo de Microcontroladores FISEI*.

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., y 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>

Tsai, Bappsc, L., Mcnamara, R., Dennis, S., Bach, C., Alison, J., Mckenzie, D., y Mckeough, Z. (2016). *Satisfaction and experience with a supervised home-based real-time videoconferencing telerehabilitation exercise program in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)*. International Journal of Telerehabilitation, 8(2), 27-38.

Villada, F., y Muñoz, J. (2014). *Desarrollo de un software de análisis biomecánico a través de datos de captura de movimiento usando el sensor KINECT para rehabilitación asistida con video juegos*. Entre Ciencia e Ingeniería, 8(16), 72-77. doi:<http://dx.doi.org/10.31908/19098367.2499>

Minoru3D. (s.f.). *Minoru3D*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://minoru3d.com>

Yazıcı, M., Livanelioğlu, A., Gücüyener, K., Tekin, L., Sümer, E., y Yakut, Y. (2019). *Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy*. Gait & Posture, 70, 397-402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.03.017>