REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
SANTA ANA DE CORO - ESTADO FALCÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA TERRITORIAL DE FALCÓN ALONSO GAMERO

ALIANZA DE INVESTIGADORES INTERNACIONALES S.A.S ALININ

compensar | fundación universitaria

GAMIFICACIÓN y discapacidad

una alternativa socialmente responsable



Volumen III
Colección Unión Global

Coordinadores
Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

www.doi.org/10.47212/GamificaciónIII2021

GAMIFICACIÓN y discapacidad

una alternativa socialmente responsable

"Gamificacion y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable", de la Colección Unión Global adscrita al **Fondo Editorial Universitario Servando Garcés** de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG) corresponde al Grupo de investigación de ingenierías (GIIS) de la Fundación Universitaria Compensar, es una publicación internacional, arbitrada, este libro es el resultado de investigaciones caracterizadas por una alta producción intelectual y científica que se logra reunir en este volumen III, en el cual se muestran los resultados del quehacer científico, tecnológico y humanístico, desarrollado por un grupo de investigadores en el marco de la responsabilidad social respecto a una población especial que presenta condición de discapacidad, por tanto se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida.



Dr. Luis Guillermo Molero Suárez

Dr. Cs Gerenciales con especialidad en Gestión de las organizaciones y Cultura tecnológica, Magister en Telemática e Ingeniero en Informática. Profesor de Pregrado y Postgrado URBE Venezuela, Investigador Junior Minciencias, docente investigador de la Fundación Universitaria Compensar – U Compensar, Ponente en eventos nacionales e internacionales. Director de tesis de pregrado y postgrado, Par evaluador de revistas científicas indexadas a nivel internacional, Autor de artículos publicados en revistas científicas.



Dra. Yamarú del Valle Chirinos Araque

Dra. En Gestión de la Innovación, Directora General de la Alianza de Investigadores Internacionales S.A.S. ALININ, Docente investigadora de la Universidad Católica Luis Amigó en Colombia. Investigadora Senior categorizada por Minciencias, pofesora de Pregrado y Postgrado en la UNERMB Venezuela, Ponente en eventos nacionales e internacionales, conferencista magistral en eventos internacionales, Directora de tesis de pregrado y postgrado, investigadora reconocida por el programa de estímulo al investigador PEII nivel A2 en Venezuela. Editora de libros de investigación, par evaluador de revistas científicas indexadas a nivel nacional e internacional, autora de artículos publicados en revistas científicas, responsable de proyectos de investigación internacionales en ejecución, profesora invitada en diversas Universidades en Latinoamérica.

Gamificación y Discapacidad

Una alternativa socialmente responsable

VOLUMEN III

COORDINADORES:

Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Este libro es resultado de investigación, todos los capítulos incluidos en él son productos de investigaciones desarrolladas por sus autores. Fueron arbitrados bajo el sistema doble ciego por expertos externos en el área, bajo la supervisión de los grupos de investigación de: la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia, Colombia. Corresponde al Grupo de Investigación de Ingenierías de la Fundación Universitaria Compensar, Bogotá, Colombia. Entidad financiadora Compensar. Los planteamientos y argumentaciones presentados en los capítulos de libro: Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, vol. III son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, los coordinadores, las universidades e instituciones que respaldan la obra, actúan como un tercero de buena fe.

Edición: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero, Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.

Coeditor: Alianza de investigadores Internacionales S.A.S. ALININ. Itagüí, Antioquia, Colombia.

Ente Financiador: Fundación Universitaria Compensar, Bogotá, Colombia.

© 2021. Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable.

Coordinadores
Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

Autores
© Luis Guillermo Molero Suárez; © Luigi Daryanei Cruz Romero; © Nelson Felipe Rosas Jiménez; © Javier Alejandro Sáenz Leguizamón; © Lennis Duvan Gomez García; © Jefferson Andrés Merchan Jiménez; © Yamarú del Valle Chirinos Araque.

Volumen III
Versión digital
Depósito legal: FA2021000041
ISBN 978-980-7857-47-5

Versión impresa
Depósito legal: FA 2021000043
ISBN: 978-980-7857-50-5

Coordinadora Editorial: Lic. Gabriela Castillo.

Portada: Taller Artes y Letras S.A.S.
Diagramación e impresión: Taller Artes y Letras S.A.S.
Revisión de estilo, gramática, ortografía y redacción: Lcda. Gabriela Castillo

www.doi.org/10.47212/GamificaciónIII2021



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Catalogación de la fuente

362 G192
v.3
Gamificación y Discapacidad. / Luis Guillermo Molero Suárez, Yamarú del Valle Chirinos Araque, coordinadores. – Santa Ana de Coro (Venezuela). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), 2021. (Colección Unión Global). -- 106 páginas.

Versión digital, ISBN: 978-980-7857-47-5; Versión impresa, ISBN: 978-980-7857-50-5

DISCAPACIDAD; EXCLUSIÓN SOCIAL; INCLUSIÓN; TECNOLOGÍAS ASISTIVAS; ENTRENAMIENTO VIRTUAL REACTIVO; INTERFAZ 3D; MICROSOFT KINECT; ACCESIBILIDAD; RESPONSABILIDAD SOCIAL; GIIS Grupo de investigación en Ingenierías de la Fundación Universitaria Compensar, Bogotá, Colombia, apoyado por los grupos de investigación Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, y Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia, Colombia.

Disponible en:
https://editorialuptag.wordpress.com/
https://investigacionuptag.wordpress.com/
https://alinin.org/alinin/biblioteca-virtual/
www.academia.edu
www.doi.org/10.47212/GamificaciónIII2021

compensar | fundación universitaria

COMPENSAR

Marco Aurelio Llinás Volpe
Rector

José David Marín Enriquez
Director Académico

Nelson Felipe Rosas Jiménez
Decano Facultad de Ingenierías

Gareth Barrera Sanabria
Directora de Investigación y Transferencia

Autores

Colombia

Luis Guillermo Molero Suárez
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Luigi Daryanei Cruz Romero
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Nelson Felipe Rosas Jiménez
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Javier Alejandro Sáenz Leguizamón
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Lennis Duvan Gomez García
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Jefferson Andrés Merchan
Fundación Universitaria Compensar – U Compensar

Yamarú del Valle Chirinos Araque
Universidad Católica Luis Amigó

Índice

Prólogo 11
Introducción 13

Capítulo I

Tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva
Luis Guillermo Molero Suarez / Luigi Daryanei Cruz Romero 15

Capítulo II

Interfaz 3d con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida
Luis Guillermo Molero Suarez / Nelson Felipe Rosas Jiménez
Javier Alejandro Sáenz Leguizamón / Lennis Duvan Gomez García 27

Capítulo III

Usabilidad de interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida
Luis Guillermo Molero Suarez / Jefferson Andrés Merchan Jiménez 70

Capítulo IV

Aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado
Luis Guillermo Molero Suarez / Lennis Duvan Gomez García 89

PRÓLOGO

"Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable" volumen III, presenta el resultado de investigaciones identificadas por su valiosa contribución intelectual y científica, desarrolladas por investigadores expertos en el tema abordado, la obra es producto de un proyecto intitulado denominado: "Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida", en el cual queda demostrada la responsabilidad y el compromiso adquirido con esta parte de la población y con la sociedad, desde el quehacer científico, tecnológico y humanístico. En tal sentido, se entiende que la discapacidad es un flagelo que ocupa a más de 1000 millones de personas, lo que representa aproximadamente el 15% de la población mundial, por lo cual, ante estos antecedentes de carácter global se evidencia la necesidad de atender esta situación social, por ello se han dedicado investigaciones e incansables esfuerzos y recursos, en pro de desarrollar alternativas que coadyuven a mejorar sus condiciones, calidad de vida, independencia e inserción en la sociedad.

Es por ello que los temas abordados en el libro representan un intento de fortalecer este grupo vulnerable dispuesto en todas las sociedades, generando desde el conocimiento científico una serie de instrumentos, herramientas y alternativas que faciliten los procesos de rehabilitación con un despliegue de altos potenciales individuales para personas con discapacidad, como una opción para robustecer e impulsar el desarrollo de sus habilidades y potenciar sus destrezas; es así como, en materia de discapacidad, se ofrecen conceptos no disímiles y soportes suficientes en referencia a las tecnologías asistivas, que es una de las alternativas propuestas, consiste en asistir al paciente mejorando el desempeño de sus acciones cotidianas como caminar, leer, sujetar, entre otros, permitiendo mejorar su pericias, y condición de salud, coadyuvando a la inserción laboral, mostrando a la luz de las evidencias las relaciones que deben existir entre Estado-Empresa, para incluir en sus políticas la contratación y aceptación de esta población, permitiendo demostrar la responsabilidad con la sociedad, proporcionando oportunidades de empleo a personas en condición de movilidad reducida y donde también se pueden mencionar fundaciones, entes de cooperación en investigación y desarrollo para sentar las bases en la incorporación de estos métodos inclusivos, presentes en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de la agenda 2030 de la Organización de Naciones Unidas, en pro de concentrar esta población vulnerable en espacios educativos, sociales y laborales.

En este sentido, es importante destacar que otra alternativa propuesta en este estudio es la Interfaz 3D con Kinect, puesto que su utilización en pacientes con dificultad de manguito rotador ha sido muy efectiva, ya que la particularidad de este fenómeno se desprende durante la asistencia a los ciclos de fisioterapia, que implica el acompañamiento temporal o permanente de acuerdo al nivel de discapacidad, sumando el proceso de rehabilitación derivado del diagnóstico temprano o tardío, donde es de suma importancia la implementación de herramientas que proporcionen mayor grado de motivación y comodidad a los pacientes. Así mismo, es relevante el perfeccionamiento de nuevos materiales que estimulen el ejercicio fisioterapéutico en pro de una mejora parcial o total de la minusvalía, que vislumbra un mayor estímulo y capacidad de inserción en las escenas sociales, revelando un impacto social y científico inmensurable para estas comunidades vulnerables.

Esta tecnología, debe pasar inicialmente por una configuración experto-discapacitado donde se lleve un seguimiento en la ejecución correcta del ejercicio, brindando a futuro el desarrollo de ciclos fisioterapéuticos desde el lugar donde habita la persona, superando la movilidad hasta los centros de rehabilitación. Por lo tanto, a través del desarrollo de una interfaz 3D con Kinect, se pretende conseguir la mejora parcial o total del miembro comprometido, al tiempo de ofrecer una mayor motivación producto de un sistema gamificado y, en consecuencia, su inclusión social y laboral, desde una perspectiva de transformación digital.

Este constante accionar desde lo científico-tecnológico, acondiciona los espacios para el despliegue de novedosas herramientas y alternativas que mejoran la movilidad, integrando desde el especialista en fisioterapia y al paciente en actividades rutinarias con mayor comodidad, la implementación de estos novedosos métodos permite mejorar la calidad de vida, inclusión, e inserción social de los pacientes con discapacidad; es así como la aplicación de estas herramientas y procedimientos consienten la ejecución de horas de práctica continua, suministrando un ejercicio efectivo y eficiente de la técnica para este tipo de terapias, que optimizan el entrenamiento, ofreciendo mayor dinamismo y estímulo sensorial, mayor grado de motivación y una nueva dimensión social y humana de alto impacto.

Finalmente, se espera que estos instrumentos, herramientas y alternativas socialmente responsables desarrollados en este libro, puedan ser sustentables en el tiempo y se planteen estudios más profundos e interactivos para el logro de una suite que proporcione alternativas positivas ante tan importante flagelo mundial, como es la discapacidad físico-motora; por consiguiente, es relevante destacar que la obra proporciona conocimientos científicos específicos fundamentales que dan origen a nuevas investigaciones en torno a este ámbito problemático, como es el tratamiento de la población en condición de discapacidad con movilidad reducida, puesto que proporcionan metodologías apropiadas, orientadas a solucionar los problemas de discapacidad en el entorno social y hacer de esta población un punto de referencia fundamental que permita un mayor entendimiento de su condición ante la ciudadanía, así mismo, lograr su incorporación exitosa en distintas actividades de la vida cotidiana.

Dra. Yamarú del Valle Chirinos Araque

INTRODUCCIÓN

"Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable" Volumen III, corresponde al Grupo de Investigación de Ingenierías (GIIS) de la Fundación Universitaria Compensar - UCompensar,

Este libro es el resultado de investigaciones producto de un proyecto intitulado denominado: "Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida" con esta obra queda demostrada la responsabilidad que se tiene presente con esta parte de la población, en este III volumen se logra reunir capítulos desde diferentes perspectivas en torno a esta temática, desarrollados por un grupo de investigadores en el marco de la responsabilidad social respecto a una población vulnerable que presenta condición de discapacidad, por tanto, se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida, inclusión, e inserción social.

Esta oportunidad se presenta esta edición compuesta por IV capítulos resultado de investigación, cuya temática se orienta a atender la diversidad en torno a la gamificación y discapacidad en los ámbitos de la ciencia contemporánea.

En el primer capítulo, se ofrece un paneo acerca de las tecnologías asistivas en los contextos educativos, considerando el carácter inclusivo de estas herramientas de base tecnológica sobre este quehacer y cómo su incorporación en estos espacios vislumbra un avance en el nivel de aprendizaje del estudiante.

En el segundo capítulo, se da a conocer todo el diseño y desarrollo que envuelve a una Interfaz 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. En él, se caracterizan todas las etapas que generaron las funcionalidades para servir de método en el desarrollo de este ejercicio, cuyos beneficios se ven directamente relacionados con el tratamiento oportuno en este respecto

En el tercer capítulo, se demostró la usabilidad de la interfaz 3D con Kinect, a fin de conocer el coeficiente de calidad acerca del uso y funcionalidades que este software ofrece en pro de mejorar la calidad de vida de personas con incapacidad. Este indicador, proporciona información importante acerca del valor del software desde la perspectiva del usuario final, permitiendo optimizar características importantes y/o nuevas versiones del producto.

El cuarto capítulo, habla acerca del diseño y desarrollo de una aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado. Para ello, se utilizó el método Ágil State-Gate de Cooper (2016) en sus primeras cuatro fases desde una perspectiva de gestión de innovación sostenible. En consecuencia, este producto permite optimizar, desde la perspectiva del fisioterapeuta, el desarrollo de este ciclo de ejercitación para ser desplegado posteriormente al paciente con discapacidad parcial o total, asimismo, pretende posteriormente servir como instrumento de entrenamiento directo sobre el discapacitado desde su propio hogar.

En síntesis, es importante señalar que las investigaciones aquí expuestas representan la orientación hacia el perfeccionamiento de esta tendencia tecnológica como es la

Gamificación, y su usabilidad en población con movilidad reducida o en condición de discapacidad, que refiere la implementación de novedosas estrategias, herramientas y alternativas socialmente responsables e inclusivas, y que ha traído consigo que cada día las personas con diversas minusvalías se incorporen a las diferentes facetas sociales, logrando así la inclusión e inserción social con una participación eficaz y en armonía con los nuevos retos globales, por consiguiente, todas las manifestaciones hechas por los autores en cada capítulo que compone la obra son de su única y exclusiva responsabilidad.

Dr. Luis Guillermo Molero Suárez

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍA ASISTIVA COMO PLATAFORMA PARA LA EDUCACIÓN INCLUSIVA

Luis Guillermo Molero Suarez
Doctor en Ciencias Gerenciales. Fundación Universitaria Compensar - UCompensar, lmolero@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4117-8273.

Luigi Daryanei Cruz Romero
Ingeniero de Sistemas. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, ldcruz@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0001-7726-1709

Resumen

El presente estudio tuvo como propósito analizar la tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva. El estudio se ubicó en el paradigma cualitativo a través de un estudio documental, con diseño bibliográfico descriptivo. Para lograr el propósito de la investigación, las categorías analizadas fueron: tecnologías asistivas, génesis de la inclusión y educación inclusiva para construir un análisis sobre la base de las teorías planteadas por WHO (2020); UNESCO 92004); Carpio (2012); Molero et al., (2020); Cook y Miller (2008); Borge et al., (2009), entre otros. Dentro de los hallazgos, se presentaron una serie de investigaciones de corte científico-tecnológicas aplicadas sobre las tecnologías asistivas en el escenario educativo, que abonaron los terrenos de inclusión en esta importante palestra. A modo de conclusión, el perfeccionamiento de esta tendencia tecnológica que refiere la implementación de novedosas estrategias inclusivas en la educación, ha traído consigo que cada día el estudiante con diversas minusvalías se incorpore a las diferentes facetas sociales desde la escuela, logrando así, una participación eficaz y en armonía con los nuevos retos globales.

Palabras clave: discapacidad, exclusión social, inclusión, tecnologías asistivas

ASSISTIVE TECHNOLOGY AS A PLATFORM FOR INCLUSIVE EDUCATION

Abstract

The present study aimed to analyze assistive technology as a platform for inclusive education. The study was located in the qualitative paradigm through a documentary study, with a descriptive bibliographic design. To achieve the purpose of the research,

www.doi.org/10.47212/GamificacionIII2021.2

the categories analyzed were: Assistive technologies, genesis of inclusion and Inclusive education to build an analysis based on the theories raised by (WHO, World Health Organization, 2020), (UNESCO, 2004) , (Carpio, 2012), (Molero et al., 2020), (Cook and Miller, 2008), (Borg et al., 2009), among others. Among the findings, a series of applied scientific-technological cohort investigations were presented on assistive technologies in the educational setting that paid the grounds for inclusion in this important arena. By way of conclusion, the improvement of this technological trend that refers to the implementation of innovative inclusive strategies in education has brought with it that every day the student with various disabilities joins the different social aspects from school, thus achieving effective participation and in harmony with the new global challenges.

Keywords: assistive technologies, disability, inclusion, social exclusion.

Introducción

De acuerdo con la Organizacion Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial (BM), aproximadamente el quince por ciento de la población global sufre algún tipo de discapacidad, información importante que contrasta cuando estos organismos igualmente estiman que 1 de cada 10 personas tiene acceso a tecnología de asistencia, situación que muestra un umbral significativamente bajo en términos de inclusión a fin de mitigar estos indicadores.

De otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencias y la cultura (UNESCO), quien desarrolló la agenda 2015-2030 acerca de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sustenta en su objetivo número cuatro "Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos" y en el "Marco de Acción Educación 2030" lo relativo a la educación e importancia de integrar los términos de inclusión e igualdad como pilares de un sistema de enseñanza eficaz, que permita atenuar la brecha educativa existente en toda la esfera global, apoyado sobre una serie de tratados internacionales en materia de derechos humanos entre los que destaca la Convención relativa a la Lucha contra las Discriminaciones en la Esfera de la Enseñanza de 1960. De esta manera, a través del Marco de Competencias para Profesores (ICT), los enfoques estratégicos sobre las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) en educación en América Latina y el Caribe, entre otros. La UNESCO pretende amalgamar como un desafio que ostente educación inclusiva y de calidad, las nuevas prácticas y contenidos del sistema educativo para la nueva sociedad de la información.

En ese sentido, y en apoyo a lo esgrimido, los contextos tecnológicos contractuales y su simbiosis con el quehacer diario han permitido el despliegue de soluciones educativas basadas en ciencias complejas para facilitar el camino de inclusión a la diversidad en estos espacios, mitigando con ello escenarios supresores, que pasan por la accesibilidad, funcionalidad y el diseño universal de aprendizaje, a fin de brindar estos recursos a través de la creación de novedosos modelos poco convencionales, apalancado en tecnologías emergentes (Moreno y Valencia, 2019) para brindar tecnologías asistivas como experiencias educativas de calidad, incluyendo a todos los interesados.

En consecuencia, es de hacer notar que estos grupos vulnerables desde la mirada de una educación tolerante a la diversidad, basada en la eficiencia, eficacia, efectividad, pertinencia

y en consideración al propósito del presente estudio que reviste analizar la tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva, pretende a partir de la evidencia científica derivada de estudios multidisciplinares, analizar los avances de estos novedosos métodos claramente innovadores, con un profundo impacto social en los escenarios educativos globales, fundamentando el carácter inclusivo de estas herramientas en aras de ofrecer modelos disruptores con clara pertinencia desde la perspectiva científica, que apoye este percentil activo global de discapacidad, permitiendo de esta forma el desarrollo de un sistema educativo basado en un modelo de enseñanza-aprendizaje integrador, que fomente la unificación de todos los actores y en consecuencia, inclusivos hacia la diversidad.

Marco teórico

Tecnologías asistivas, génesis de la inclusión

Se denomina tecnología asistiva (TA) a todo dispositivo implementado, a partir o no de tecnología, que disrumpe el fenómeno de exclusión a individuos con algún tipo de incapacidad permitiendo así la optimización de sus capacidades (Carpio, 2012), es decir, se basan en el avance funcional que proveen los productos y no en la ciencias aplicadas asociadas al asimismo Molero et al., (2020). Es así, como la TA consiente asistir al paciente mejorando el desempeño de sus acciones cotidianas como caminar, leer, sujetar, entre muchos otros usos. (Cook y Miller, 2008).

Otra mirada al concepto lo ofrece Borg et al., (2009), donde a partir de investigaciones en países de altos ingresos, los autores señalan que la TA puede tener un efecto socioeconómico positivo en los espacios de esta población con minusvalías, mejorando su acceso a niveles educativos de calidad aumentando sus logros y competencias (Parette y Peterson-Karlan, 2007; Beijen et al., 2007)). En adición, el uso de esta tecnología es una estrategia de éxito (Cortés, 2018) para optimizar el aporte laboral y las condiciones de la salud (Yeager et al., 2006, Langton y Ramseur, 2001; Molero et al., 2020).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS), desde su programa denominado Cooperación Global en Tecnología de Asistencia (GATE), señala a través del artículo 32 (que guarda relación con la cooperación internacional en TA) el reconocimiento de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad al acceso a estas tecnologías, como un derecho humano y, en consecuencia, insta a la cooperación internacional para perfeccionar su acceso. En adición, GATE sostiene que la TA es un mecanismo inclusivo que da apertura a la diversidad en igualdad de derechos para la integración de personas con alguna incapacidad en cualquier proceso de desarrollo, en contraste, apunta que 1 de cada 10 personas en la actualidad alrededor del mundo tiene acceso a este tipo de productos (WHO, 2020).

Por otra parte, esta iniciativa ha definido una serie de factores claves para la consecución de sus objetivos, uno de ellos, concierne a una Lista de Productos de Asistencia Prioritaria de la OMS para la atención a la discapacidad, incorporando a países como Estados Unidos de América, Alemania, República de Corea, Zimbabue, China, Ecuador, Pakistán e Irlanda. En el mismo contexto, la OMS desarrolló la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF), que amalgama el marco conceptual para describir y organizar

información sobre el funcionamiento y la discapacidad, proporcionando una elocución universal para definir y mensurar la salud, asi como la discapacidad.

En otros escenarios, desde el Panel para el Futuro de la Ciencia y la Tecnología (STOA) del Parlamento Europeo se define que las TA contextualizan un conjunto de herramientas que mejoran la funcionalidad de las personas con discapacidad; unos de baja tecnología, mientras que otros, son más avanzados por lo que son derivados de los últimos avances tecnológicos. En ese sentido, STOA ha desarrollado un informe que muestra una visión general de previsión científica en este respecto para discapacidades como la ceguera y discapacidad visual, sordera y discapacidad auditiva, y trastornos del espectro autista (STOA. Panel for the Future of Science and Technology. European Parliament, 2018).

Además, la Asociación Australiana de Rehabilitación y Tecnología de Asistencia (ARATA), desarrolla un foro de carácter nacional para compartir información y servir de conexión en el avance de TA e ingeniería en rehabilitación. Esta asociación, funge como miembro fundador de la Alianza Global de Organizaciones de Tecnología Asistencial (GAATO); asociación informal sin fines de lucro que reúne organizaciones de membresía legalmente establecidas de diferentes países o regiones del mundo, y forma parte de la Coalición de Ingeniería de Rehabilitación y Tecnología de Asistencia en Asia (CREATE Asia) haciendo aportes importantes sobre el tema para los pueblos de Asia, agrupando países como Australia, Nueva Zelanda, Japón, China, Hong Kong, Singapur, Corea del Sur, Taiwán y Tailandia. Esta organización sustenta su funcionamiento sobre el objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3 de las Naciones Unidas, que trata asuntos sobre la buena salud y el bienestar (ARATA. Australian Rehabilitation & Assistive Technology Association, 2020).

A partir del contexto regional, y para hacer cita de algunos referentes locales, los Estados Unidos de América, a través de su normativa nacional, ha desarrollado importantes aportes normativos en temas de discapacidad y TA; Ley de Discapacidades 1990, Ley de Tecnología de Asistencia de 1998 y modificada 2004, la Ley de Rehabilitación de 1973 y modificada 1992 y 1998 y finalmente la Ley de Educación para Individuos con Discapacidades (IDEA) del 2004 (OCALI. Ohio Center for Autism and Low Incidence., 2013) Asimismo, cuenta con organizaciones de talla mundial como la Sociedad de Ingeniería de Rehabilitación y Tecnología de Asistencia de América del Norte (RESNA) y el Centro de Ohio para el autismo y la baja incidencia (OCALI).

A manera de conclusión, múltiples organizaciones de talla mundial, así como su normativa vigente en materia de discapacidad, ofrecen conceptos no disímiles y soportes suficientes en referencia a las tecnologías asistivas, mostrando a la luz de las evidencias relaciones Estado-Empresa, así como fundaciones, cooperación en investigación y desarrollo para sentar las bases en la incorporación de estos métodos inclusivos asentados en los ODS de la Organización de Naciones Unidas, en pro de concentrar esta población vulnerable en espacios educativos, sociales y laborales.

Educación inclusiva

La UNESCO (2004), referente global, señala que la educación inclusiva es un derecho humano elemental, sentado sobre la base de la justicia social que supone un impulso al desarrollo

de escuelas capaces de cobijar a todos por igual, como parte de un sistema integrador, reuniendo aquellos actores que en otrora han sido excluidos de esta oportunidad. Asimismo, desde hace no más de 20 años se ha venido desplegando tecnología en apoyo a la discapacidad desde los espacios educativos (Byrd, 2017), esto con el fin de incorporar a la vida diaria a personas cuyos impedimentos físicos y/o mentales no permiten un desarrollo justo dentro de un aula de clases, privando en muchos casos, un servicio de igualdad para todos. En consecuencia, el modelo de educación inclusivo ajusta y ubica las escuelas en un nivel superior (Parette et al., 2005) permitiéndoles ser el eje que aprovisione los elementos necesarios para satisfacer a la diversidad.

En atención a estas particularidades, se han venido desplegando alternativas tecnológicas que mitigan la ausencia en el aula de estudiantes con minusvalías, tal es el caso de Hasselbring et al., (2005), quienes amalgamaron las TA con el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), y en estos términos refieren que "Las nuevas tecnologías también están transformando la educación y en ningún ámbito de manera más espectacular o exitosa que en la educación de estudiantes con discapacidades." (pág. 507). Finalmente, autores como McGregor y Pachuski (1996) en su razonamiento científico sobre el estudio, esgrimen acerca de las escuelas inclusivas: "los avances en la tecnología han aumentado el inventario de herramientas disponibles y estrategias de enseñanza para mejorar la participación de los niños con discapacidades en los entornos y actividades educativos" (pág. 297).

Metodología

El presente estudio estuvo alineado metodológicamente en el paradigma cualitativo que trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones (Martínez, 2014). Por su parte, Ruiz (1998) agrega que los estudios cualitativos ofrecen un carácter particular de hacer ciencia, en un espacio de tiempo determinado a través de la interpretación de una realidad conspicua.

En adición a lo anterior, la investigación se presenta como de tipo documental, con diseño bibliográfico descriptivo, para lo cual Nava (2002) define que es un estudio formal, teórico abstracto 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 consecuencia, la investigación hizo una revisión de diversos documentos científicos dispuestos en bases de datos indexadas de alto impacto tales como AMED, CINAHL, Eric, OTseeker, Psych Info, Semantic Scholar, Scopus, PubMed, Google Scholar, IEEE y ACM que versaron sobre la temática de los últimos veinte años y cuyos resultados fueron tabulados con base al análisis bibliométrico, según González (2016) a través de un estudio métrico-cuantitativo para medir la calidad e impacto de los documentos consultados que permitió valorar la actividad investigadora sin pasar por alto la eficacia del proceso investigativo de cada producto.

Para finalizar, en cumplimiento con el propósito de la investigación que discurrió sobre el análisis de la tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva, se llevó a cabo un estudio documental, con diseño bibliográfico descriptivo utilizando las categorías

tecnologías asistivas, génesis de la inclusión y educación inclusiva a manera de forjar una discusión y establecer las relaciones de los constructos a través de los diferentes autores, y enmarcar de forma teórica la justificación acerca de la tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva.

Resultados

A partir de la revisión de múltiples investigaciones que versan sobre la implementación de tecnologías asistivas como plataforma para la educación inclusiva, a continuación se presentan los resultados producto del análisis que concierne a importantes avances discurridos sobre la materia, su importancia y la dimensión social y humana de estos novedosos métodos en el abordaje de la inclusión educativa, sumando dinamismo a los métodos tradicionales de enseñanza abonando al mismo tiempo terrenos sobre la diversidad en el aula de clase.

En ese contexto, Rose et al., (2005) y Renuga y Sarkar (2019) quienes combinaron la TA con el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), como soporte inicial en el desarrollo de tecnologías que apropien ambas sistematizaciones y delineen un escenario inclusivo, reseñan que la integración de estos dos elementos aprovechando, por ejemplo, las estructuras como el XML, proveerán soluciones potencialmente personalizadas con propiedades cognitivas, lingüísticas, sensoriales y motoras para estudiantes con discapacidad, enarbolando los avances que en este particular han venido desarrollándose en los últimos tiempos.

Esta metamorfosis, dramáticamente positiva, desnuda nuevos modelos educativos basados en inclusión que conjugan la TA y DUA; este último ofrece mayor soporte para múltiples habilidades y discapacidades, asentado en herramientas meramente tecnológicas que vienen convirtiendo los espacios educativos (entornos de aprendizaje) en lugares para cualquier estudiante con sus particularidades, con inherentes flexibilidades, donde es posible establecer planes de estudio que carecen de barreras de aprendizaje.

De otro lado, en el desarrollo de tecnologías de asistencia basadas en la transformación de texto conocidas como EText, Anderson-Inman y Horney (2007) codificaron un entorno de lectura electrónica para ampliar el aprendizaje significativo y conseguir objetivos instruccionales específicos.

Por su parte, esta tecnología persigue la modificación del texto o la unión de varios recursos instruccionales a fin de adaptarse a las necesidades o estilos de aprendizaje individuales de personas con discapacidad, permitiendo trasmutar texto vinculado a libros, facilitando así la lectura en estudiantes con esta dificultad, ofreciendo una contribución importante y una opción omnipresentemente eficaz que provee un aprendizaje significativo de bajo costo en apoyo a la inclusión educativa. En este respecto, estudios como el de Knight et al., (2015) quienes a través del uso de esta tecnología llevaron a cabo un estudio exploratorio en niños con autismo, concluyeron que se logró una apertura por parte de docentes, partes interesadas y líderes en educación acerca de los beneficios de esta herramienta sobre el modelo tradicional de libros impresos, se ostentaron mejores resultados en los procesos evaluativos producto de los conocimientos científicos derivados de la implementación de

hipervínculos a documentos electrónicos y entrenadores, y finalmente, una mejoría en la comprensión lectora y auditiva de materiales funcionales y de ocio.

Otra evidencia importante a destacar, fue el estudio de Mette (2014) quien a través del uso de dispositivos de ayuda auditiva en escuelas con énfasis inclusivo, pudo evaluar en un grupo de 167 profesores la incidencia del aprendizaje apoyado en TA, valorando desde una actitud positiva o negativa del docente, el uso de micrófonos para generar mayor o menor apropiación de los estudiantes acerca de los contenidos dispuestos en las materias, elemento que incidió de forma positiva en el nivel de aprendizaje del estudiante. Este factor diferenciador en las formas de impartir conocimiento desde el uso de tecnologías de asistencia por parte del docente, en contraste, con el uso de estos métodos únicamente por el estudiante, generan potencialmente sinergias positivas en pro de alcanzar los objetivos de aprendizaje, concluyendo, que es vital incorporar al profesorado en el desarrollo de actividades que sumen herramientas inclusivas.

En otro respecto, Poobrasert y Gestubtim (2013) en su investigación producto de dificultades de aprendizaje en Tailandia, específicamente en problemas de discalculia, desarrollaron una aplicación que permitió una mayor apropiación de contenidos, aprendizaje, comprensión y una mejora significativa en las matemáticas en una población de cinco estudiantes de 3er grado quienes fueron diagnosticados con discapacidad. Asimismo, Papavasiliou et al. (2014) por su parte, desarrollaron una aplicación móvil denominada ATLEC como plataforma de aprendizaje, donde personas con incapacidad pueden acceder a información sobre Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), Tecnología de Asistencia (TA) (Assistive Technology products based on Information and Communications Technologies, ICT-AT) y material de formación para la obtención de habilidades específicas de acuerdo con las necesidades individuales, de empleabilidad del usuario y poderse insertar en el mercado.

Este tipo de aplicaciones, además de ser accesibles y fáciles de usar, permiten empoderar a estos grupos vulnerables y convertirlos en entrenadores de productos de Tecnología Asistiva, para explotar todas las funcionalidades que este tipo de herramienta ofrecen, logrando así, independencia y competencias funcionales para desarrollar sus particularidades. Por otra parte, existen herramientas que permiten a estudiantes con discapacidad establecer una comunicación efectiva mediante el escaneo del movimiento de los ojos, reproduciendo posteriormente, la comunicación por voz a través de procesamiento de imágenes.

En ese tenor, investigaciones como la ofrecida por Miyamoto et al., (2016) quienes desarrollaron este tipo de aplicaciones, consienten a estudiantes, con discapacidad física e intelectual grave, establecer canales de comunicación efectiva entre este grupo de estudiantes y el resto de los compañeros mitigando barreras de lenguaje. En consecuencia, el desarrollo de TA persigue un fin intrínseco que es poder insertar de alguna forma a personas con algún tipo de discapacidad en los espacios educativos, a través de métodos que, en ocasiones, precisan ser de bajo costo para alcanzar esta meta. Además, reúnen una porción importante de avances tecnológicos muchas veces producto de una amalgama global que cobija este tipo de innovaciones.

En otro contexto, Ambrogio y Petris (2015) desarrollaron una interfaz multimedia basada en web con juegos educativos para estimular el aprendizaje de niños con discapacidad intelectual leve, obteniendo resultados favorables en el despliegue de esta herramienta

asistiva, resolviendo dificultades como el desarrollo cognitivo, concentración y problemas de clasificación, atendiendo incluso el desarrollo de la conducta psicomotora del niño a través del movimiento del mouse o con una herramienta de dibujo libre. Por su parte, Vesel y Robillard (2013) evaluaron el desempeño concerniente al nivel de aprendizaje efectivo de estudiantes con discapacidad auditiva sobre el estudio de las matemáticas, esto en contraste con la normativa vigente acerca del carácter inclusivo de la educación. Sirviendo como apoyo al estudio, se evaluó el uso del diccionario de matemáticas de señas (SMD, Signing Math Dictionary) para que estudiantes con sordera accedan al vocabulario necesario para dominar el contenido matemático que subyace a los temas que están estudiando, estudio que permitió concluir, que el uso de entornos reales de aula inclusiva, tal es el caso del SMD, sirvió para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo del vocabulario haciendo accesible a esta población vulnerable tener una mayor comprensión de la materia.

Otra evidencia similar, fue la mostrada por Saleeb y Dafoulas (2012) quienes desarrollaron un Entorno Virtual de Aprendizaje 3D (EVA 3D) conocido también por sus siglas en inglés 3D VLE (3D Virtual Learning Environments), como herramienta de instrucción mediada por tecnología para desplegar e-learning mixto. Esta implementación, fue útil en personas adultas de pregrado, posgrado e independientes con o sin discapacidad acerca del estudio, diseño y creación de edificios virtuales en 3D, en específico, para evaluar la idoneidad de los elementos de diseño arquitectónico de instalaciones educativas existentes y espacios de aprendizaje dentro de 3D VLE. En contraste, LidstrÖm y Hemmingsson (2014), llevaron a cabo un estudio bibliográfico donde se procesaron hallazgos de 32 documentos científicos obtenidos en los índices AMED, CINAHL, Eric, OTseeker, Psych Info, PubMed y Scopus, acerca de las ventajas del uso de las TIC desde la percepción de los estudiantes con discapacidad física, lo que resultó en una evidencia sustancial acerca del potencial de estas herramientas al momento de desplegar actividades educativas.

Como se mostró anteriormente, existen un sin número de investigaciones de corte científico, estudios de postgrado, artículos de revisión y reflexión, disertaciones, entre otros, que vinculan estrategias de TA para procesos de enseñanza-aprendizaje en alumnos con discapacidades múltiples; invidencia, sordomudez, motrices y de aprendizaje, entre otros. Se considera que los resultados derivados de estas investigaciones estimulan el uso de estas técnicas novedosas, para ser incorporadas en el aula como mecanismo inclusivo en apoyo a procesos didácticos, lo que demuestra el carácter pertinente de estas tecnologías para obtener mejores resultados en provecho de estos grupos vulnerables, a fin de poder insertarse posteriormente en los diferentes sectores productivos; asimismo, evidencian la pertinencia de todos los pueblos en habilitar caminos en pro de la diversidad, incorporando nuevas competencias donde la independencia de estos sectores vulnerables se hace más visible y permeable en todos los sectores productivos. Por lo tanto, el desarrollo de plataformas asociadas con las TA, abre las puertas a una nueva forma de estructurar las actividades escolares que pasa por una educación de calidad, permisiva a la inclusión de la diversidad, innovando hacia más allá de la simple aula física, dando lugar a espacios y procesos de innovación que pretenden reducir la brecha por lo cual algunos alumnos no pueden o desertan en las aulas tradicionales, convirtiendo estas palestras en ejemplo desde lo socialmente responsable en lo académico, en aras de integrar a todos los interesados dentro del proceso y cumplir así con una dimensión educativa y social más pertinente en los escenarios globales contemporáneos.

Conclusiones

Como se pudo observar durante el análisis de los resultados, la tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva, encapsula un conjunto de estrategias didácticas, científicas y de innovación tecnológica que permiten materializar objetivos de aprendizaje, proporcionando desde la tolerancia a la diversidad, la generación de competencias que propendan por la inserción efectiva en los escenarios educativos y productivos de este percentil global de discapacidad, asimismo lograr mayor independencia, ostentar su identidad social y poder desplegar sus particularidades en pro de ser seres integrales. En consecuencia, el despliegue de estos métodos consolidados a través de técnicas novedosas, inclusivas y muchas veces de bajo costo, alimentan un modelo de calidad educativo universal apoyado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente, el objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Por otra parte, producto de este esfuerzo global que involucra a todos los pueblos, el despliegue de este tipo de soluciones pretende reunir a los distintos actores en nuevos desafíos de enseñanza-aprendizaje que fomente un modelo eficiente, efectivo y eficaz de educación. En ese sentido, tecnologías como la transformación de texto (EText), los productos basados en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC-AT), los Entorno Virtual de Aprendizaje 3D (3D EVA), los dispositivos para amplificación de sonido, las tecnologías asistivas para docentes, entre otros, son algunas estrategias que insertan en los contenidos académicos y planes de estudio, dinamismo para dar apertura a la diversidad, a la transmutación de conocimiento, a desarrollar nuevas competencias, a ser auto eficientes, a tener una filosofía con mentalidad de crecimiento, un alto sentido de desarrollo profesional, una cultura de colaboración, mejorar la independencia académica y la calidad de las tareas desarrolladas, dar apertura a discusiones en el aula, obtener reconocimiento en el desarrollo de actividades de aula con mayor complejidad, entre otros.

A manera de conclusión, el análisis de tecnologías asistivas como plataforma para la educación inclusiva muestra como este método, o la simbiosis de estos, ha permitido desde siempre el desarrollo de nuevas dinámicas hacia la diversidad y la calidad en la educación, que pasa por incluir con mucha frecuencia a las Tecnologías de Información y Comunicación. Asimismo, esta progresiva generación de estrategias, herramientas y métodos, en sustento al proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes con discapacidad, aunado al acompañamiento en ocasiones de países de altos ingresos a través de políticas de accesibilidad en espacios educativos y normativa contractual en materia de educación que acompaña estos avances, propenden por generar un impacto significativo en la educación coadyuvando al desarrollo de una nueva dimensión social y humana susceptible a la diversidad.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación Nacional de La Fundación Universitaria Compensar – UCompensar. Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de suite asistiva para personas con discapacidad visual y auditiva” que se encuentra ya finalizado.

Fuentes de financiamiento

La institución financiadora es Fundación Universitaria Compensar – UCompensar bajo el Código del Proyecto SIGP/Código número 292020.

Conflictos de interés

Los autores declaran expresamente no tener intereses en conflicto para el desarrollo de este producto resultado de investigación.

Bibliografía

Ambrogio, M., y Petris, R. (2015). Educación Especial: estimulación, motivación, aprendizaje y evaluación con software multimedia. *X Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología*, 285-294.

Anderson-Inman, L., y Horney, M. (2007). Supported eText: Assistive technology through text transformations. *Reading Research Quarterly*, 153-160. doi:DOI:10.1598/RRQ.42.1.8

Beijen, J., Mylanus, E., y Snik, A. (2007). Education qualification levels and school careers of unilateral versus bilateral hearing aid users. *Clinical Otolaryngology, 32*(2), 86-92. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2273.2007.01411.x

Borg, J., Lindström, A., y Larsson, S. (2009). Assistive technology in developing countries: national and international responsibilities to implement the Convention on the Rights of Persons with Disabilities. *VIEWPOINT, 374*(9704), 1863-1865. doi:DOI:https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61872-9

Byrd, A. (2017). *Tecnologías de Asistencia: Recursos de aprendizaje para favorecer la inclusión y la comunicación de estudiantes con discapacidad*. RAZÓN Y PALABRA, 167-78.

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.

Cook, A., y Miller, J. (2008). *Cook & Hussey's Assistive Technologies: Principles and Practice, Third Edition.* China: Mosby Elsevier.

Cortés, A. (2018). *Comunidad de saberes y prácticas pedagógicas para el desarrollo profesional docente apoyado en el componente tecnológico.* En Experiencias en Innovación Educativa (págs. 16-39). Bogotá: Ediciones de la U.

González, G. (2016). *Programa razonado de la asignatura: Bibliometría.* Valencia, España: Nau Libres - Edicions Culturals Valencianes, S.A.

Knight, V., Wood, C., Spooner, F., Browder, D., y O´brien, C. (2015). An Exploratory Study Using Science eTexts With Students With Autism Spectrum Disorder. *Focus on*

Autism and Other Developmental Disabilities, 30, 86 - 99. Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/An-Exploratory-Study-Using-Science-eTexts-With-With-Knight-Wood/1d5d0a7568000f339bd0bcfd0c5dcdd6c36064c3

Langton, A., y Ramseur, H. (2001). Enhancing employment outcomes through job accommodation and assistive technology resources and services. *Journal of Vocational Rehabilitation, 16*(1), 27-37. Retrieved from https://content.iospress.com/articles/journal- of-vocational-rehabilitation/jvr00104

LidstrÖm, H., y Hemmingsson, H. (2014). Benefits of the use of ICT in school activities by students with motor, speech, visual, and hearing impairment: A literature review. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy, 21*, 251-266. doi:https://doi.org/10.3109/11038128.2014.880940

Martínez, H. (2014). *Metodología de la Investigación*. (2014). España. Cengage Learning Editores, S.A.

McGregor, G., y Pachuski, P. (1996). Assistive Technology in Schools: Are Teachers Ready, Able, and Supported? *Journal of Special Education Technology, 13*(1), 4-15.

Mette, A. (2014). Teachers' use of assistive listening devices in inclusive schools. *Scandinavian Journal of Disability Research, 16*(4), 297-315. doi:http://dx.doi.org/10.1080/15017419.2012.761152

Miyamoto, M., Maki, Y., Shimada, Y., y Shibasato, K. (2016). Development of Eye Gaze Software for Children with Physical Disabilities. *2016 International Conference On Advanced Informatics: Concepts, Theory And Application (ICAICTA)*, 1-6. doi:doi: 10.1109/ICAICTA.2016.7803137.

Molero, L., Puerto, A., y Saenz, J. (2020). *Disrupción de la exclusión social a la discapacidad a través de las tecnologías asistivas.* Tendencias en la Investigación Universitaria. Una visión desde Latinoamérica. Vol XII, 413-429. doi:http://www.doi.org/10.47212/tendencias2020vol.xii.1

Molero, L., Sáenz, J., Batista, J., Molero, L., y Tocarruncho, L. (2020). *Alternativas tecnológicas para personas con discapacidad motriz*. In L. Molero, J. Sáenz, J. Batista, L. Molero, y L. Tocarruncho, Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmnte responsable. Vol. II. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Moreno, J., y Valencia, F. (2019). *Las organizaciones y el impacto de las tecnologías emergentes.* En La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional (págs. 13-32). Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Nava, H. (2002). *La investigación jurídica. ¿Cómo se elabora el proyecto?* Maracaibo, Venezuela: Editorial EDILUZ.

Papavasiliou, S., Saridaki, M., Mourlas, C., y Van Isacker , K. (2014). Providing assistive ICT learning for people with disabilities through a personalised mobile

application. *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 592-596. doi:DOI 10.1109/ICALT.2014.173

Parette, H., Wojcik, B., Hourcade, J.,y Peterson-Karlan , G. (2005). *Assistive Technology for Students with Mild Disabilities: What's Cool and What's Not*. Education and Training in Developmental Disabilities, *40*(3), 320-331. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/23879725

Parette, P., y Peterson-Karlan, G. (2007). *Facilitating student achievement with assistive technology.* Education and Training in Developmental Disabilities*, 42*(4), 387-397.

Poobrasert, O., y Gestubtim, W. (2013). Development of Assistive Technology for Students with Dyscalculia. *2013 Second International Conference on E-Learning and E-Technologies in Education (ICEEE)*, 60-63. doi:doi: 10.1109/ICeLeTE.2013.6644348

Renuga, C., y Sarkar, R. (2019). Assistive technology for educating persons with intellectual disability. *European Journal of Special Education Research, 4*(3), 184-199. doi:http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3246839

Rose, D., Hasselbring, T., Stahl, S., y Zabala, J. (2005). Assistive Technology and Universal Design for Learning: Two Sides of the Same Coin Two Roles for Technology: Assistive Technology and Universal Design for Learning. *Assistive Technology and Universal Design for Learning.*, 507-518. Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/Assistive-Technology-and-Universal-Design-for-%3A-Two-Rose-Hasselbring/4506ed4fc568cc1640fa48b777a296f730f1c1a1

Ruiz, J. (1998). *Metodología de la investigación cualitativa.* Deusto.

Saleeb, N., y Dafoulas, G. (2012). 'Assistive Technologies and Environmental Design Concepts for Blended Learning and Teaching for Disabilities within 3D Virtual Worlds and Learning Environments. *Blended Learning Environments for Adults: Evaluations and Frameworks,*, 50-74. Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/Assistive- Technologies-and-Environmental-Design-for- Anastasiades/56eac4402d7dd87cf193f6346bbb44161a3150ad

UNESCO. (2004). *Temario Abierto sobre Educación Inclusiva. Materiales de Apoyo para Responsables de Políticas Educativas.* Santiago de Chile: Archivos Industriales y Promocionales Ltda. .

Vesel, J., y Robillard, T. (2013). Teaching Mathematics Vocabulary with an Interactive Signing Math Dictionary. *JRTE, 45*(4), 361-389. doi:https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1010673.pdf

WHO, World Health Organitation. (2020). *Disability and rehabilitation*. Retrieved 07 20, 2020, from https://www.who.int/disabilities/technology/gate/en/

Yeager, P., Kaye, H., Reed, M., y Doe, T. (2006). Assistive technology and employment: Experiences of Californians with disabilities. *Work, 27*(4), 333-344. Retrieved from https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17148870/

CAPÍTULO II

INTERFAZ 3D CON KINECT PARA TERAPIAS DE MANGUITO ROTADOR EN PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Luis Guillermo Molero Suarez
Doctor en Ciencias Gerenciales. Fundación Universitaria Compensar - UCompensar, lmolero@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4117-8273.

Nelson Felipe Rosas Jiménez
Magister en Ingeniería – Telecomunicaciones. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, nfrosasj@ucompesar.edu.co. Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-1476-5122

Javier Alejandro Sáenz Leguizamón
Magister en Ingeniería - Telecomunicaciones. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, jasaenzl@ucompensar.edu.co. Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-0953-0791

Lennis Duvan Gomez García
Ingeniero de sistemas. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, lduvangomez@ucompensar.edu.co. Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.

Resumen

El presente capítulo tuvo como propósito el desarrollo de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. De acuerdo con el estudio, la investigación fue de tipo aplicada, transversal y su diseño no experimental. Para el logro de lo antes expuesto, se analizaron los siguientes puntos: 1) Gamificación y Microsoft Kinect, 2) Rehabilitación y fisioterapia y 3) Entrenador Virtual Reactivo (RVT). El procedimiento manejado fue el de establecer a través del desarrollo de una interfaz 3D con Kinect, los beneficios de esta herramienta tecnológica en pro de la inclusión social, laboral y optimización en la calidad de vida de pacientes con discapacidad en manguito rotador. Los resultados obtenidos cometen con el objetivo propuesto permitiendo desarrollar una aplicación con el uso del dispositivo periférico Microsoft Kinect en pacientes con discapacidad motriz de manguito rotador. Como conclusión, se espera que el desarrollo de este tipo de alternativas tecnológicas mejore la condición de vida en personas con movilidad reducida, en pro de generar un impacto positivo e inclusivo en este tipo de población vulnerable.

Palabras clave: discapacidad, entrenamiento virtual reactivo, inclusión, interfaz 3D, Microsoft Kinect.

www.doi.org/10.47212/GamificacionIII2021.3

3D INTERFACE WITH KINECT FOR ROTATOR CUFF THERAPIES IN PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY

ABSTRACT

The purpose of this chapter was to develop a 3D interface with Kinect for rotator cuff therapies in people with reduced mobility. According to the study, the research was applied, cross-sectional and non-experimental in design. To achieve the aforementioned, the following points were analyzed: 1) Gamification and Microsoft Kinect, 2) Rehabilitation and physical therapy and 3) Virtual Reactive Trainer (RVT). The managed procedure was to establish, through the development of a 3D interface with Kinect, the benefits of this technological tool in favor of social, labor inclusion and optimization in the quality of life of patients with disabilities in the rotator cuff. The obtained results commit with the proposed objective allowing to develop an application with the use of the peripheral device Microsoft Kinect in patients with rotator cuff motor disability. In conclusion, the development of this type of technological alternatives is expected to improve the living conditions of people with reduced mobility in order to generate a positive and inclusive impact on this type of vulnerable population.

Keywords: 3D interface, disability, inclusion, microsoft kinect, virtual reactive training,

Introducción

La limitación en la movilidad comprende una discapacidad que afecta un grupo importante en todo el contexto global, según información suministrada por el Reporte Mundial de Discapacidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), donde "la Encuesta Mundial de Salud señala que, del total estimado de personas con discapacidad, 110 millones (2,2%) tienen dificultades muy significativas de funcionamiento, mientras que la Carga Mundial de Morbilidad cifra en 190 millones (3,8%) las personas con una "discapacidad grave" (p. 8). Estos valores, de acuerdo al mismo informe, se vuelven aún más dramáticos al sumar los comportamientos de riesgo derivados de la discapacidad: depresión, cigarrillo, sobrepeso y obesidad, lesiones, mayor atención hospitalaria y ambulatoria, incremento en la pérdida de la funcionalidad producto de la edad y finalmente muerte prematura.

Sumado a los indicadores anteriores, los costos económicos heredados de estos eventos traumáticos o atraumáticos son importantes y complejos de cuantificar, ya que envuelven costos directos e indirectos sufragados a través de la dinámica familiar, laboral y/o social que se amplifican en escenarios inaccesibles o poco inclusivos, esto trae como resultado, limitaciones del paciente sobre sus acciones, independencia, capacidades y productividad, confinándolo al desarrollo de competencias con alto nivel de restricción que perturban aún más su condición y ecosistema.

En este sentido, una particularidad de este fenómeno se desprende durante la asistencia a los ciclos de fisioterapia, que implica el acompañamiento temporal o permanente, de acuerdo al nivel de discapacidad, sumado al pausado proceso de rehabilitación derivado

del diagnóstico temprano o tardío sobre la misma que forman una amalgama desalentadora para el paciente, donde la implementación de herramientas que proporcionen mayor grado de motivación y comodidad pudiera alcanzar efectos adversos a los antes mencionados.

Así pues, el perfeccionamiento de nuevos materiales que estimulen y motiven el ejercicio fisioterapéutico en pro de la mejora parcial o total de la discapacidad resulta ser una opción idónea, por lo cual, el presente estudio pretende el desarrollo de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, a fin de ostentar a través de esta implementación, la mejora parcial o total del miembro comprometido por la movilidad reducida logrando así alcanzar un impacto social y científico profundo con respecto a este percentil creciente de discapacidad global, asimismo, ofrecer mayor estimulo y motivación en la ejecución de ejercicio y finalmente, poder ejecutar dicho entrenamiento desde el hogar de la persona con discapacidad afectando positivamente los costos asociados de movilidad y asistencia hacia el centro de rehabilitación.

Para lograr dicho propósito, a continuación se discutirán los siguientes constructos: gamificación y Microsoft Kinect, donde a través de la definición de ambos términos se establecerán las ventajas del uso de los sistemas gamificados desde interfaces 3D con dispositivos de captura de movimiento para el estudio y evaluación del movimiento y corrección del ejercicio, seguidamente, se revisará lo referente a la afección por manguito rotador, que reduce la movilidad de los miembros afectados, y hasta qué punto un diagnóstico temprano producirá una mejora permanente de la persona con esta discapacidad y, finalmente, el entrenador virtual reactivo (RVT), herramienta tecnológica que permite llevar control y seguimiento en el desarrollo de ejercicio físico con fines terapéuticos.

Fundamentación teórica

Gamificación y Microsoft Kinect

Los sistemas gamificados, en ocasiones denominados juegos serios (Michael y Chen, 2005), instrucción asistida por computadores (Larkin y Chabay, 1992) o entrenadores virtuales reactivos (Ruttkay et al., 2006), han venido aprovisionando cualidades que los hace únicos al mostrar una simbiosis de elementos multimedia que capturan la atención del usuario (Alimanova et al., 2017), en este tenor, actualmente estos avances tecnológicos consienten el despliegue de vastos sistemas que buscan soluciones en muchas áreas de las ciencias complejas (Moreno y Valencia, 2019) lo que ha llevado a una revolución y un amplio crecimiento de los mismos. (Janssen et al., 2017).

Por otra parte, frecuentemente estos sistemas se combinan con dispositivos periféricos que otorgan mayor grado de inmersión (Hernández et al., 2018) para lograr fascinar al usuario, aumentando el nivel de motivación y aminorando la complejidad inherente en el desarrollo de actividades. A tales efectos, Molero et al., (2019) aproximan la siguiente definición:

> Esta estrategia de gamificar numerosos entornos de rehabilitación apunta a la promoción y consecución de objetivos orientados a la motivación, inclusión social y laboral de personas con movilidad reducida a través de metodologías optimizadas, muchas de ellas, inmersivas para estimular positivamente la consecución de las mismas… Por consiguiente, con el perfeccionamiento de este novedoso conjunto de técnicas que se apalancan en la gamificación como elemento optimizador de procesos de rehabilitación a través de terapias físicas, haciendo uso de software especializado, muchos de ellos con RV, RA y dispositivos como Kinect y gafas 3D, se ha logrado generar entornos inmersivos y controlados. (p. 176).

Es así, como esta dinámica tecnológica ha esculpido una cultura social más equilibrada (Cortés et al., 2020), consciente e inclusiva, con amplias posibilidades de optimizar desde los escenarios empresariales y sus capitales intelectuales (Brooking, 1998, Stewart, 1998 y Ospina et al., 2019) nuevos objetivos en atención a esta población vulnerable para mejorar su condición de vida.

En revisión a lo antes planteado, una características que genera mayor inmersión dentro de estos espacios es la integración de periféricos que aportan mayor interactividad; este supuesto sería el escáner corporal que, a través de sensores, permiten la captura de movimiento susceptible de ser evaluado por el software de control dispuesto en estos sistemas gamificados, un claro ejemplo de esta tecnología es Microsoft Kinect, cuya construcción goza de una cámara RGB (Rojo-Verde- Azul) y micrófonos que permiten libertad de movimiento con una gran posibilidad de ser adaptado para tratar múltiples discapacidades motoras.

A este respecto, Molero et a., (2019) señalan:

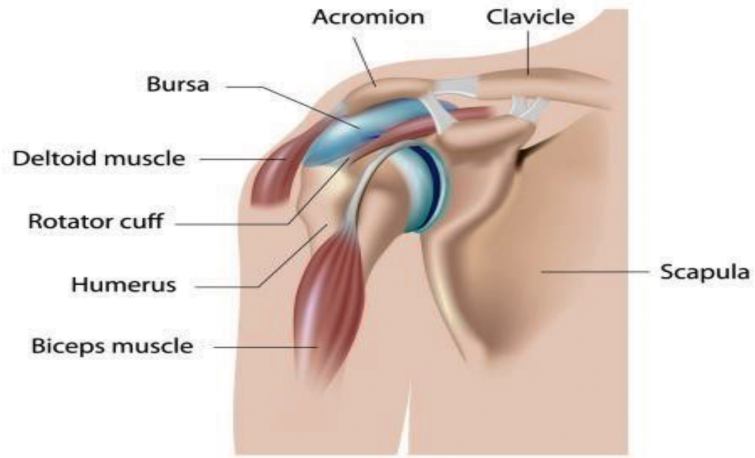
> Al ser propiedad de Microsoft y ser de libre acceso podemos configurarlo y adaptarlo a las necesidades requeridas a través de un computador con sistema operativo Windows, tan solo contando con los controladores necesarios, permitiendo así darle múltiples usos en diferentes áreas. El Kinect, como herramienta para la implementación de rehabilitación física, ha tomado mucho impacto a lo largo de estos últimos años, convirtiéndose así en la nueva alternativa a los procesos de terapias tradicionales, ya que permite la interacción y lúdica en cada una de las rutinas de fisioterapia con el paciente, además de agilizar procesos, tiempos, tener datos e información más puntual y de mejor interpretación. (p. 142).

Para finalizar, la integración de dispositivos periféricos de captura de movimiento en los sistemas gamificados ha logrado aprovisionar mayores experiencias de inmersión e interactividad de cara al usuario de esta tecnología, lo que ha traído consigo, la mejora parcial o total del paciente desde la perspectiva clínica y una constante evolución desde la tendencia casi perpetua de mejorar las prácticas tradicionales.

Manguito rotador

El manguito rotador relaciona una colección de músculos y tendones que se encuentran unidos a los huesos en la articulación del hombro a manera de puño, ofreciendo estabilidad y motricidad, manteniendo la cabeza del hueso superior del húmero firme dentro de la cavidad poco profunda del hombro (Pérez-Caballer y De Pedro, 2004) tal y como se muestra en la siguiente figura:

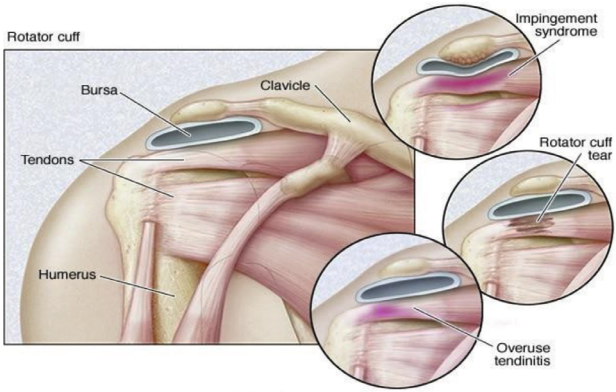
Figura 1.
Lesión de manguito rotador



Fuente: Bupa Global Latinoamérica, (2020)

De manera análoga, cuando se produce una lesión conocida como tendinitis del manguito rotador (Lin et al., 2008) se provoca una inflamación en algunos de los tendones o músculos rotadores del hombro, considerando que por su naturaleza, el hombro por su gran movilidad es susceptible a sufrir dolencias producto de malas posturas al dormir, levantamiento de peso, uso prolongado del computador, entre otros. En ese sentido, como consecuencia de estos eventos o de la edad, los tendones pueden sufrir rotura de tipo parcial, completa o masiva, generando dolor o inflamación en la región en un tiempo muy prolongado, por consiguiente, un tratamiento de fisioterapia temprana mejora la flexibilidad y fuerza de los músculos evitando una posible intervención quirúrgica producto de esta complicación (Ellenbecker y Cools, 2010). A continuación, se muestra la figura 2 que ilustra la lesión.

Figura 2.
Lesión de manguito rotador



Fuente: Mayo Foundation for Medical Education and Research, (2020)

Ante estas evidencias, y a través del tratamiento oportuno de esta sintomatología, se pueden optimizar o mitigar los efectos del manguito rotador, proporcionando mayor movilidad del miembro afectado desde un oportuno diagnóstico y ejercitación, de lo contario, la limitada movilidad del miembro puede desencadenar en hombro congelado por la inmovilización en un tiempo prolongado del tejido conectivo.

Reactive Virtual Trainer (RVT)

El entrenador virtual reactivo es un agente virtual que proporciona seguimiento al desarrollo de ejercicios muchas veces en espacios fisioterapéuticos o de entrenamiento, buscando obtener el mayor rendimiento y ejecución. Este agente ha demostrado sus beneficios en la danza, artes marciales y ejercicios físicos en general, tal como lo define Tobes y Fernández (2017) en su investigación, al establecer el carácter interactivo de este tipo de aplicaciones.

Las ventajas que ofrece este tipo de tecnologías se basan en la portabilidad y motivación que ofrecen, esto, gracias al uso de elementos multimedia durante el desarrollo del software combinado a dispositivos periféricos como el Microsoft Kinect que consienten la ejecución de las instrucciones desde cualquier locación, brindando bienestar adicional y mayor dinamismo en el cumplimiento de la técnica. En adición a lo anterior, el carácter motivador que imprime este método al usuario impide el abandono de los ciclos de ejercitación, cuyos retos de acuerdo a Ruttkay et al., (2006) son:

- Percibir el rendimiento del usuario en entornos que no son de laboratorio mediante el uso de dispositivos robustos y no intrusivos.
- Evaluar el rendimiento del usuario y decidir cómo reaccionar.

- Generar la reacción de la RVT en consecuencia y presentarla de una manera natural y sutil, donde el movimiento, el habla y (eventualmente) la música se afina y coordinan.

En ese sentido, los mismos autores definen el RVT como:

> Reactive Virtual Trainer (RVT) es un agente virtual inteligente capaz de presentar ejercicios físicos que deben ser realizados por un humano, monitoreando al usuario y brindando retroalimentación a diferentes niveles. Dependiendo de la motivación y el contexto de la aplicación, los ejercicios pueden ser generales para mejorar la condición física del usuario, ejercicios especiales que se realizarán de vez en cuando durante el trabajo para prevenir o ejercicios de fisioterapia con indicaciones médicas. (pág. 292).

Para los efectos de la presente investigación, se desarrollará una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida basada en las técnicas inherentes al entrenador virtual reactivo (RVT) a fin de mejorar la calidad de vida, independencia e identidad social a esta población, permitiendo su inclusión en los numerosos espacios sociales.

Metodología

El presente estudio, tuvo como propósito desarrollar una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, el mismo se apalancó en el paradigma positivista con enfoque cuantitativo. En ese respecto, y sobre la base de los constructos de Sandín (2003), el positivismo "sostiene la tesis del empirismo, según la cual, el conocimiento objetivo y científico encuentra su garantía de verdad en la observación empírica de los objetos", a lo cual Pelekais et al., (2007), sustentan que el positivismo es el fundamento del enfoque cuantitativo.

Por otra parte, el conocimiento científico generado como resultado del estudio corresponde a la afirmación positiva de las teorías de gamificación y Microsoft Kinect, rehabilitación y fisioterapia y entrenador virtual reactivo (RVT), a través de la aplicación del método científico. Es por ello, que el discernimiento forjado busca exponer causalmente los fenómenos investigados por medio de las presunciones ya mencionadas, y por tanto se concibe a la razón como medio para otros fines; es decir, una razón instrumental. (Pérez, 2010).

En otro respecto, el objetivo de esta investigación se describe de tipo aplicado, por cuanto busca a través de los resultados derivados de la opinión de los expertos (Rodríguez, 2005) aprovechar realidades concretas en los resultados de investigación. En consecuencia, el presente trabajo se define como aplicado, ya que se propuso solucionar un problema específico con el empleo de una Interfaz 3D con Kinect desarrollada para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. Esta interfaz por su parte, fue desarrollada siguiendo las fases de la metodología SUM, a saber: Concepto, Planificación, Elaboración y Beta.

De otro lado, el presente estudio de acuerdo con su diseño es no experimental, en virtud de que involucra procesos sistemáticos de búsqueda e indagación a través de una

descripción, una comparación, un análisis y una predicción para que finalmente se diseñe una propuesta; ya que pretende caracterizar las variables; coincidiendo con lo expuesto por Hernández-Sampieri et al., (2006) y Chávez (2007).

Asimismo, dicha investigación se clasificó dentro del tipo transversal descriptiva, debido a que la recolección de los datos de interés para verificar la autenticidad de la información sobre las variables en estudio se estableció según los criterios del investigador y en el lapso programado para ello (Chavez, 2007).

Atendiendo a estas consideraciones, el propósito de la presente investigación reúne el desarrollo de una Interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida como estrategia no convencional, estableciendo una dinámica de transformación digital desde una nueva perspectiva de cultura tecnológica (Molero et al., 2019), que pueda desplegarse incluso desde el escenario empresarial para ser ciudadanos corporativos socialmente responsables con la comunidad y el ambiente (Molero et al., 2019).

Finalmente, la investigación se llevó a cabo alrededor de un estudio de tipo aplicado, transversal y su diseño no experimental, empleando las categorías gamificación y Microsoft Kinect, rehabilitación y fisioterapia y entrenador virtual reactivo (RVT) y por consiguiente amalgamar de forma práctica el uso de la gamificación como estrategia inclusiva, inmersiva y controlada, capaz de generar mayor motivación en los procesos de rehabilitación de manguito rotador.

Resultados

Para ostentar el propósito del presente estudio, fueron desarrolladas las siguientes fases de SUM, a saber: Concepto, Planificación, Elaboración y Beta. En resumen, posteriormente se describen las actividades ejecutadas en cada una de las siguientes fases:

1.- Fase de concepto

1.1.- Desarrollo del concepto

Definir aspectos del juego

Para el desarrollo del concepto, se implementó un brainstorming (tormenta de ideas) identificando las variables objeto del estudio: Entrenamiento Virtual Reactivo (RVT), discapacidad, inclusión y trasformación digital. Esta simbiosis, llevó al imaginario a discernir acerca del desarrollo de una interfaz 3D con el periférico Microsoft Kinect para terapias de manguito rotador, como instrumento inclusivo, inmersivo, con mayor estimulación sensorial y generador de motivación para optimizar los espacios concernientes a la ejercitación del mencionado miembro y, en consecuencia, permita una ejecución precisa y correcta para alcanzar una rehabilitación parcial o total del miembro comprometido.

Para lograr esta interacción, se evaluó dentro del concepto la característica que ofrece el uso de tecnologías 3D, por sus capacidades inmersivas, controladas e intuitivas y cuyo producto será una rehabilitación con mayor motivación.

Por otra parte, la visión del juego tiene como propósito ofrecer un método práctico, de fácil dominio y que ilustre como valor agregado la utilidad en la ejecución de esta terapia para optimizar la condición de discapacidad. Sobre este respecto, se busca que el usuario pueda, a través del sistema de recompensas en la ejecución precisa del ejercicio, acumular puntos, quedando a discreción la ejecución de un nuevo ciclo de rehabilitación para el otro miembro comprometido o repetir el entrenamiento. Finalmente, una vez completada la instrucción, el usuario podrá salir de la interfaz en cualquier momento. El reto tácito de este sistema radica en poder ejecutar correctamente cada ejercicio para acumular puntos que permitan finalizar satisfactoriamente la terapia.

Una ventaja inherente del uso de este método radica en poder desarrollar la terapia desde el hogar una vez lograda la praxis correcta, por lo cual, la aplicación no intenta suplir la asistencia de un especialista en rehabilitación sino instituir otra dinámica para ejecutar el ejercicio, advirtiendo, que el mal uso de la plataforma puede ser perjudicial para el usuario. Asimismo, persigue como alternativa la inclusión a través de la rehabilitación parcial o total del paciente ya que su correcto uso aportará una mejora en la discapacidad del usuario consintiendo la ejecución de actividades rutinarias en el escenario social, laboral, entre otros.

En otro respecto, la interfaz 3D con Kinect pertenece al género de Entrenador Virtual Reactivo (RVT). Algunas investigaciones al respecto son el Sintetizador de Tai Chi: un marco de síntesis de movimiento basado en posturas clave e instrucciones de movimiento (Chao et al., 2004), el Entrenamiento Virtual de Fisioterapia con enfoque de visión por computadora (Shafaei y Rahmati, 2004), entre muchas otras.

Con respecto a la jugabilidad (gameplay), la interfaz iniciará con una pista de audio que genere en el usuario un clima de relajación, donde a través del movimiento de la mano derecha éste pueda hacer clic sobre el botón que lo llevará al menú principal de la aplicación. Este movimiento de la mano permitirá la navegación por todos los entornos de la aplicación mediante la selección de cada botón dispuesto en las escenas. Estas escenas serán las siguientes: Instrucciones, Créditos, Acerca de, Iniciar el virtual reactivo y Salir de la interfaz. Al hacer clic sobre “Instrucciones”, se mostrará la información correspondiente a las instrucciones de juego, donde el usuario adquirirá conocimientos acerca de cómo será la mecánica de juego y el sistema de logros, los “Créditos”, mostrará la información acerca del software, creadores y espónsor, la pantalla “Acerca de” mostrará la versión del software y finalmente el botón “Iniciar” iniciará el Entorno Virtual Reactivo. Este último, expondrá un espacio de relajación donde el usuario desarrollara el proceso de rehabilitación y a través de la captura desde el Microsoft Kinect, el modelo 3D reproducirá en modo espejo los movimientos del usuario para luego ser evaluados y puntuados según la ejecución del ejercicio, una vez el usuario haya completado el entrenamiento sumando los diez puntos, éste reiniciará la rutina para ser ejecutada en el otro miembro comprometido, sin embargo, el usuario en cualquier momento puede salir del RVT y abandonar la interfaz.

Para lograr lo anteriormente descrito, la Interfaz 3D con Kinect contará con las siguientes características, que serán diseñadas, desarrolladas e integradas de la siguiente manera:

- Introducción de la interfaz 3D con Kinect: la interfaz 3D con Kinect deberá mostrar una breve introducción del RVT donde se desplegarán los créditos acerca de Unity (obligatorio por el tipo de licencia que se tiene), asimismo, el signo distintivo que

representa al proyecto de investigación y una pista de audio instrumental que genere un clima de relajación en el usuario de la aplicación. Cuando el usuario lo desee, movilizará el puntero de la interfaz hacia el botón de "Iniciar".

- Menú principal: en esta escena, el usuario podrá interactuar con el menú principal de la aplicación. Asimismo, proporcionará al usuario varias alternativas de selección, pudiendo ser activadas a través de botones dispuestos para ello, entre ellas: Instrucciones, Créditos, Acerca de, Iniciar el Entorno virtual reactivo y Salir.
- Dinámica de juego: La aplicación será desarrollada para que el usuario, una vez dentro del RVT, pueda ejecutar los movimientos de la terapia, estos serán capturados por el Kinect y reflejados a modo espejo en el avatar 3D, donde una vez realizado correctamente el ejercicio de manguito rotador acumulará hasta un total de 10 puntos y el RVT reiniciará el ejercicio para ser ejecutado por el otro miembro.

A fin de lograr las características descritas, se implementarán una serie de iteraciones que cuentan con las tareas técnicas asociadas a cada una de ellas.

De otro lado, referente a la historia y ambientación, al iniciar la interfaz se desplegará una pieza musical de fondo que estimule la relajación del paciente, como paso seguido, se incorporará la escena del menú principal, donde a través del movimiento de la mano podrá navegar por toda la escena y ejecutar una acción posicionándose sobre cada botón dispuesto en la pantalla. Para salir de cada escena incluyendo la habitación de jugabilidad, el usuario podrá pulsar la tecla "Escape".

Seguidamente, la escena del juego estará ambientada con imágenes de relajación para el paciente al momento de iniciar su ciclo de rehabilitación. Este RVT proveerá un espacio acondicionado y contextualizado, donde a través de un modelo 3D con un perfil de hombre joven, se pueda ejecutar el ejercicio de manguito rotador sin necesidad de mover el tronco, habilitando solamente el movimiento de los miembros superiores e inferiores manteniendo rigidez en el resto del cuerpo, logrando que el usuario se concentre en la ejecución del ejercicio y no exista distracción por la movilidad del resto del cuerpo. Finalmente, se limitará la movilidad del modelo 3D dentro de la sala de ejercicio, para evitar que nuevos usuarios en este tipo de interacción se distraigan de la situación real que concierta el desarrollo de ciclos de rehabilitación de miembros superiores.

Definir aspectos técnicos

La interfaz 3D con Kinect pretende ser multiplataforma, lo que significa que puede desplegarse en computadoras con sistema operativo Microsoft Windows o IOS de Mac. Asimismo, su funcionalidad solo puede lograrse con el uso del dispositivo periférico Microsoft Kinect y la tecla "Escape" hasta la fecha, evaluando nuevas implementaciones con otros periféricos y el teclado. Para lograr una correcta funcionalidad, las siguientes tecnologías y herramientas son sugeridas:

- Procesador: 3.0 Ghz
- Memoria: 4 GB de RAM

- Gráficos: Gráficos integrados
- Almacenamiento: 800 MB de espacio disponible
- Kinect instalado
- Microsoft Windows 7 en adelante

Con respecto a los componentes de software necesarios para el desarrollo de la interfaz 3D con Kinect, es ineludible contar con los siguientes preliminares:

- Instalación de Unity (Unity 2018.3.14f1) edición estándar
- Instalación de drivers Kinect según el sistema operativo
- Instalación de SDK Kinect v2
- Instalación de Kinect Developer Toolkit v1.8.0 de Microsoft
- Comprobar el funcionamiento del Kinect.
- Instalación de Visual Studio 2019.

2.- Fase de planificación

En la fase de aplicación, se llevaron a cabo dos etapas importantes como son la planificación administrativa y la especificación de la interfaz 3D. A continuación, se detalla cada una de estas fases:

2.1.- Planificación administrativa

Definir equipo de desarrollo

Los elementos dentro de toda planificación consisten en establecer cuáles serán las necesidades que albergará al proyecto, en ese respecto, estas necesidades girarán en torno a:

- Conocimientos en arte para diseño de videojuegos, para el diseño de los bocetos iniciales y la jugabilidad de la interfaz 3D.
- Conocimientos avanzados en Unity 3D para el diseño de escenas, manejo de assets y desarrollo de código.
- Conocimientos en lenguaje de programación C# para generar scripts de código en Unity 3D.
- Conocimientos en sonido para videojuegos, solo si se desean generar nuevas pistas de audio a ser incorporadas, para acondicionar las ya existentes, no es necesario.
- Conocimientos en apariencia y jugabilidad de videojuegos.
- Conocimientos en Blender v2 o superiores para la renderización de imágenes.
- Conocimientos en pruebas unitarias, pruebas de integración y pruebas de despliegue.

En ese sentido, para suplir las necesidades del proyecto es preciso conformar perfiles de acuerdo a las competencias descritas con anterioridad, por lo cual, los siguientes roles son necesarios para aglutinar el equipo de producción de la interfaz 3D:

- Diseñador de juego
- Programador
- Artista sonoro
- Artista gráfico
- Verificador Beta

Definir el Cronograma

Para la creación de la interfaz 3D con Kinect, se desplegará el ciclo SUM en sus cuatro primeras fases; cada una pretende una serie de entregables parciales ostentando la generación de valor en cada una. Estas tareas dentro del cronograma se identifican a través de un número único conocido como EDT que representan los paquetes de trabajo y sus tareas refinadas/ordenadas de acuerdo a una prioridad basada en valor. A continuación, la tabla 1 muestra el cronograma desplegado para el desarrollo de la interfaz 3D.

Tabla 1.
Cronograma del proyecto

EDT	Nombre de tarea	Duración	
0	SUM Game Development	171	días
1	FASE CONCEPTO	18	días
1.1	DESARROLLO DEL CONCEPTO	18	días
1.1.1	Definir aspectos del juego	16	días
1.1.2	Definir aspectos técnicos	2	días
1.2	INFORME CONCEPTO – ENTRENAMIENTO VIRTUAL REACTIVO (RVT)	0	días
2	FASE DE PLANIFICACIÓN	20	días
2.1	PLANIFICACIÓN ADMINISTRATIVA	8	días
2.1.1	Definir equipo de desarrollo	4	días
2.1.2	Definir Cronograma	2	días
2.1.3	Definir Objetivos del Proyecto	2	días
2.2	ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFAZ 3D	12	días
2.2.1	Especificar características	10	días
2.2.2	Priorizar características	2	días
2.3	INFORME DE PLANIFICACIÓN	0	días
3	FASE DE ELABORACIÓN	83	días
3.1	ITERACIÓN I: DISEÑO DEL SISTEMA	60	días
3.1.1	Planificación de la iteración	5	días

Tabla 1.
Cronograma del proyecto (Continuación)

EDT	Nombre de tarea	Duración	
3.1.2	Desarrollar características	55	días
3.1.3	INCREMENTOS DEL PRODUCTO	0	días
3.2	ITERACIÓN II: INTEGRACIÓN	23	días
3.1.1	Planificación de la iteración	5	días
3.1.2	Desarrollar características	18	días
3.3	ALFA (FEATURE COMPLETE)	0	días
4	FASE BETA	50	días
4.1	ITERACIÓN BETA	50	días
4.1.2	Verificación del videojuego	15	días
4.1.3	Corrección del videojuego	35	días
4.2	BETA (CONTENT COMPLETE)	0	días

Fuente. Elaboración propia (2019)

A continuación, en las siguientes tablas (2, 3, 4 y 5) se muestran los hitos de acuerdo a cada fase durante el desarrollo de la interfaz 3D con Kinect. Esta distribución, pretende a través de la generación de valor, la producción de los entregables del proyecto.

Tabla 2.
Hitos fase de concepto

Fase de Concepto	
Hito	Entregable
1	Informe Concepto – Entrenamiento Virtual Reactivo (RVT)

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 3.
Hitos fase de planificación

Fase de Planificación	
Hito	Entregable
1	Informe de Planificación

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 4.
Hitos fase de elaboración

Fase de Elaboración	
Iteración 1: Diseño del sistema	
Hito	Entregable
1	Gráficas y Modelos 3D (recursos narrativos)
2	Elementos sonoros (Pistas de audio)
3	Interfaces de Usuario (UI) (Desarrollo narrativo)
4	Dinámica de juego: Mecánica de juego
5	Dinámica de juego: Movimientos
6	Dinámica de juego: Interacción
Iteración 2: Integración	
Hito	Entregable
1	Feature Complete

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 5.
Hitos fase beta

Fase Beta	
Iteración 1: Beta	
Hito	Entregable
1	Beta (Content Complete)

Fuente. Elaboración propia (2019)

Definir los objetivos del proyecto

Los objetivos del proyecto tienen relación directa con sus características técnicas. Estas características, a su vez, cuentan con un grupo de tareas que finalmente permiten la entrega de cada hito del proyecto. A continuación, se definen los objetivos del proyecto:

- Desarrollar las características para una interfaz amigable y de relajación del usuario.
- Desarrollar la captura de movimiento del usuario a través del dispositivo Microsoft Kinect.
- Evaluar los movimientos corporales del usuario que conlleve a la correcta ejecución del ciclo de fisioterapia y rehabilitación.
- Generar un sistema de recompensas a través de la mecánica de la interfaz para aprobar la correcta ejecución del ejercicio.
- Informar al usuario de la correcta ejecución del ejercicio a través de efectos sonoros.
- Informar al usuario acerca de la terapia de manguito rotador.

Por otra parte, los criterios de evaluación para la consecución del propósito de la interfaz 3D corresponden a las pruebas unitarias, de integración y despliegue que evaluarán las funcionalidades de la interfaz. En ese sentido, se desarrollarán las mismas a lo largo del desarrollo del software a manera de evaluar el control de cambios y la optimización de las funcionalidades dentro de cada hito, en consecuencia, una vez finalizado el desarrollo se llevarán a cabo las pruebas de integración y despliegue para validar su correcto funcionamiento.

2.2.- Especificación de la interfaz 3d

Especificar características

A continuación, en las siguientes tablas (desde 6 hasta 21) se presentan las características funcionales y no funcionales que debe tener la interfaz 3D.

Tabla 6.
Historia de usuario 1

IDENTIFICADOR	Funcional-001
TITULO	Cursor
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe tener un cursor que ofrezca navegabilidad por todo el software
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 7.
Historia de usuario 2.

IDENTIFICADOR	Funcional-002
TITULO	Presentación
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe contar con una escena de "Introducción" que muestre información respecto al software y el signo distintivo del proyecto de investigación. Esta introducción, debe tener un botón de inicio al menú principal.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 8.
Historia de usuario 3

IDENTIFICADOR	Funcional-003
TITULO	Menú principal
DESCRIPCIÓN	La interfaz contara con una escena de "Menú principal" que permita acceder a las diferentes opciones del software
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 9.
Historia de usuario 4

IDENTIFICADOR	Funcional-004
TITULO	Instrucciones
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe tener una escena de "Instrucciones", donde mostrará su funcionamiento y la forma correcta de ejecutar el ejercicio de manguito rotador.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 10.
Historia de usuario 5

IDENTIFICADOR	Funcional-005
TITULO	Créditos
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe contar con una escena de "Créditos", para informar acerca del director de proyecto y los desarrolladores del software.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 11.
Historia de usuario 6

IDENTIFICADOR	Funcional-006
TITULO	Acerca de
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe contar con una escena "Acerca de", para informar cual es la pertinencia de la aplicación.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 12.
Historia de usuario 7

IDENTIFICADOR	Funcional-007
TITULO	Puntos obtenidos
DESCRIPCIÓN	La interfaz debe tener un visualizador de puntos, el cual indicará el estado de la rutina.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 13.
Historia de usuario 8

IDENTIFICADOR	Funcional-008
TITULO	Movilidad Modelo 3D (Avatar)
DESCRIPCIÓN	El modelo 3D utilizado para ejecutar el ejercicio, solo tendrá movilidad de los miembros superiores e inferiores, manteniendo tronco y cabeza en estado rígido.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 14.
Historia de usuario 9

IDENTIFICADOR	Funcional-009
TITULO	Evaluar movimiento
DESCRIPCIÓN	La interfaz se encargará de evaluar los movimientos del usuario para validad y puntuar la correcta ejecución del ejercicio.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 15.
Historia de usuario 10

IDENTIFICADOR	Funcional-008
TITULO	Cámara de la interfaz
DESCRIPCIÓN	La interfaz contara con una cámara frontal hacia el modelo 3D.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 16.
Historia de usuario 11.

IDENTIFICADOR	Funcional-011
TITULO	Sesión de ejercicio
DESCRIPCIÓN	La sesión de ejercicio contará con la opción de abandonar el ciclo fisioterapéutico.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 17.
Historia de usuario 12.

IDENTIFICADOR	Funcional-012
TITULO	Sesión de ejercicio
DESCRIPCIÓN	La sesión de ejercicio contará con la opción de reiniciar el ejercicio una vez finalizadas satisfactoriamente las diez ejecuciones.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 18.
Historia de usuario 13

IDENTIFICADOR	NoFuncional-001
TITULO	Usabilidad aplicación
DESCRIPCIÓN	La interfaz puede ejecutarse en un primer plano y tiene la posibilidad de utilizar la pantalla completa o un espacio de ella.
MODULO AFECTADO	Interfaz

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 19.
Historia de usuario 14

IDENTIFICADOR	NoFuncional-002
TITULO	Escalabilidad de la interfaz
DESCRIPCIÓN	La plataforma debe permitir la inclusión de nuevos escenarios y movimientos, adicional, nuevas características que enriquezcan la experiencia del usuario.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D.

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 20.
Historia de usuario 15

IDENTIFICADOR	NoFuncional-003
TITULO	Vestuario personajes
DESCRIPCIÓN	Los personajes deberán integrarse fácilmente con la plataforma.
MODULO AFECTADO	Interfaz

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 21.
Historia de usuario 16

IDENTIFICADOR	NoFuncional-004
TITULO	Ambiente virtual
DESCRIPCIÓN	Los escenarios deben ser lo más semejante a un entorno de relajación.
MODULO AFECTADO	Interfaz 3D

Fuente. Elaboración propia (2019)

Priorizar características:

A partir de las historias de usuario, se crean una serie de características técnicas priorizadas de acuerdo a cada iteración, para la generación de valor en la producción de la interfaz. Estas características, despliegan un paquete de tareas que deben ser desarrollados para alcanzar los objetivos del proyecto. A saber:

Iteración 1: Diseño del sistema

En esta iteración, se plantea desarrollar las características concernientes al diseño de gráficas, interfaces de usuario, elementos de audio que envolverán el sistema y las dinámicas, elementos importantes pues determinan la estrategia de interacción con la interfaz. A continuación, en la siguientes tablas (desde 22 hasta 25) se presentan las características y descripción de las gráficas, sonido, dinámicas, interfaz de usuario, dinámica de juego – movimientos, dinámica de juego – generación y dinámica de juego – interacción.

Tabla 22.
Característica: gráficas, sonido, dinámicas e interfaz de usuario:

Tareas	Descripción
Gráficas, Modelos 3D	Identificar y acondicionar gráficas y modelo 3D Exportar las gráficas
Pistas de audio	Identificar y agrupar los elementos sonoros
Interfaz de Usuario	Identificar y acondicionar elementos Maquetado de interfaces de usuario

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 23.
Característica dinámica de juego – Movimientos:

Tarea	Descripción
Captura de movimientos	Desarrollo de código para inicializar el avatar del modelo 3D Desarrollo de código para captura y transferencia de movimientos Pruebas unitarias de código

Fuente. Elaboración propia (2019)

Table 24.
Característica dinámica de juego – Generación:

Tarea	Descripción
Mecánica de juego	Desarrollo de código para la mecánica de juego Pruebas unitarias de código

Fuente. Elaboración propia (2019)

Table 25.
Característica dinámica de juego – Interacción:

Tarea	Descripción
Interacción a través del cursor	Desarrollo de código para captura de movimientos del cursor y ejecución de acción.

Fuente. Elaboración propia (2019)

Iteración 2: Integración

A continuación, en la siguientes tablas (26 y 27) se presentan las características y descripción de la integración de gráficas, interfaz de usuario, sonido y dinámicas e integración de comunicación: Kinect.

Tabla 26.
Característica: integración de gráficas, interfaz de usuario, sonido y dinámicas

Tareas	Descripción
Integración de todos los activos del proyecto	Importar las interfases de usuario Importar y acondicionar las gráficas y el modelo 3D Importar y acondicionar los elementos sonoros al proyecto Integrar las dinámicas

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 27.
Característica: integración de comunicación: Kinect.

Tareas	Descripción
Integrar librería de Kinect Manager	Integrar la librería Kinect Manager al proyecto. Pruebas de integración y despliegue

Fuente. Elaboración propia (2019)

Iteración beta

En esta fase, se realiza una verificación completa de la interfaz 3D en la búsqueda de posibles bugs o errores no descubiertos en las pruebas efectuadas, y se genera la versión Beta (Content Complete).

3.- Fase de elaboración

3.1.- Iteración i: diseño del sistema

Planificación de la iteración

El objetivo de esta iteración fue la edición y acondicionamiento de las gráficas que a continuación se denominarán assets, para ser optimizadas y lograr el aspecto deseado. En esencia, se trata de formar escenas de relajación para que el usuario sienta placer desarrollando sus ciclos de rehabilitación de forma amena e intuitiva. En este quehacer, luego de obtener los assets deseados, se procedió a ubicar las pistas de audio para generar un sistema envolvente de placidez y conseguir luego de un muestreo, una selección con los elementos sonoros de la interfaz 3D. Por último, se recopilaron todos los elementos del desarrollo narrativo (escenas) para agruparlos y ensamblarlos junto con las texturas, materiales, efectos y finalmente, se maquetaron las mismas. Asimismo, en esta iteración se generaron las diferentes dinámicas de movimiento, generación e interacción que formaron parte de las funcionalidades de la interfaz 3D.

Desarrollo de características

Para generar valor desde el inicio de la iteración, se proyectó diseñar todos los recursos y desarrollo narrativo a fin de obtener una aproximación al lenguaje visual de la interfaz 3D, esto con el fin de ejecutar cambios de ser necesario, que no correspondan con las funcionalidades u objetivos planteados desde el inicio. En ese contexto, se visitaron un conjunto de repositorios web con imágenes, texturas, materiales, efectos, entre otros, que, debido a restricciones inherentes al proyecto, no pudieron ser diseñadas o compradas.

La dinámica del juego permite estimular al usuario a realizar la terapia de forma correcta mediante un sistema de recompensa. Esto se obtuvo a través del diseño de una mecánica de sistema de logros, basado en la acumulación de puntos por cada ejecución correcta del ejercicio a través de los movimientos del usuario, permitiendo acumular hasta 10 puntos. Para generar la interacción con la interfaz, inicialmente se creó un objeto de juego, al cual se le insertó una imagen tipo cursor de "mano" (está habilitado en todas las escenas) a fin de que pueda ser visible por el usuario, pueda ser desplazado durante las escenas y utilizado para navegar por toda la interfaz. En este punto, se acondicionaron los scripts para evaluar los movimientos ejecutados por el usuario para acumular puntos y cumplir con el ciclo de rehabilitación.

A continuación, se describen las tareas que formaron parte de cada característica:

Características: gráficas, sonido, dinámicas e interfaz de usuario:

Tarea 1: Gráficas y Modelo 3D

Identificar y acondicionar gráficas y modelo 3D:

Inicialmente, se diseñaron los Mock Up (bocetos) de las interfaces de usuario (UI) y todos los recursos narrativos, que condesaron escenarios dispuestos para ejercitar los miembros afectados dentro de un espacio de confort y relajación, luego, se consultaron los sitios web citados a continuación para descargar aquellos assets que cumplieran con las necesidades planteadas:

- Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/
- FREE Bodybuilder Asset Pack: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/free-bodybuilder-asset-pack-130940
- Doctor's Office: https://www.renderosity.com/mod/bcs/school-doctors-office/73956
- Toon Furniture: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/furniture/toon-furniture-88740
- Classroom stuff: https://github.com/afauch/wit3d
- Polytoon Gym: https://comphonia.itch.io/unity-asset-polytoon-gym
- En esta búsqueda, se pudieron obtener los siguientes assets:
- Gráficas

- Avatar 3D con sus materiales (Modelo 3D)
- Visualizadores superiores (HUD)
- Botones
- Estructuras
- Texturas
- Materiales
- Fondo de las escenas (SkyBoxes)
- Fuentes
- Mosaicos (Tiles)

Por otra parte, un proceso importante dentro de esta tarea se basó en la información que se muestra al usuario a fin de lograr su interacción con la interfaz y poder conocer las dinámicas que se desarrollan en el mismo, por ende, se diseñaron los visualizadores superiores, el contenido para los mensajes del sistema, descripciones, menús, indicaciones, sistema de encabezados, botones, displays y créditos que recibirá el usuario desde la plataforma a fin de documentar la dinámica.

Seguidamente, en las siguientes figuras (desde 3 hasta 10) se muestran los resultados de identificar y acondicionar gráficas y modelo 3D:

Figura 3.
Signo distintivo del proyecto de investigación en Gamificación y Discapacidad.



Fuente. Elaboración propia (2019).

Este signo distintivo fue diseñado para acompañar todas las soluciones de hardware y software producto del proyecto de investigación. Asimismo, se encuentra protegido legalmente por registro en la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia. En adición, se muestran las siguientes figuras (desde 4 hasta 10) que ambientaron los espacios de la interfaz 3D.

Figura 4.
Mesa de escritorio



Fuente. Classroom stuff. https://github.com/afauch/wit3d

Figura 5.
Computador de escritorio



Fuente. Classroom stuff. https://github.com/afauch/wit3d

Figura 6.
Mesa de escritorio



Fuente. Classroom stuff. https://github.com/afauch/wit3d

Figura 7.
Sofá pequeño



Fuente. Toon Furniture: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/furniture/toon-furniture-88740

Figura 8.
Sofá grande



Fuente. Toon Furniture: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/furniture/toon-furniture-88740

Figura 9.
Botón



Fuente. Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 10.
Visualizado



Fuente. Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

A continuación, en las siguientes figuras (desde 11 hasta 17) se muestra el modelo que mostrará la ejecución correcta del ejercicio de rehabilitación. Con esta pose, se iniciará cada ciclo de ejercicios.

Figura 11.
Avatar 3D (Modelo 3D). Pose inicial



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 12.
Avatar 3D (Modelo 3D). Posición inicial, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 13.
Avatar 3D (Modelo 3D). Posición inicial, vista lateral



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 14.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación de brazo 90 grados, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 15.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 90 grados, vista lateral.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 16.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 180 grados, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 17.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 180 grados, vista lateral.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Exportar las gráficas:

Una vez que las imágenes fueron optimizadas en textura y materiales, se exportaron y convirtieron en activos prefabricados (assets prefabs) y paquetes (paquets), de manera que pudieran ser importados dentro del proyecto posteriormente.

Tarea 2: Pistas de audio

Identificar y agrupar los elementos sonoros

Los elementos sonoros ofrecen estímulo sensorial, al igual que el resto de los componentes multimedia, por lo cual fue menester acondicionarlos de acuerdo al contexto de la interfaz consolidando un sistema de pistas de audio para ofrecer relajación al usuario. En ese respecto, los elementos seleccionados fueron: pistas de audio para el entorno, los botones y para recrear la correcta ejecución del ejercicio. En consecuencia, una vez identificado y seleccionado estos elementos, fueron agrupados para luego ser importados dentro del proyecto.

Tarea 3: Interfaz de Usuario

Identificar y acondicionar elementos

Luego del diseño de los mockups de las interfaces de usuario, se precisó cada componente que le dará vida a las escenas considerando para ello: inmersión, calidad, iluminación, entre otros. Estos elementos tienen un carácter amigable, donde el usuario se recrea mientras desarrolla el ejercicio.

Maquetado de interfaces de usuario

En este punto, se maquetaron las escenas iniciales de la interfaz 3D ubicando los botones de interacción, mensajes, paneles y fondos, asimismo, se situaron los componentes dentro de la sala de rehabilitación precisando cada elemento en un lugar estratégico, ajustando sus dimensiones e iluminación y finalmente se ubicó el visualizador del sistema de puntos y salida de la aplicación.

Característica dinámica de juego – Movimientos:

Tarea 1: captura de movimientos

Desarrollo de código para inicializar el avatar del modelo 3D

Para reproducir los movimientos del usuario a través del modelo 3D, se implementó un avatar que cuenta con las 24 articulaciones (Joints) y que responde a los movimientos del usuario frente al Microsoft Kinect en modo espejo; en este particular, es importante que una vez se inicie la sesión de ejercicios este avatar se encuentre en estado inicial a la espera de reproducir las imágenes captura desde el periférico. Para lograr este objetivo, se codificó el script “SetSceneAvatars”, que indica la postura del avatar una vez iniciado el ejercicio y luego, a través del script “AvatarController”, se capturan las acciones del usuario a través del Kinect; estos scripts vienen incorporados en el Kinect para MS-SDK v2.

A continuación, en la siguiente figura se muestra el código que ejecuta esta acción:

Figura 18.
Código del script "SetSceneAvatar"

SetSceneAvatars.cs

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class SetSceneAvatars : MonoBehaviour
{

    void Start ()
    {
        KinectManager manager = KinectManager.Instance;

        if(manager)
        {
            manager.ClearKinectUsers();
            manager.Player1Avatars.Clear();

            AvatarController[] avatars = FindObjectsOfType(typeof(AvatarController)) as AvatarController[];

            foreach(AvatarController avatar in avatars)
            {
                manager.Player1Avatars.Add(avatar.gameObject);
            }

            manager.ResetAvatarControllers();

            // add available gesture listeners
            manager.gestureListeners.Clear();

            MonoBehaviour[] listeners = FindObjectsOfType(typeof(MonoBehaviour)) as MonoBehaviour[];

            foreach(MonoBehaviour listener in listeners)
            {
                if(typeof(KinectGestures.GestureListenerInterface).IsAssignableFrom(listener.GetType()))
                {
                    KinectGestures.GestureListenerInterface gl = (KinectGestures.GestureListenerInterface)listener;
                    manager.gestureListeners.Add(gl);
                }
            }

        }
    }

}
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Desarrollo de código para captura y transferencia de movimientos

Una vez desarrollado el código que inicializa el avatar (modelo 3D), se acondicionó el script "AvatarController", es el componente que transfiere el movimiento capturado por el Kinect desde el usuario hacia el avatar. Debido al tamaño de la librería "AvatarController", esta no se mostrará en el capítulo.

Pruebas unitarias de código

Finalmente, el despliegue de las pruebas unitarias evaluó las funcionalidades de los scripts, para inicializar al avatar del modelo 3D y transferir los movimientos exactos desde el Kinect hasta las articulaciones del modelo 3D.

Característica dinámica de juego – Generación:

Tarea 2: Mecánica de juego:

Desarrollo de código para la mecánica de juego

Para la mecánica de juego se acondicionó el script "SimpleGestureListener", encargado de recibir el movimiento capturado por el Kinect; éste evalúa y define, a través de un sistema de logros basado en la acumulación de puntos, la calificación si el ejercicio fue bien ejecutado, finalmente, reproduce una pista de sonido (aplausos). Este script, no solo evalúa y asigna puntos a la ejecución del ejercicio, sino también, reinicia el ejercicio para ser ejecutado por el otro miembro comprometido de ser necesario. A continuación, en las siguientes figuras (19, 20, 21) se muestra el código creado dentro del script para evaluar el ejercicio, generar un efecto sonoro luego de la correcta ejecución, incrementar los puntos y reiniciar el ejercicio.

Figura 19.
Código del script "SimpleGestureListener"

SimpleGestureListener.cs

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.UI;
using UnityEngine.SceneManagement;
using System;

public class SimpleGestureListener : MonoBehaviour, KinectGestures.GestureListenerInterface
{
    // TExto donde aparece el textop que pertenece a los gestos detectados.
    public GUIText GestureInfo;
    public Text scoreText;
    public AudioSource gestureAudio;
    public Image exerciseImage;
    public string room;
    // Variable booleanas para identificar los movimientos
    private bool progressDisplayed;
    private bool swipeLeft;
    private bool swipeRight;
    int score=0;
    int exercise=1;
    //exerciseImage = GameObject.Find("Exercise").GetComponent<Image>();
    public bool IsSwipeLeft()
    {
        if(swipeLeft)
        {
            swipeLeft = false;
            return true;
        }

        return false;
    }

    public bool IsSwipeRight()
    {
        if(swipeRight)
        {
            swipeRight = false;
            return true;
        }

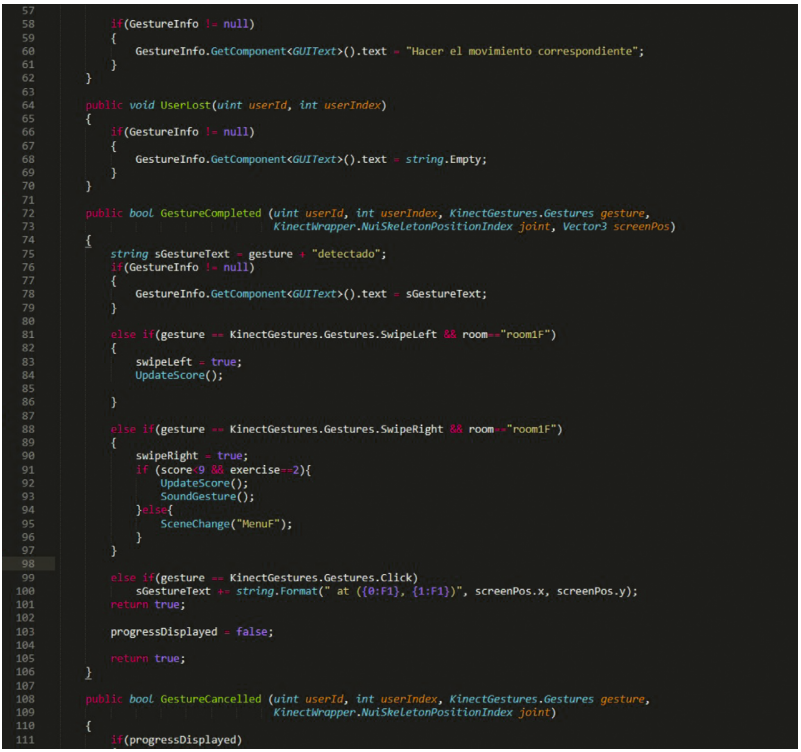
        return false;
    }

    public void UserDetected(uint userId, int userIndex)
    {
        // as an example - detect these user specific gestures
        KinectManager manager = KinectManager.Instance;

        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Jump);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Squat);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeLeft);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeRight);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Wave);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Pull);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeUp);
        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeDown);
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 20.
Código del script "SimpleGestureListener". Continuación



```
57
58          if(GestureInfo != null)
59          {
60              GestureInfo.GetComponent<GUIText>().text = "Hacer el movimiento correspondiente";
61          }
62      }
63
64      public void UserLost(uint userId, int userIndex)
65      {
66          if(GestureInfo != null)
67          {
68              GestureInfo.GetComponent<GUIText>().text = string.Empty;
69          }
70      }
71
72      public bool GestureCompleted (uint userId, int userIndex, KinectGestures.Gestures gesture,
73                                    KinectWrapper.NuiSkeletonPositionIndex joint, Vector3 screenPos)
74      {
75          string sGestureText = gesture + "detectado";
76          if(GestureInfo != null)
77          {
78              GestureInfo.GetComponent<GUIText>().text = sGestureText;
79          }
80
81          else if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeLeft && room=="room1F")
82          {
83              swipeLeft = true;
84              UpdateScore();
85
86          }
87
88          else if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeRight && room=="room1F")
89          {
90              swipeRight = true;
91              if (score>9 && exercise==2){
92                  UpdateScore();
93                  SoundGesture();
94              }else{
95                  SceneChange("MenuF");
96              }
97          }
98
99          else if(gesture == KinectGestures.Gestures.Click)
100             sGestureText += string.Format(" at ({0:F1}, {1:F1})", screenPos.x, screenPos.y);
101         return true;
102
103         progressDisplayed = false;
104
105         return true;
106     }
107
108     public bool GestureCancelled (uint userId, int userIndex, KinectGestures.Gestures gesture,
109                                   KinectWrapper.NuiSkeletonPositionIndex joint)
110     {
111         if(progressDisplayed)
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 21.
Código del script "SimpleGestureListener". Continuación



```
112         {
113             // clear the progress info
114             if(GestureInfo != null)
115                 GestureInfo.GetComponent<GUIText>().text = String.Empty;
116
117             progressDisplayed = false;
118         }
119
120         return true;
121     }
122     public void UpdateScore()
123     {
124         SoundGesture();
125         score++;
126         scoreText.text=score.ToString();
127         if(score>9 && exercise<=1)
128         {
129             score=0;
130             scoreText.text=score.ToString();
131             ChangeExercise();
132             UpdateExercise();
133         }
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 21.
Código del script "SimpleGestureListener". Continuación

```
    }
    public void SoundGesture()
    {
        gestureAudio.Play();
    }
    public void UpdateExercise()
    {
        exerciseImage.material=Resources.Load<Material>("Materials/Logo");
    }
    public void ChangeExercise()
    {
        exercise++;
    }
    public void SceneChange(string scene)
    {
        SceneManager.LoadScene(scene);
    }
}
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Pruebas unitarias de código

En este apartado, se validó por consola que no existieran errores o advertencias desde el modelo prototipado y de errores al momento de incorporar el avatar.

Característica dinámica de juego – Interacción:

Tarea 1: interacción a través del cursor.

Desarrollo de código para captura de movimientos del cursor y ejecución de acción.

Para lograr esta interacción, se creó un objeto de juego (GameObject) que tiene asociada una gráfica de tipo cursor, la cual será utilizada por el script llamado "ChangeSceneScript", encargado de dirigirse a la escena seleccionada una vez accionado cada botón. Este apuntador, solo se encarga de generar la navegabilidad por toda la interfaz 3D, es decir, estará incorporado en todas las escenas debido a que todas tienen botones de navegación; con solo colocarse de manera sostenida por dos segundos, se activa la acción de cada botón. A continuación, en la siguiente figura se muestra el código que ejecuta la acción:

Figura 20.
Código del script "ChangeSceneScript"

ChangeSceneScript.cs

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class ChangeSceneScript : MonoBehaviour
{
    public void SceneChange(string scene)
    {
        Debug.Log("Hello");
        SceneManager.LoadScene(scene);
    }
    public void Message(string text)
    {
        Debug.Log(text);
    }

}
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

3.2 Iteración II: integración

Planificación de la iteración

Esta característica procura la integración de todos los componentes diseñados con antelación. Es aquí, donde se importan todas las escenas, gráficas acondicionadas, efectos y códigos de movimiento, mecánica, interacción e instanciación del Kinect. Finalmente, se procede con las pruebas de integración y despliegue para validar que todas las funcionalidades de la interfaz estén correctas.

Desarrollo de características

Una vez maquetadas las escenas, se integraron todas las imágenes y efectos, se acondicionó la iluminación dentro de los espacios y se insertaron los códigos que generan las funcionalidades de la interfaz, una vez finalizado este paso, se instanció el "KineckManager" a fin de iniciar las pruebas de funcionalidad de todo el sistema y validar que todos los objetivos estén cubiertos.

Característica: integración de gráficas, interfaz de usuario, sonido y dinámicas

Tarea 1: integración de todos los activos del proyecto

Importar las interfaces de usuario:

En este punto, se integraron las escenas e interfaces de usuario que guardan relación con toda la dinámica de juego, haciendo correcciones en la iluminación y cámara.

Importar y acondicionar las gráficas y el modelo 3D

Para lograr esta tarea, se importaron todas las imágenes acondicionadas dentro del proyecto, de acuerdo al contexto del desarrollo narrativo, estas imágenes hacen alusión a todo el entorno desplegado de jugabilidad. Una vez integradas las imágenes dentro de cada escena del proyecto, se hicieron los retoques finales para conseguir un desarrollo narrativo totalmente integrado.

Importar y acondicionar los elementos sonoros al proyecto

Una vez seleccionadas las pistas de audio, se integraron al proyecto para complementar la dinámica de juego. Se acoplaron los efectos para los botones de navegación, pistas iniciales de audio para ambientar las escenas y efectos para informar la correcta ejecución de los ejercicios.

Integrar las dinámicas:

En este paso, se integró el modelo 3D dentro de la escena de jugabilidad. Es aquí donde se incorporaron los scripts acondicionados para la captura de movimiento del modelo 3D, se integró la mecánica de juego y la mecánica de interacción de todo el proyecto.

Característica: integración de comunicación: Kinect.

Tarea 1: Integrar librería de Kinect Manager

Integrar la librería KinectManager al proyecto.

Para lograr integrar la librería KinectManager al proyecto, se instanció la librería "KinectManager" que captura los movimientos del usuario y los convierte en acciones del cursor y del modelo 3D. A continuación, en la siguiente figura se muestra cada una de las escenas del proyecto:

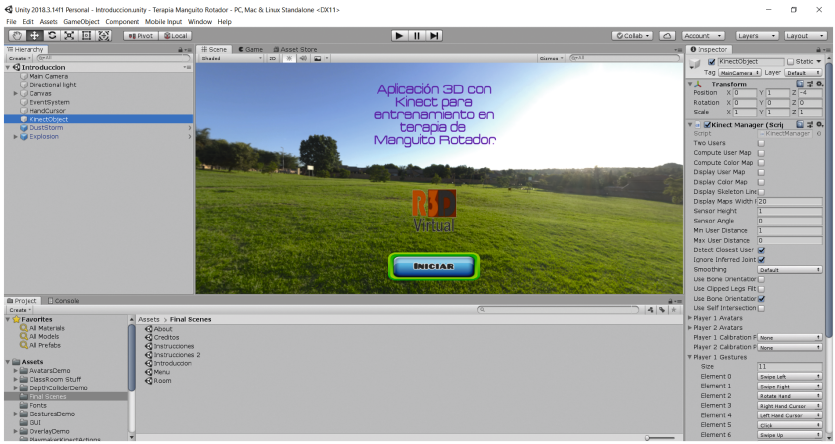
Figura 21.
Escena "Introducción".



Fuente: Elaboración propia (2019)

La escena "Introducción" (Figura 21) es la primera escena dentro de la interfaz, en ella se despliega el título acerca de la terapia, el signo distintivo que representa al proyecto de investigación y una pista de audio instrumental para establecer un clima de relajación y un preámbulo al menú principal del software. En la figura 22, se muestra el entorno de desarrollo Unity 3D y la instanciación del "KinecthManager" para gestionar la dinámica general de juego.

Figura 22. No hay llamado a esta figura
Escena "Introducción"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Seguidamente se muestra la escena "Menú" (Figura 23), donde el usuario dispondrá de una serie de botones que, a través del movimiento de la mano efectuado frente al dispositivo Kinect, replicará el movimiento del cursor dentro de la interfaz. Estos botones le harán disponer al usuario de un conjunto de opciones tales como: Instrucciones, Créditos, Acerca de, Iniciar el RVT y Salir de la interfaz.

Figura 23.
Escena "Menú"



Fuente: Elaboración propia (2019)

En las siguientes figuras (24 y 25) se muestran las escenas de "Instrucciones" donde el usuario conocerá la dinámica y mecánica de juego de la interfaz. En la segunda escena (Figura 25), se le explica al usuario la correcta ejecución del entrenamiento con el fin de acumular puntos producto de su desempeño.

Figura 24.
Escena "Instrucciones"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 25.
Escena "Instrucciones2"



Fuente: Elaboración propia (2019)

A continuación, en la siguiente figura se muestra la escena (Figura 26) donde se exponen los "Créditos" de la interfaz, es decir, el director del proyecto y desarrolladores de la interfaz.

Figura 26.
Escena "Créditos"



Fuente: Elaboración propia (2019)

En la escena "Acerca de" (Figura 27.), se explica cuál es la utilidad de la aplicación desde una visión teórica para ilustrar al usuario acerca de las ventajas del ejercicio.

Figura 27.
Escena "Acerca de"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Finalmente, en la escena "Entorno virtual reactivo" (Figura 28) el usuario ejecuta el ejercicio de manguito rotador, asimismo, se visualizan objetos decorativos con el objetivo de ambientar la habitación. En cada ciclo de terapia, se deben ejecutar 10 repeticiones de forma correcta.

Figura 28.
Escena "Entorno virtual reactivo"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Pruebas de integración.

Las pruebas de integración y despliegue ejecutadas sobre la interfaz 3D verificaron el correcto ensamblaje de cada uno de los componentes y funcionalidades, previsto desde los objetivos del proyecto, esto, luego de la ejecución de pruebas unitarias en las tareas anteriores.

En este punto, dentro del desarrollo de la interfaz, se generó el incremento del producto Alfa (feature complete), este provee una versión jugable de la interfaz 3D que será optimizada en la siguiente fase Beta.

Fase Beta. Iteración

Una vez finalizada la primera versión jugable de la interfaz (Feature Complete), el software entró en la etapa denominada "congelación de código" (Code Freeze), donde se hizo la verificación completa de la interfaz 3D en búsqueda de posibles bugs o errores de funcionalidad no encontrados en las actividades anteriores. Posteriormente, se llevaron a cabo nuevas pruebas unitarias, de integración y despliegue de la aplicación, considerando que en esta etapa no se desarrollaron nuevas funcionalidades, esto concluyo en la versión Beta (Content Complete).

Conclusiones

Luego de la revisión de los resultados expuestos acerca del desarrollo de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, se puede constatar el aporte científico-tecnológico que este tipo de herramientas novedosas aportan a la población con discapacidad motriz, mejorando su calidad de vida con alta pertinencia inclusiva desde la perspectiva social y laboral.

De otro lado, existen en la actualidad un cúmulo significativo de aplicaciones que versan sobre la automatización y despliegue de alternativas tecnológicas orientadas hacia el entrenamiento y desarrollo de ciclos de rehabilitación con lúdica, que vinculan a este último sobre un tema de carácter global como lo es la inclusión. Es por ello, que el despliegue de nuevas alternativas para contrarrestar los efectos negativos de la discapacidad como son la falta motivación, de estímulo e independencia, altos costos financieros asociados, entre otros, resulta una alternativa fiable agregando una dimensión social más pertinente sobre los escenarios contractuales.

En adición a lo anterior, las pruebas funcionales llevadas a cabo para evaluar la correcta ejecución del entrenamiento y por ende, la entrega de valor al usuario, confirman la apropiación de esta tecnología en el día a día del discapacitado, pues, a través de la ejecución constante y correcta de cada ciclo de rehabilitación, se puede lograr una mejora parcial o total de la patología, incluso si esta es ejecutada desde el hogar. Finalmente, con este producto tecnológico se podrá desarrollar la ejercitación de miembros comprometidos por esta patología y entrever como a futuro esta alternativa brindará calidad de vida adecuada y sostenible a los mismos, acercándolos a una vida más digna.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación Nacional de La Fundación Universitaria Compensar – UCompensar. 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.

Fuentes de financiamiento

La institución financiadora es Fundación Universitaria Compensar – UCompensar bajo el Código del Proyecto SIGP/Código número PI242019.

Conflictos de interés

Los autores declaran expresamente no tener intereses en conflicto para el desarrollo de este producto resultado de investigación.

Bibliografía

Alimanova, M et al. (2017). Gamification of Hand Rehabilitation Process Using Virtual Reality Tools Using Leap Motion for hand rehabilitation. *First IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)*, (págs. 336-339). Taichung. doi:doi: 10.1109/IRC.2017.76.

Arias, L. (2006). *Investigación Científica.* . Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición.

Brooking, A. (1998). *Intellectual Capital.* Croatia: International Thomson Business Press. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=yxUP5ezSBKkC&oi=fnd&pg=PA5&dq=intellectual+capital&ots=17HPtDUttv&sig=bCRp87sullDFXJ6K5ZtlvlQ_DaE#v=onepage&q=intellectual%20capital&f=false

Bupa Global Latinoamérica. (05 de 2020). *bupasalud*. https://www.bupasalud.com/salud/lesiones-manguito-rotador

Chao, S.-P., Chiu, C.-Y., Yang, S.-N., y Lin, T.-G. (2004). Tai Chi synthesizer: a motion synthesis framework based on key-postures and motion instructions. *Computer Animation and Virtual Worlds, 15*, 259-268.

Chavez, N. (2007). *Introducción a la investigación educativa /por Nilda Chavez Alizo.* Gráfica González.

Cortés, A., Plaza, S., y Serrano, X. (2020). *Las Instituciones de Educación Superior desde una perspectiva de organización inteligente.* En Inteligencia Colectiva desde la gestión del conocimiento (págs. 25-42). Editoriales de la U.

Ellenbecker, T., y Cools, A. (2010). Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. *British Journal of Sports Medicine, 44*, 319-327. doi:http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2009.058875

Hernández Martínez, J., Rauch Gallardo, M., Rivas Coñapi, D., Asenio Flores, P., Asenio Paredes, C., y Solis Millaguin, M. (2018). Efectos del entrenamiento con Xbox Kinect sobre la movilidad funcional en adultos mayores. Una revisión breve. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 1-10. doi:https://doi.org/10.29035/rcaf.19.2.2

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación. 5ª edición.* Mc. Graw-Hill.

Janssen, J., Verschuren, O., Renger, W., Ermers, J., Ketelaar, M., y van Ee, R. (2017). Gamification in Physical Therapy: More Than Using Games. *Pediatric Physical Therapy*, 29(1):95–99.

Larkin, J., y Chabay, R. (1992). *Computer-assisted instruction and intelligent tutoring systems: shared goals and complementary approaches.* Hillsdale, New Jersey. USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Lin, J., Weintraub, N., y Aragaki, D. (2008). Nonsurgical Treatment for Rotator Cuff Injury in the Elderly. *Journal of the American Medical Directors Association, 9*(9), 626-632. doi:https://doi.org/10.1016/j.jamda.2008.05.003

Mayo Foundation for Medical Education and Research. (2020). *Mayoclinic*. Recuperado el 07 de 06 de 2020, de https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/rotator-cuff-injury/symptoms-causes/syc-20350225

Michael, D., y Chen, S. (2005). *Serious Games: Games that Educate, Train, and Inform.* USA: Course Technology Cengage Learning.

Molero, L., Batista, J., y Puente, M. (2019). Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educacion superior del estado zulia. *Consensus*, Santiago de chile, Chile.

Molero, L., Ospina, P., Ayala, E., y Lozano, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en kinect. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, y 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). Gaming, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, 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, 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, y A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica, Volumen VII.* Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Moreno, J., y Valencia, F. (2019). Las organizaciones y el impacto de las tecnologías emergentes. En La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional (págs. 13-32). Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Organización Mundial de la Salud OMS. (2011). *Disability.* Recuperado el 01 de 10 de 2020, de World report on disability: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70672/WHO_NMH_VIP_11.03_spa.pdf;jsessionid=DEC623E520648703B1C718C0420EAD6E?sequence=1

Ospina Rodríguez, P., Molero Suarez, L., Castiblanco Rosero, L., Batista De Abreu, J., y Ramírez Triana, 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., 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.

Pelekais, C., Finol, M, M., Neuman, N, N., y Belloso, O. (2007). *El ABC de la Investigación.Una aproximación teórico – práctica.* Maracaibo, Venezuela: Ediciones Astro Data S.A. Segunda Edición.

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

Pérez-Caballer, A., y De Pedro, J. (2004). *Patología del aparato Locomotor en Ciencias de la Salud.* España: Editorial Médica Panarericana.

Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la investigación.* Villlahermosa, México: Universidad Juárez Aotónoma de Tabasco.

Ruttkay, Z., Zwiers, J., van Welbergen, H., y Reidsma, D. (2006). Towards a Reactive Virtual Trainer. *International Workshop on Intelligent Virtual Agents*, 292-303.

Sandín, E. (2003). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones.* Madrid, España: Madrid. Mc Graw and Hill Interamericana de España.

Shafaei, S., y Rahmati, M. (2004). Physiotherapy Virtual Training by Computer Vision Approach. *Third International Workshop on Virtual Rehabilitation.* Obtenido de http://www.iwvr.org/2004/

Stewart, T. (1998). *Intellectual Capital. The new wealth of organizations.* USA: Crown Business.

Tobes, V., y Fernández, R. (2017). Uso de Kinect para el entrenamiento de actividades físicas (Tesis de pregrado). Madrid.

CAPÍTULO III

USABILIDAD DE INTERFAZ 3D CON KINECT PARA TERAPIAS DE MANGUITO ROTADOR EN PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Luis Guillermo Molero Suarez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Fundación Universitaria Compensar - UCompensar, lmolero@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4117-8273.

Jefferson Andrés Merchan Jiménez

Ingeniero de Software. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, jandresmerchan@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4117-8273.

Resumen

El presente capítulo tuvo como propósito evaluar la usabilidad de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. La metodología estuvo orientada bajo el paradigma cualitativo, a través de un estudio de caso de tipo transversal descriptiva con diseño de campo no experimental. Las categorías analizadas fueron: 1) Usabilidad de software de cara a cubrir las necesidades del cliente y 2) Discapacidad motriz como consecuencia de lesión en manguito rotador. La revisión científica referente a la usabilidad de la interfaz 3D permitió definir como instrumento de recolección de datos la prueba Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) de Brooke (1996) que consiste en medir, a través de un valor numérico único de entre 1 y 100, la usabilidad de la interfaz 3D en una muestra de cinco expertos en contenido y en rehabilitación, mostrando una puntuación de noventa y siete (97). Como conclusión se obtuvo, la eficaz funcionalidad de la interfaz 3D con Kinect como herramienta para el despliegue del entrenamiento en terapias de manguito rotador en personas con dicha discapacidad, esto desde un diagnóstico temprano de la afección, lo que permite generar espacios de inclusión que mejoren la calidad de vida del paciente con discapacidad motriz.

Palabras clave: discapacidad, interfaz 3D, Microsoft Kinect, usabilidad, UX

www.doi.org/10.47212/GamificacionIII2021.4

USABILITY OF 3D INTERFACE WITH KINECT FOR ROTATOR CUFF THERAPIES IN PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY

Abstract

The purpose of this chapter was to evaluate the usability of a 3D interface with Kinect for rotator cuff therapy in people with reduced mobility. The methodology was oriented under the qualitative paradigm through a descriptive cross-sectional case study with a non-experimental field design. The categories analyzed were: 1) Usability of software in order to meet customer needs and 2) Motor disability as a consequence of rotator cuff injury. The scientific review regarding the usability of the 3D interface made it possible to define as a data collection instrument the System Usability Scale (SUS) test by Brooke (1996), which allowed to measure through a single numerical value between 1 and 100 the usability of the 3D interface in a sample of five content and rehabilitation experts, showing a score of ninety-seven (97). As a conclusion, the effective functionality of the 3D interface with Kinect as a tool for the deployment of training in rotator cuff therapies was obtained in people with this disability, this, from an early diagnosis of the condition, which allows generating inclusion spaces that improve the quality of life of the patient with motor disability.

Keywords: 3D interface, disability, Microsoft Kinect, usability, UX

Introducción

La usabilidad es un indicador de calidad importante a la hora de evaluar las funcionalidades y aceptación de un software frente al usuario final, todo luego de su despliegue. Asimismo, precisa una razón preponderante que ofrece un referente de garantía acerca del éxito o fracaso de un desarrollo que se amplifica cuando éste es innovador. Desde esa perspectiva, sobresalen un número considerables de estudios, cuerpos de conocimiento y normativas de escala internacional, para estimar a través de coeficientes esta garantía de calidad susceptible de ser aplicada con el uso de múltiples artefactos; entre ellos, Brooke (1996), ISO/IEC 9241-11 (1998), ISO/IEC 9126-1 (2001), entre otros, que respaldan la teoría sobre la importancia de la satisfacción del cliente en términos de eficiencia, eficacia y efectividad del producto de software.

A tales efectos, desconocer este hito dentro del proceso post desarrollo pondría en sumo riesgo el éxito de todo el proyecto, dado que se estaría subestimando la participación del usuario para generar valor desde la solución, elemento que aumenta cuando se pretende incorporar una herramienta innovadora que rompe todo lo convencional precipitando esta garantía producto de su funcionalidad. En consecuencia, es de vital importancia evaluar la usabilidad para delimitar espacialmente las capacidades de una nueva implementación, tal y como lo describe Molero et al., (2019) en su investigación.

Ante lo expuesto, es de carácter especial, y como propósito de la investigación, evaluar la usabilidad de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida considerando las normativas internacionales existentes a la fecha, en aras de proporcionar herramientas que mejoren indiscutiblemente la calidad de vida de personas con movilidad reducida producto de esta discapacidad.

Fundamentación teórica

Usabilidad de software de cara a cubrir las necesidades del cliente

El valor de un producto de software está atado a la necesidad de generar valor en los entornos productivos del usuario, mismo que es un atributo de calidad determinante a ser considerado a la hora del desarrollo de una alternativa tecnológica y por otro lado, fija una posición concreta en el despliegue de cara a su satisfacción (ISO/IEC 9241-11, 1998). Un ápice de este indicador de calidad corresponde a la usabilidad que permite mesurar el impacto de un nuevo producto desde la óptica del usuario, de manera de aplicar asertivamente las correcciones necesarias para lograr cubrir una necesidad específica desde el aspecto operativo.

Entre tanto, Dumas y Redish (1999) refieren que para desarrollar una pieza de software es necesario trabajar de la mano del usuario o usuarios potenciales, quienes validarán si el producto final permitirá cumplir con sus propias actividades. En ese respecto, los autores señalan que: a) el significado de la usabilidad remite enfocarse en el usuario, b) los usuarios finales harán uso del producto para ser productivos c) el usuario finalmente es quien decide si un software es productivo. Por otra parte, Feuersenger et al., (2020) refieren lo imperativo de la facilidad de uso como generador de valor dentro del proceso de desarrollo de software, que permite forjar un elemento diferenciador orientado desde el momento del diseño, debido a que incluye las necesidades de sus clientes potenciales. Finalmente, existe un grupo importante de normativa internacional que discurren sobre esta materia tales como ISO/IEC 9241-11 (1998), ISO/IEC 25001 (2014), ISO/IEC 2502n (2014), ISO/IEC 2503n (2014), ISO 13407 (1999), ISO/IEC 14598-1 (1999), y los derivados de ISO/IEC: WUEP, Mplus+a, WebQEM, WQM, QUIN, entre otros.

A tales efectos, es de mucha importancia contextualizar, a través de los constructos teóricos, el objetivo del estudio que concierne a evaluar la facilidad de uso de una interfaz 3D con Kinect, para terapias de manguito rotador en usuarios con movilidad reducida, dado que el coeficiente resultante cuantificará la entrega de valor en la implementación del aplicativo.

Por otra parte, para Nielsen (citado por Molero et al., 2019), quien ha sido un gran exponente en esta materia, refiere que este coeficiente se utiliza de forma holística sobre una solución de software, por lo cual, es el usuario quien determina el valor final del producto, en consecuencia, resulta necesario desplegar ensayos de calidad para fijar el coeficiente de usabilidad del software y por consiguiente, generar valor de cara al usuario.

Asimismo, es privativo circunscribir a cada usuario en un dominio de software en particular para desplegar pruebas de calidad efectivas, debido a que hacer una acción contraria conllevaría a obtener resultados poco confiables. En adición, es pertinente para este tipo de pruebas seleccionar un número de evaluadores preciso, a lo cual, en consideración a las evidencias científicas que versan sobre el particular, debe ser un número entre tres y cinco. En ese orden, existen en la actualidad varios métodos para ejecutar pruebas de usabilidad que permiten analizar y validar la interacción usuario – software, entre los cuales se encuentran, la prueba Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), por consiguiente, basado en evidencias científicas sobre la eficacia de estos instrumentos de recolección de información, se hará uso de este cuestionario de Brooke, 1996 sobre tres expertos en el dominio del software y dos de rehabilitación.

Discapacidad motriz como consecuencia de lesión en manguito rotador

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) define a la discapacidad motriz como aquella que sobreviene debido a la carencia temporal o permanente de movimiento del cuerpo, que compromete la autonomía de una persona (OMS, 2001). Por su parte, López et al., (2016), refieren a la discapacidad física como "cualquier restricción o falta de capacidad (como consecuencia de una deficiencia física) para llevar a cabo una actividad de la manera o el nivel considerado normal para un individuo en su situación sociocultural específica" (p.101). En consecuencia, este tipo de discapacidad puede ser ocasionada por eventos traumáticos o atraumáticos; desde la gestación hasta accidentes que desmejoran la condición física del individuo, mermando su calidad de vida, independencia, entre otros (Molero et al., 2019).

Derivado de los constructos anteriores, el síndrome subacromial conocido como el hombro doloroso, incluye todas las patologías que se producen en el espacio subacromial del hombro, lo que conlleva a procesos inflamatorios y degenerativos producto de la tendinitis del manguito rotador, la bursitis subacromiales y desgarros o roturas del manguito rotador, por lo cual, la no identificación y/o tratamiento de este tipo de patología podría desencadenar en una discapacidad temporal o permanente del miembro afectado, dejando al paciente con una incapacidad que puede derivar en la ejecución de métodos invasivos como la intervención quirúrgica, para darle solución efectiva a la discapacidad. Por su parte, Pérez y De Pedro (2004) reseñan que el manguito rotador ocupa una estructura músculo tendinosa ubicada en la región subacromial del hombro, con inserción en el extremo proximal del húmero y está constituido de los tendones supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y supraescapular.

Metodología

El presente estudio se basó en el paradigma cualitativo, a lo cual Báez y de Tudela (2007) refieren que:

> en la metodología cualitativa el investigador adopta una actitud empática; trata de situarse en el lugar de sus informantes y establecer el marco de referencia desde el que hablan sus interlocutores, les presta una atención consciente y deliberada para comprender mejor y realiza deducciones por analogía. Para lograrlo, debe dejar en suspenso sus propios prejuicios, puntos de vista y certezas. (p. 48).

Asimismo, la presente investigación es un estudio de caso, ya que ensaya a profundidad un fenómeno mismo que puede ser un objeto, persona, entro otros (Gerring, 2004). Por consiguiente, el presente estudio pretendió evaluar la usabilidad de una interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida a través del cuestionario de SUS.

Seguidamente, el estudio se fijó dentro del tipo transeccional descriptivo que, según Chávez (2007), es el que está orientado a recolectar información relacionada directamente con el estado actual del objeto de estudio, evaluando las particularidades identificadas dentro de la investigación, por lo cual, con este estudio se intentó documentar, en un momento específico, la usabilidad de pacientes con discapacidad motriz producto del manguito

rotador a través de una interfaz 3D con Kinect, así pues, esta experiencia, fue medida con el cuestionario SUS que a través de la escala Likert empleada para respuestas de cinco niveles, generó un único coeficiente para distinguir el nivel de usabilidad de la interfaz.

Por otro lado, el estudio se fijó como un diseño de campo, ya que según Tamayo (2003) en este tipo de investigación:

> los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios, su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. (p. 110)

En ese sentido, la investigación intenta alcanzar una representación minuciosa del problema esbozado, a través de un cuestionario en el sector objeto de estudio representando de forma directa hechos extraídos de la realidad del lugar, mediante fuentes referenciales de primera mano.

En otro respecto, el estudio es un diseño no experimental, en virtud de que no se manipularon las variables objeto de estudio de forma deliberada (Hernández et al., 2014), es decir, no se varió de forma intencional las variables independientes (Toro y Parra, 2006), en consecuencia, el presente estudio es no experimental, ya que en ella no se manipuló las variables usabilidad e interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador, ni tampoco los efectos de estas variables sobre los pacientes con discapacidad motriz.

Finalmente, la prueba SUS desarrollada por Brooke (1996) se aplicó a una muestra de tres especialistas en el dominio de software y dos pacientes producto del manguito rotador, quienes a través de la escala de Likert de cinco niveles pudieron condensar un indicador (coeficiente) de calidad, posterior a la evaluación de las funcionalidades de la interfaz 3D con Kinect. A tales efectos, el sistema de puntuación de esta prueba se caracteriza por los siguientes elementos:

- SUS produce un solo número que representa una medida compuesta de la usabilidad general del sistema que se está estudiando.
- Tenga en cuenta que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí mismas.
- Para calcular el puntaje del SUS, primero sume las contribuciones de puntaje de cada elemento. La contribución de puntaje de cada ítem variará de 0 a 4.
- Para los ítems 1,3,5,7 y 9, el aporte de puntaje es la posición de escala menos 1.
- Para los ítems 2,4,6,8 y 10, el aporte es 5 menos la posición de la escala.
- Multiplique la suma de los puntajes por 2.5 para obtener el valor general de SUS.
- Los puntajes del SUS tienen un rango de 0 a 100.

Es así, como el coeficiente resultante de la aplicación de este instrumento deriva de: usabilidad de la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador, complejidad de la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador, asistencia de un experto, funcionalidad, consistencia de la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador y confianza en el uso de la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador.

Resultados

A continuación, se muestra el despliegue de la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. Este software, opera en computadoras de escritorio con sistema operativo Windows 10 o Macintosh y el escáner corporal Microsoft Kinect. Esta interfaz, permite a través de la captura de movimientos del usuario (paciente) evaluar la correcta ejecución del ciclo de fisioterapia y, en consecuencia, establecer una mecánica de logros basada en puntos para recompensar la correcta ejecución del ejercicio. Finalmente, con el correcto desarrollo del ejercicio de rehabilitación se puede ostentar una mejora parcial o total de la discapacidad producto del manguito rotador, logrando mayor independencia y calidad de vida.

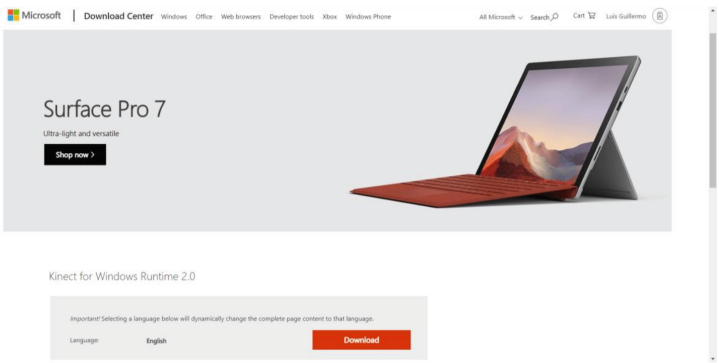
Seguidamente, será mostrada la dinámica contentiva de la aplicación, logrando contextualizar sus funcionalidades y posterior a ello, los resultados de la aplicación de la prueba SUS en los cinco especialistas en los dominios de software y discapacidad.

Instalación del dispositivo periférico Microsoft Kinect

Como primer paso, es necesario la instalación del periférico Microsoft Kinect (Figura 2) para lo cual el usuario debe asegurarse de contar con los controladores de software correspondientes, estos pueden encontrarse en la siguiente dirección de internet (Figura 1):

https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44559

Figura 1.
Página oficial de Microsoft para descarga de los controladores de Microsoft Kinect



Fuente: https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44559

Seguidamente, una vez descargado los controladores del periférico, éste debe conectarse correctamente a la alimentación de energía y posteriormente al computador a través del puerto USB.

Figura 2.
Microsoft Kinect

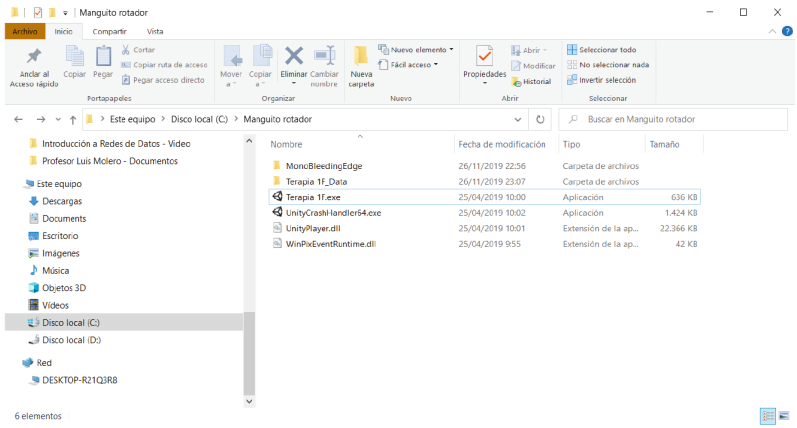


Fuente: https://www.windowsnoticias.com/microsoft-deja-fabricar-adaptador-kinect/

Para una correcta funcionalidad y captura de movimiento, el Microsoft Kinect debe estar como mínimo a un metro y medio de altura sobre el piso y a una distancia del usuario de 2 a 3 metros.

Posteriormente, una vez instalado el Microsoft Kinect, se procede a instalar la interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, para lo cual, se copia el aplicativo en el directorio raíz de su disco duro local, tal y como se muestra en la figura 3:

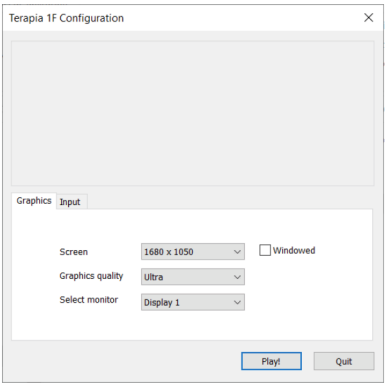
Figura 3.
Vista del explorador de Windows



Fuente: Elaboración propia (2019)

Como paso seguido, se hace doble clic en el archivo llamado “Terapia 1F” y se presiona el botón “Play!”, como se muestra en la figura 4:

Figura 4.
Ejecución de la Interfaz 3D



Fuente: Elaboración propia (2019)

Una vez haya iniciado la aplicación, se mostrará la escena "Introducción" donde en ella se despliega el título acerca de la terapia, el signo distintivo que representa al proyecto de investigación y una pista de audio instrumental para establecer un clima de relajación y un preámbulo al menú principal del software, tal y como se muestra en la figura 5:

Figura 5.
Escena "Introducción"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Al presionar el botón "Iniciar", se despliega la escena "Menú", es aquí donde el usuario dispondrá de una serie de botones que, a través del movimiento de la mano efectuados frente al dispositivo Kinect, replicará el movimiento del cursor dentro de la interfaz. Estos botones le harán disponer al usuario de un conjunto de opciones tales como: Instrucciones, Créditos, Acerca de, Iniciar y salir de la interfaz, tal y como se muestran en la figura 6:

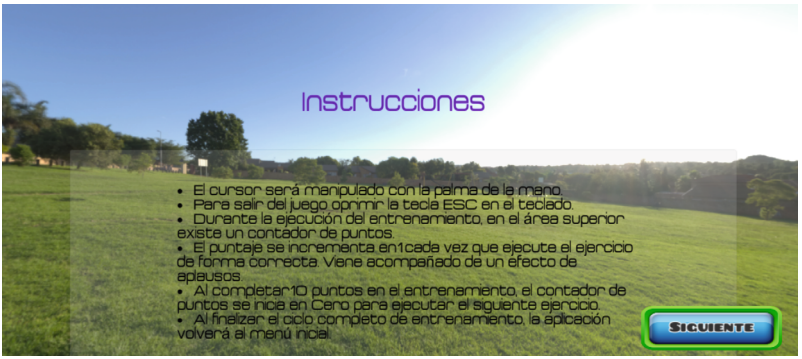
Figura 6.
Escena "Menú"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Posteriormente, al hacer clic sobre el botón "Instrucciones" el usuario conocerá la dinámica y mecánica de juego de la interfaz tal y como se muestra en la figura 7:

Figura 7.
Escena "Instrucciones"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Asimismo, una vez el usuario haga clic sobre el botón "Siguiente" se mostrará la escena "Instrucciones2" (Figura 8). En esta escena, se le explica al usuario la correcta ejecución del entrenamiento con el fin de poder acumular y ejecutar correctamente el ejercicio.

Figura 8.
Escena "Instrucciones2"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Posteriormente, se definen los movimientos correctos que provee el avatar de la escena "Intrucciones2", a fin de poder ejecutar de forma correcta el ciclo de fisioterapia. Estos movimientos se recrean en las figuras 9 hasta la 15:

Figura 9.
Avatar 3D (Modelo 3D). Pose inicial



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 10.
Avatar 3D (Modelo 3D). Posición inicial, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 11.
Avatar 3D (Modelo 3D). Posición inicial, vista lateral



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 12.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación de brazo 90 grados, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 13.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 90 grados, vista lateral.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 14.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 180 grados, vista frontal.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Figura 15.
Avatar 3D (Modelo 3D). Elevación a 180 grados, vista lateral.



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Seguidamente, se muestra la escena (Figura 16) donde se exponen los "Créditos" de la interfaz, es decir, el director de proyecto los y desarrolladores de la interfaz.

Figura 16.
Escena "Créditos"



Fuente: Elaboración propia (2019)

En la escena "Acerca de" (Figura 17), se explica cuál es la utilidad de la aplicación desde una visión teórica para ilustrar al usuario acerca de las ventajas del ejercicio.

Figura 17.
Escena "Acerca de"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Finalmente, En la escena "Entorno virtual reactivo" (Figura 18) el usuario ejecuta el ejercicio de manguito rotador, asimismo, se visualizan objetos decorativos con el objetivo de ambientar la habitación. Cada terapia tendrá 10 repeticiones. Para conseguir la acumulación de puntos, el paciente debe ejecutar de forma correcta el ejercicio, logrando obtener un máximo de 10 puntos, es cuando el ejercicio iniciará de nuevo para conseguir realizar el ciclo nuevamente, en el caso de que no se requiera de nuevo la ejecución, se presiona la tecla "Escape" y eyectará la aplicación.

Figura 18.
Escena "Entorno virtual reactivo"



Fuente: Elaboración propia (2019)

Ejecución de la prueba SUS

Una vez expuesta las funcionalidades de la Interfaz 3D con Kinect, y para efectos del presente estudio, que busca evaluar la usabilidad de este aplicativo para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, se exhibirán los resultados procedentes de la prueba SUS aplicada a tres expertos en software y dos pacientes con movilidad reducida producto del manguito rotador, lo que llevó a establecer el coeficiente de SUS sobre este indicador de calidad.

A continuación, se presenta una muestra del cuestionario aplicado a los expertos:

Por favor responda las siguientes preguntas entre 1 y 5, siendo 1 total desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo:

1	Creo que usaría esta Interfaz 3D frecuentemente R: _____
2	Encuentro esta Interfaz 3D innecesariamente compleja. R: _____
3	Creo que esta Interfaz 3D fue fácil de usar. R:_____
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta Interfaz 3D. R: _____
5	Las funciones de esta Interfaz 3D están bien integradas. R: _____
6	Creo que esta Interfaz 3D es muy inconsistente. R: _____
7	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta Interfaz 3D en forma muy rápida. R:_____
8	Encuentro que esta Interfaz 3D es muy difícil de usar. R: _____
9	Me siento confiado al usar esta Interfaz 3D. R: _____
10	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta Interfaz 3D. R:_____

Fuente: Elaboración propia (2019)

Es de carácter especial para la investigación, distinguir lo oportuno en la correcta selección de los expertos, quienes desde sus dominios y amplia experticia en el área de software y como pacientes de esta discapacidad, afectarán notoriamente los posibles resultados en la evaluación de las funcionalidades de la Interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. Por consiguiente, una vez finalizada la aplicación del instrumento se procedió a calcular el coeficiente de calidad para determinar el grado de usabilidad de la aplicación. En la siguiente tabla, se muestran los resultados de la prueba SUS.

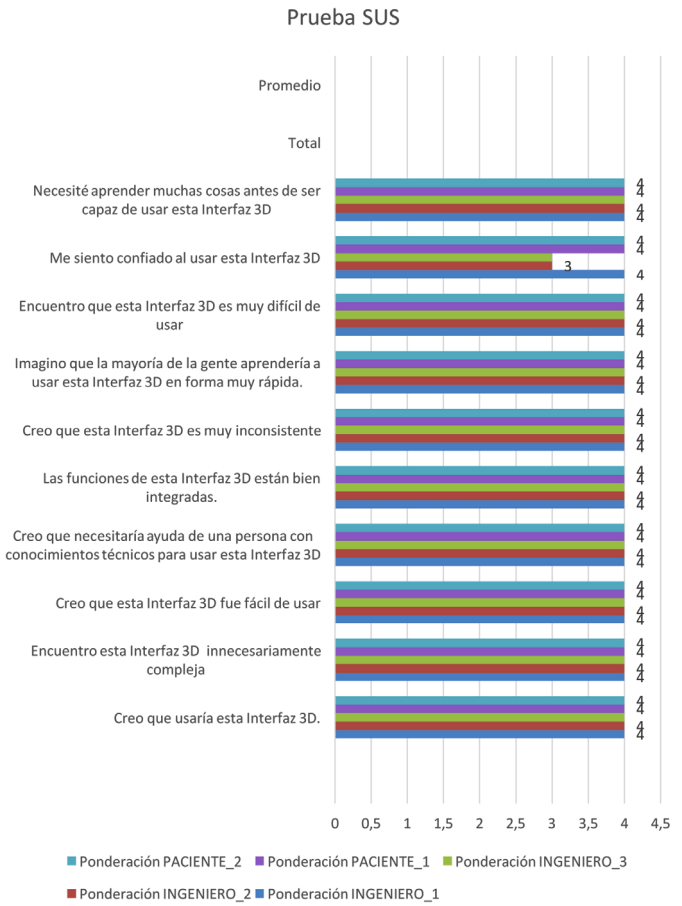
Tabla 1.
Resultados prueba SUS

#	Pregunta	INGENIERO 1					Ponderación INGENIERO_1	INGENIERO 2					Ponderación INGENIERO_2	INGENIERO 3					Ponderación INGENIERO_3	PACIENTE 1					Ponderación PACIENTE_1	PACIENTE 2					Ponderación PACIENTE_2
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
1	Creo que usaría esta Interfaz 3D.					x	4					x	4					x	4					x	4					x	4
2	Encuentro esta Interfaz 3D innecesariamente compleja	x					4	x					4	x					4	x					4	x					4
3	Creo que esta Interfaz 3D fue fácil de usar					x	4					x	4					x	4					x	4					x	4
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta Interfaz 3D	x					4	x					4	x					4	x					4	x					4
5	Las funciones de esta Interfaz 3D están bien integradas.					x	4					x	4					x	4					x	4					x	4
6	Creo que esta Interfaz 3D es muy inconsistente	x					4	x					4	x					4	x					4	x					4
7	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta Interfaz 3D en forma muy rápida.					x	4					x	4					x	4					x	4					x	4
8	Encuentro que esta Interfaz 3D es muy difícil de usar	x					4	x					4	x					4	x					4	x					4
9	Me siento confiado al usar esta Interfaz 3D					x	4				x		3				x		3					x	4					x	4
10	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta Interfaz 3D	x					4	x					4	x					4	x					4	x					4
	Total						100						87,5						97,5						100						100
	Promedio						**97,00**																								

Fuente: Elaboración propia (2019)

A continuación, en la figura 19 se muestra el gráfico correspondiente a cada pregunta formulada

Figura 19.
Ponderación a cada pregunta formulada



Fuente: Elaboración propia (2019)

De acuerdo al valor resultante que reflejó la prueba SUS en cada experto y paciente, se puede evidenciar un coeficiente positivo en relación a la evaluación de las funcionalidades de la Interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida. Este coeficiente, totalizó un valor de 97, logrando alcanzar el propósito de la investigación, sin embargo, es de especial interés concentrar los esfuerzos en aumentar el indicador referente a la pregunta 9 “Me siento confiado al usar esta interfaz 3D” cuyo valor no obtuvo la máxima calificación de 4 puntos por lo cual es imperativo realizar los ajustes pertinentes y robustecer ese segmento del sistema.

Conclusiones

El estudio logró obtener resultados positivos acerca de la usabilidad como indicador de calidad de software ante el despliegue de esta novedosa tecnología en rehabilitación, cumpliendo así con su propósito de evaluar la usabilidad de interfaz 3D con Kinect para terapias de manguito rotador en personas con movilidad reducida, alcanzando, a través de esta medición, un único coeficiente que valida lo antes expuesto y brinda la posibilidad de aumentar los esfuerzos de cara a la satisfacción del usuario en términos de valor. Asimismo, mostró la eficacia, eficiencia y efectividad en términos de uso, confirmando la posibilidad de ejecutar el ejercicio a través de este novedoso aplicativo y proveer entrenamiento en ciclos fisioterapéuticos de calidad.

En otro respecto, la elección de la población idónea para evaluar la interfaz 3D consistió desde los dominios de software y pacientes con discapacidad producto del manguito rotador, conseguir resultados notables de la usabilidad del software, resaltando que a pesar de que el 90% de las preguntas obtuvieron la máxima puntuación que obteniendo un coeficiente de 97, es necesario volcar la mirada hacia la confiabilidad de la interfaz 3D con Kinect, para ofrecer un producto con los más altos estándares de calidad. Este objetivo, será tratado en posteriores investigaciones que hagan uso de la misma tecnología.

Como conclusión general, se obtuvo la correcta medición de la funcionalidad de la interfaz 3D con Kinect, y su aforo para generar ambientes de inclusión y generación de valor de cara al usuario, a fin de mejorar la calidad de vida del paciente con discapacidad motriz producto del manguito rotador, empero, se sugiere a través del uso de este aplicativo, recoger un volumen de datos superior posterior a su despliegue, a fin de constatar con esta nueva información que sus valores de usabilidad se mantengan equilibrados, de lo contrario, debes ser necesarias nuevas implementaciones.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación Nacional de La Fundación Universitaria Compensar – UCompensar. 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.

Fuentes de financiamiento

La institución financiadora es Fundación Universitaria Compensar – UCompensar bajo el Código del Proyecto SIGP/Código número PI242019.

Conflictos de interés

Los autores declaran expresamente no tener intereses en conflicto para el desarrollo de este producto resultado de investigación.

Bibliografía

Báez, J., y de Tudela, P. (2007). *Investigación cualitativa.* ESIC Editorial.

Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. En J. Brooke, & B. T. P. W. Jordan (Ed.), *Usability Evaluation in Industry* (págs. 189-195). ed USA: Taylor & Francis. doi:https://doi.org/10.1201/9781498710411

Chavez, N. (2007). *Introducción a la investigación educativa /por Nilda Chavez Alizo.* Gráfica González.

Dumas, J., y Redish, J. (1999). *A Practical Guide to Usability Testing.* Portland OR. Intellect.

Feuersenger, H., Arndt, H., y Riechers, K. (2020). The Usability Testessen – An Innovative Framework for Usability Testing in Practice. En R. E. Marcus A., *Design, User Experience, and Usability. Interaction Design. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 12200, págs. 97-112). Switzerland: Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-49713-2_7

Gerring, J. (2004). *What is a Case Study and What is it Good for? En American Political Science Review*. http:// www.ie.ufrj.br/hpp/intranet/pdfs/texto_3_-_aula_3.pdf

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

ISO 13407. (1999). *ISO 13407:1999 Human-centred design processes for interactive systems.* ISO.

ISO/IEC 14598-1. (1999). *ISO/IEC 14598-1:1999 Information technology — Software product evaluation — Part 1: General overview.* ISO/IEC.

ISO/IEC 25001. (2014). *ISO/IEC 25001:2014 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Planning and management.* ISO/IEC. https://www.iso.org/standard/64787.html

ISO/IEC 2502n. (2014). *ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad.* ISO/IEC.

ISO/IEC 2503n. (2014). *ISO/IEC 25030 - Quality requirements.* ISO/IEC.

ISO/IEC 9126-1. (2001). *IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model.* Switzerland: Geneva.

ISO/IEC 9241-11. (1998). *9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).* ISO/IEC.

López Justicia, M., Fernández Jimenes, C., y Polo Sanchéz, M. (18 de 05 de 2016). *Relación entre el nivel de estudios y el autoconcepto en adultos con discapacidad motora*. https://journals.copmadrid.org/psed/archivos/100777.pdf

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., Poveda, G., Batista, J., Guerrero, C., y Valencia, J. (2019). Usabilidad de un sistema de reconocimiento de voz para personas en condición de discapacidad motriz. En L. G. Molero Suárez, G. Poveda, J. Batista, C. Guerrero, & J. Valencia, *Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen II.* Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Molero, L., Zamudio, L., Molero, L., Huertas, J., y Velazco, L. (2019). Necesidades económicas de la población en condición de discapacidad motora en Colombia. En L. G. Molero Suárez, L. Zamudio, L. Molero Suárez, J. Huertas, & L. Velazco, *Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, Volumen II.* Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering vol. 1st edition.* San Diego, CA, USA: Academic Press.

Organización Mundial de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud.* Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (IMSERSO). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43360/9241545445_spa.pdf?sequence=1

Pérez, A., y De Pedro, J. (2004). *Patología del aparato locomotor en ciencias de la salud.* Buenos Aires-Madrid: Medica Panamericana. https://books.google.com.co/books?id=46Wn4DuzWKcC&pg=PA141&dq=manguito+rotador&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiQs-Cmg7HqAhUSWN8KHYSWCAIQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=manguito%20rotador&f=false

Saavedra, E., Durán, C., Escalera, M., Mora, B., Pacheco, A., y Pérez, M. (2018). *Discapacidad motora y Resiliencia en adultos. En: A. D. Marenco-Escuderos. Estudios del desarrollo humano y socioambiental.* Ediciones C.

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica.* Editorial llmusa. S.A. de c.v. Grupo noriega editores .

Toro, I., y Parra, R. (2006). *Método y conocimiento. Metodología de la Investigación.* Fondo Editorial Universidad EAFIT.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN 3D CON KINECT PARA EL ENTRENAMIENTO EN TERAPIAS DE HOMBRO CONGELADO

Luis Guillermo Molero Suarez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Fundación Universitaria Compensar - UCompensar, lmolero@ucompensar.edu.co, Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4117-8273.

Lennis Duvan Gomez García

Ingeniero de sistemas. Fundación Universitaria Compensar – UCompensar, lduvangomez@ucompensar.edu.co. Avenida (Calle) 32 No. 17 – 30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.

Resumen

El conocimiento capitalizado sobre entrenamiento y rehabilitación por décadas ha encontrado en la Instrucción Asistida por Computadora (CAI) espacios para recrear procesos fisioterapéuticos a través de métodos no convencionales, alcanzando así óptimos resultados. Un agente innovador de esta evolución es la gamificación, que reúne elementos multimedia y accesorios como el Microsoft Kinect en sistemas intuitivos que aumentan el estímulo del usuario. Ante estas evidencias, la investigación tuvo como propósito desarrollar una aplicación 3D con Kinect para entrenamiento de estudiantes de fisiatría en terapias de hombro congelado. De acuerdo al estudio, la investigación fue de tipo aplicada, transversal y diseño no experimental. Para obtener lo antes expuesto, se analizaron las categorías Gamificación y Kinect y Rehabilitación y Hombro Congelado. El método utilizado fue el Agil State-Gate de Cooper, (2016) en sus primeras cuatro fases: Idea, Caso de negocio, Desarrollo y Prueba. Finalmente, como resultado luego de aplicar la prueba de usabilidad SUS (Brooke, 1996) en la versión Beta, se logró un coeficiente de 93, valor que muestra una experiencia de usuario positiva, concluyendo, la importancia de seguir convocando esfuerzos en el despliegue de estas soluciones en pro de la calidad de vida y la salud.

Palabras clave: entrenamiento, fisioterapia, gamificación, instrucción asistida por computadora, kinect.

www.doi.org/10.47212/GamificacionIII2021.5

3D APPLICATION WITH KINECT FOR FROZEN SHOULDER THERAPY TRAINING

Abstract

The knowledge capitalized on training and rehabilitation for decades has found in Computer Aided Instruction (CAI) spaces to recreate physiotherapeutic processes through unconventional methods, thus achieving optimal results. An innovative agent of this evolution is gamification, which brings together multimedia elements and accessories such as the Microsoft Kinect in intuitive systems that increase user stimulation. Given this evidence, the purpose of the research was to develop a 3D application with Kinect for training physiatry students in frozen shoulder therapy. According to the study, the research was of an applied, cross-sectional and non-experimental design. To obtain the above, the categories Gamification and Kinect and Rehabilitation and Frozen Shoulder were analyzed. The method used was the Agile State-Gate of Cooper, 2016) in its first four phases: Idea, Business case, Development and Test. Finally, as a result, after applying the SUS usability test (Brooke, 1996) in the Beta version, a coefficient of 93 was achieved, a value that shows a positive user experience, concluding, the importance of continuing to call for efforts in the deployment of these solutions for the quality of life and health.

Keywords: computer aided instruction, gamification, kinect, physiotherapy, training.

Introducción

Existe una extensa variedad de lesiones que generan afectación sobre los miembros superiores, por consiguiente, a través del diagnóstico oportuno y un correcto ciclo fisioterapéutico, es posible la mejora parcial o total de la movilidad de un paciente con discapacidad motora. En este espectro, los métodos tradicionales quienes desafiaron el tiempo han perdido la batalla, y la Instrucción Asistida por Computadora (CAI) como herramienta transformadora ha motivado el desarrollo de soluciones que convierten espacios poco inclusivos en escenarios con sinergias positivas y efectivas, para conseguir de esta forma reinsertar a esta población vulnerable.

Una de las alternativas actuales para ostentar mejora significativa o la recuperación total de la discapacidad, es la gamificación, quien súbitamente ha invadido estas plazas proporcionado versatilidad y comodidad, logrando una simbiosis entre el método tradicional y las nuevas tecnologías, con un profundo impacto científico y social al mostrar el despliegue de novedosas herramientas que generan importantes aportes a este percentil creciente de discapacidad.

Ante estas evidencias, la presente investigación cuyo propósito reviste el desarrollo de una aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento de estudiantes de fisiatría en terapias de hombro congelado, pretende redimensionar nuevos espacios científico-tecnológicos agregando una nueva dimensión humana con alto impacto en las formas de fijar la mirada en esta población con discapacidad motora, y, en consecuencia, proporcionar los métodos efectivos, inclusivos y sustentables para la correcta ejecución del ejercicio, cuyo fin ulterior es la mejoría del paciente desde una gestión de innovación sostenible.

Marco Teórico

Gamificación y Kinect

La gamificación recrea espacios inmersivos, intuitivos y controlados que, a través de dispositivos periféricos, logran la reingeniería efectiva de métodos habituales a través de estas experiencias emergentes. Según Molero et al., (2019b) y Molero et al., (2019a), estas tecnologías impulsan reacciones motivadoras e inclusivas, que han permeado el quehacer de muchas ciencias complejas con una dinámica sensorial efectiva, ubicándose como una estrategia de innovación tecnológica. En consecuencia, estos escenarios virtualizados también conocidos como Computer Aided Intructor (CAI) (Bruce, 2009) o Reactive Virtual Trainer (RVT) (Ruttkay et al., 2006), capturan en sus ambientes la atención del usuario, logrando una sinergia positiva y una experiencia casi real.

Para lograr este objetivo, los sistemas gamificados hacen uso de periféricos que concentran mayor interacción en sus ambientes (Roglić et a., 2016), uno de ellos, es la interfaz natural de usuario Microsoft Kinect quien hace uso de luz estructurada infrarroja proyectando un patrón de puntos para estimar la profundidad a partir de la intensidad y distorsión de estos (Smisek et al,. 2013). Su construcción incorpora un sensor de profundidad para capturar los movimientos de forma tridimensional (figura 1 y 2), asimismo, determina el centro de gravedad, herramienta que lo hace ideal para entornos de entrenamiento y captura de movimientos corporales (Zhang, 2012)

Figura 1.
Entrenamiento con Fysio Gaming



Fuente: https://www.fitness-gaming.com/news/health-and-rehab/fysiogaming-expands-rehabilitation-options-with-kinect-games.html

Este dispositivo, a través de sus sensores de proximidad y micrófonos, reconocen movimiento de forma autónoma, generando un alto impacto que logra una interacción lúdica positiva en cada escenario. Existen en la actualidad, sistemas gamificados emblemáticos como el Fysio Gaming (figura 1), VirtualRehab (figura 2) y software de rehabilitación de ASISPA y Kinelabs entre muchos otros.

Figura 2.
Entrenamiento con VirtualRehab

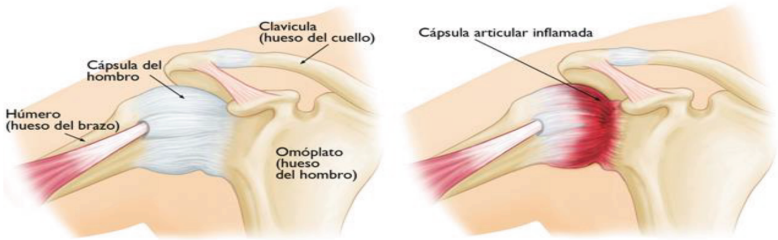


Fuente: https://evolvrehab.com/es/virtualrehab/

Entrenamiento, Rehabilitación y Hombro congelado

De acuerdo con Cibeira (1997), la Organización Mundial de la Salud en 1969 define inicialmente el concepto de rehabilitación como "conjunto de medidas médicas, educativas, sociales y profesionales para preparar o readaptar al individuo, con el fin de alcanzar la mayor proporción posible de su capacidad funcional", en adición, Brunner (1971) trata a la rehabilitación como un método a través del cual una persona con discapacidad entrena para lograr mayor eficacia física, mental y social. En ese sentido, la rehabilitación de hombro congelado incorpora una serie de ejercicios que permite alcanzar mayor movilidad funcional de forma parcial o completa del miembro afectado (Reeves, 1974). Estas iteraciones permiten optimizar la motricidad del área comprometida (figura 3), y cuyo desarrollo es muy bien estudiado para alcanzar los resultados deseados. En síntesis, el paciente debe ejecutar de forma correcta cada entrenamiento para generar avances significativos en la mejora funcional del miembro, obteniendo así óptimos resultados en procesos de rehabilitación.

Figura 3.
Hombro congelado



Fuente: https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/hombro-congelado-frozen-shoulder/

Metodología

El estudio estuvo sustentado bajo el paradigma positivista con enfoque cuantitativo. Para González y Rodríguez (2011), las investigaciones con enfoque cuantitativo tienden a emplear desarrollo de sistemas, diseños de prototipos e instrumentos de medición. Por consiguiente, el presente estudio versó sobre el desarrollo de una aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado en pacientes de fisiatría.

De acuerdo al tipo de investigación, el presente estudio es aplicado, que según Giroux y Tremblay (2004) "lo propio de la investigación aplicada es estudiar problemas concretos con el objeto de proponer un plan de acción para decidir o intervenir eficazmente en una situación dada" (pág. 58), en consecuencia, el presente trabajo se define como aplicado, ya que se propuso solucionar un problema específico con el empleo de herramientas tecnológicas. Estas herramientas se basan en la implementación de la metodología Agil Stage-Gate en sus cuatro primeras fases, agrupando las dos fases iniciales de Idea y Caso de Negocio, la Fase de Desarrollo y la Fase de Pruebas.

Por otra parte, la investigación se define como no experimental, en virtud de que involucra procesos sistemáticos de búsqueda e indagación a través de una descripción, una comparación, un análisis y una predicción para que finalmente se diseñe una propuesta; ya que pretende caracterizar las variables; coincidiendo con lo expuesto por Hernández-Sampieri et al., (2010).

Asimismo, la investigación se clasificó de tipo transversal descriptiva, ya que de acuerdo con Chavez (2007), la investigación de tipo descriptiva, "es aquella que se orienta a recolectar información relacionada con el estado real de las personas, objetivos, situaciones o fenómenos, tal cual como se presentaron en el momento de su recolección, describe lo que se mide sin realizar inferencias ni verificar hipótesis" (p. 135).

Finalmente, el instrumento utilizado para mesurar el coeficiente de usabilidad de la versión beta se basó en SUS, quien fue desarrollado por Brooke (1996). Este instrumento, se aplicó a una población de 5 expertos; 3 expertos en el dominio del software que corresponde a la gamificación de entornos y 2 pacientes con discapacidad de hombro congelado, quienes,

a través de la escala de Likert de cinco niveles, expresaron un indicador (coeficiente) de calidad posterior a la evaluación de las funcionalidades de la aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado. A tales efectos, el sistema de puntuación de esta prueba se caracteriza por los siguientes elementos:

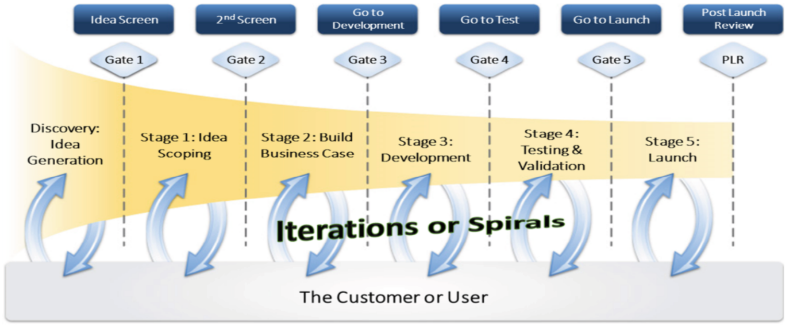
- SUS produce un solo número que representa una medida compuesta de la usabilidad general del sistema que se está estudiando.
- Tenga en cuenta que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí mismas.
- Para calcular el puntaje del SUS, primero sume las contribuciones de puntaje de cada elemento. La contribución de puntaje de cada ítem variará de 0 a 4.
- Para los ítems 1,3,5,7 y 9, el aporte de puntaje es la posición de escala menos 1.
- Para los ítems 2,4,6,8 y 10, el aporte es 5 menos la posición de la escala.
- Multiplique la suma de los puntajes por 2.5 para obtener el valor general de SUS.
- Los puntajes del SUS tienen un rango de 0 a 100.

Es así, como la puntuación total recogida por el cuestionario fue a través de: usabilidad de la aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado, complejidad de la aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado, asistencia de un experto, funcionalidad, consistencia de la aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado y confianza en el uso de la aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado.

Resultados

El propósito de la investigación fue desarrollar una aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado para pacientes quienes sufren de esta invalidez. El modelo utilizado fue el Agil Stage-Gate (Figura 4) en sus cuatro primeras fases desde una perspectiva de gestión de innovación sostenible, agrupando las dos fases iniciales de Idea y Caso de Negocio, la Fase de Desarrollo y la Fase de Pruebas.

Figura 4:
Modelo Ágil Stage-Gate.



Fuente: Cooper et al., (2016)

En las fases Idea y Caso de Negocios, se impulsó un brainstorming circunscribiendo variables como Instrucción Asistida por Computadora (CAI), discapacidad, transformación digital y cultura tecnológica, que concluyó en la planificación y diseño de un aplicativo ambientado en 3D con el accesorio Microsoft Kinect, para capturar los movimientos en entrenamiento de terapias de hombro congelado y posteriormente a través de filtros, lograr la ejecución correcta de este método de rehabilitación.

Sobre la Fase de Desarrollo, se desplegó el componente ágil de SCRUM basado en iteraciones, para conseguir el alcance del proyecto desde una perspectiva intuitiva, precisa e inmersiva. Esta fase, amalgamó las iteraciones de diseño del sistema, integración y Beta. Seguidamente, la fase de pruebas circundó todas las iteraciones durante el desarrollo incorporando pruebas unitarias de movimiento, de lógica y prueba de integración y despliegue para controlar la perfecta ejecución de las funcionalidades que exige este tipo de entrenamiento, en este punto, se contó con la participación de roles de SCRUM: product owner, scrum master, development team y verificador Beta. Como punto final, se ejecutó la prueba de usabilidad de la versión Beta para cuantificar el impacto en la experiencia de usuario.

Proceso de implementación de la innovación

Preliminares

La aplicación 3D con Kinect, se desarrolló con Unity versión 2018.3.14f1 en su edición estándar. Asimismo, se instaló el Kinect con MS-SDK v2 que provee al desarrollador de un conjunto de herramientas que permite al sistema operativo acceder a las funcionalidades del dispositivo periférico. Una vez instalados los controladores del Kinect, y luego de ser reconocido por el sistema operativo, se instaló el Kinect for Windows Developer Toolkit v1.8, herramienta contentiva de una serie de recursos que facilitan el desarrollo de aplicaciones basadas en Kinect junto con actualizaciones del SDK propias del paquete.

Iteración 1: Diseño del Sistema

En esta iteración, se diseñaron las interfases de usuario y las gráficas. Primeramente, se identificaron las gráficas y Modelo 3D que incorpora un avatar con sus articulaciones (joints) para desplegar movimientos, es entonces, cuando se seleccionaron las texturas y materiales para acondicionar ambos elementos. A continuación, se eligieron los objetos que contextualizaron las escenas, tales como las partículas, pistas de audio, texturas, materiales, estructuras y fondos para las interfaces de usuario, por último, se diseñó el sistema de proyección elevada de información (HUD), textos, menú principal, descripciones y mensajes de la aplicación. Con respecto al desarrollo narrativo, éste recreó un ambiente de relajación donde se dispusieron gráficas que guardan relación con el espacio (figura 5 y 6); estas imágenes fueron diseñadas para ser estáticas con respecto al modelo 3D, sin embargo, se establecieron parámetros de colisión respectivos para futuras actualizaciones. En suma, se exportaron todos los activos para ser integrados posteriormente.

Figura 5.
Escenario principal



Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 6.
Escenario principal



Fuente: Elaboración propia (2019)

La siguiente actividad en la iteración fue la relativa a los movimientos del recurso narrativo, para lo cual se hizo uso del modelo 3D (figura 7) que responde a los gestos del usuario frente al Kinect, en modo espejo. Este avatar inicial, cuenta con los 24 joints para desplegar movimiento, sin embargo, para efectos del proyecto, solo estableció movilidad de los miembros superiores e inferiores manteniendo el tronco en estado rígido, es decir, sin desplazamiento por el escenario. Para lograr lo anterior, se acondicionó el script "KinectManager"; software que se sitúa entre el sistema operativo y la aplicación (middleware, script de comunicación) para capturar los movimientos desde el dispositivo y transferirlos al modelo 3D de la aplicación. Asimismo, se acondiciono el script "AvatarControler", que controla los puntos de lectura (joints) entre avatar y el Kinect, el script "SetSceneAvatars", que instancia el "KinectManager" y luego envía los movimientos al avatar y por último, el script "SimpleGestureListener", que evalúa los movimientos y ejecuta la mecánica de juego. Es de hacer notar, que los scripts antes mencionados para la dinámica de movimiento y mecánica de juego son propios del Kinect con MS-SDK v2.

Figura 7
Avatar 3D (Modelo 3D). Pose inicial



Fuente: Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/

Se desarrolló la dinámica de interacción de la aplicación incorporando el código "CountDownScript", que temporiza la introducción de la aplicación, el código "ChangeSceneScript" para hacer el cambio entre escenas del menú principal al escuchar el clic de botón a través del Kinect y la mecánica que permite, a través de código programado en el "SimpleGestureListener" que implementa varias funciones: luego de evaluar la ejecución correcta del ejercicio, acumula puntos hasta un total de 10, asimismo, activa una pista de audio de "aplausos" como una referencia a la ejecución correcta de cada repetición del ejercicio y reinicia el entrenamiento para ser ejecutado por el otro miembro. La mecánica de juego desarrollada está basada en el sistema de recompensas, elemento importante debido a que marca las pautas de interacción con la aplicación. Una vez finalizado el acondicionamiento de scripts para captura, evaluación y mecánica del juego, se llevaron a cabo las pruebas unitarias correspondientes.

Iteración 2: integración

En esta iteración, se maquetaron las escenas que comprenden el desarrollo narrativo de la aplicación. Para ello, fueron incorporados todos los objetos de juego como son las gráficas, pistas de audio, modelo 3D, entre otros, así como los scripts de comunicación, movimientos, dinámica de interacción con la aplicación y mecánica de juego (figura 8). Una vez recreadas las escenas de la aplicación, se hicieron ajustes de estilo y forma con respecto a la iluminación, cámaras y elementos de audio, para completar un entorno 3D completo. Luego de la integración de todo el desarrollo narrativo, se desplegaron las pruebas de integración y generó el feature complete (Alfa) del proyecto.

Figura 8.
Escenario integrado



Fuente: Elaboración propia (2019)

Iteración 3: Beta

En esta última iteración, el verificador Beta desplegó las pruebas de regresión (smoke test) que determinaron los fallos en las funcionalidades de la aplicación, compilando finalmente un reporte de fallas que gestó un esquema de prioridades para llevar a cabo los ajustes pertinentes. Estos cambios, coincidieron con los objetivos propuestos inicialmente, finalizando en la entrega de la versión Beta del producto (content complete).

Finalmente, otra actividad desarrollada en esta iteración fue la prueba de usabilidad para determinar el coeficiente de impacto de la aplicación 3D con Kinect sobre el usuario final, a los fines de poder generar la versión final del software (Golden Master). En ese sentido, para estimar el umbral de impacto del uso de este tipo de tecnologías sobre el usuario final, fue de suma importancia la prueba de usabilidad propuesto por Brooke (1996). El coeficiente final de este indicador determina para el estudio el nivel de aceptación de las funcionalidades de la aplicación. A tales efectos, y en correspondencia con Nielsen (1993), se emplearon para esta prueba 5 expertos; 3 expertos en el dominio del software que corresponde a la gamificación de entornos y 2 pacientes con discapacidad de hombro congelado, de manera que se pudiera obtener una retroalimentación objetiva.

En la siguiente figura, se muestra la prueba de usabilidad de Brooke (1996) y seguidamente, los resultados obtenidos.

Figura 9.
Prueba SUS

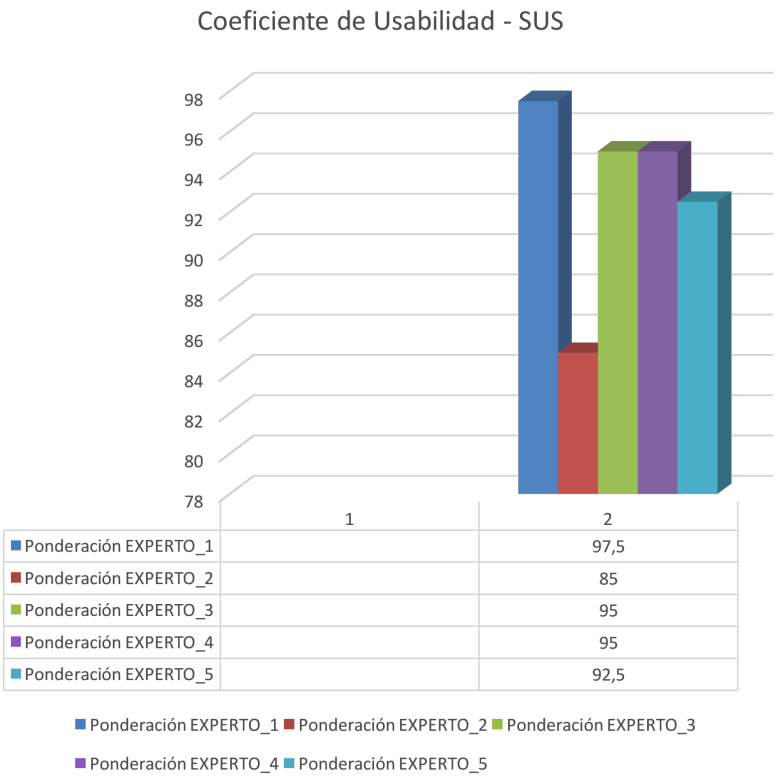
Por favor responda las siguientes preguntas entre 1 y 5, siendo 1 total desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo:

1. Creo que usaría esta aplicación 3D frecuentemente
   R: _____
2. Encuentro esta aplicación 3D innecesariamente compleja.
   R: _____
3. Creo que la aplicación 3D fue fácil de usar.
   R: _____
4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta aplicación 3D.
   R: _____
5. Las funciones de esta aplicación 3D están bien integradas.
   R: _____
6. Creo que la aplicación 3D es muy inconsistente.
   R: _____
7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación 3D en forma muy rápida.
   R: _____
8. Encuentro que la aplicación 3D es muy difícil de usar.
   R: _____
9. Me siento confiado al usar esta aplicación 3D.
   R: _____
10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación 3D.
    R: _____

Fuente: Elaboración propia (2019)

Luego del cálculo del coeficiente de usabilidad, la siguiente gráfica muestra los resultados siguientes:

Gráfica 1.
Resultados prueba SUS



Fuente: Elaboración propia (2019)

El coeficiente promedio resultante luego de la prueba de usabilidad SUS fue de 93, que evidencia la alta calidad y aceptación de la aplicación, lo que traerá consigo un impacto positivo sobre el usuario a la hora de desarrollar el entrenamiento en la terapia de hombro congelado, coincidiendo con el propósito de la investigación, que concierne al desarrollo de una aplicación 3D con Kinect para el entrenamiento en terapias de hombro congelado.

Conclusiones

El desarrollo de la aplicación 3D con Kinect, representa una alternativa tecnológica viable para el entrenamiento en terapias de hombro congelado. Este constante accionar, desde lo científico-tecnológico, acondiciona los espacios para el despliegue de novedosas

herramientas que mejoran la movilidad, integrando al especialista en fisioterapia y al paciente en actividades rutinarias con mayor comodidad. La implementación de este novedoso método, consiente la ejecución de horas de práctica continua, suministrando un ejercicio efectivo y eficiente de la técnica para este tipo de terapias que optimiza el entrenamiento, ofreciendo mayor dinamismo y estímulo sensorial, mayor grado de motivación y una nueva dimensión más social y humana de muy alto impacto.

Finalmente, se espera que estos instrumentos, desarrollados para ser sustentables en el tiempo, planteen estudios más profundos e iterativos para el logro de una suite que proporcione alternativas positivas ante tan importante flagelo mundial, como es la discapacidad físico-motora.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación Nacional de La Fundación Universitaria Compensar – UCompensar. 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.

Fuentes de financiamiento

La institución financiadora es Fundación Universitaria Compensar – UCompensar bajo el Código del Proyecto SIGP/Código número PI242019.

Conflictos de interés

Los autores declaran expresamente no tener intereses en conflicto para el desarrollo de este producto resultado de investigación.

Bibliografía

Alzate, M., López, L., y Velásquez, V. (2010). Una mirada de la rehabilitación desde la perspectiva de la profesión de enfermería. *Avances en Enfermería, 28*(1), 151-164. https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15665/18167

Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. En J. Brooke, & B. T. P. W. Jordan (Ed.), *Usability Evaluation in Industry* (págs. 189-195). ed USA: Taylor & Francis. doi:https://doi.org/10.1201/9781498710411

Bruce, M. (2009). Computer-Aided Instruction. *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, 1-9. doi: https://doi.org/10.1002/9780470050118.ecse935

Brunner, J. (1971). Enfermería médico-quirúrgica. Principios y prácticas de la rehabilitación. 117-141.

Chavez, N. (2007). *Introducción a la investigación educativa /por Nilda Chavez Alizo* Gráfica González.

Cibeira, J. (1997). *Bioética y rehabilitación.* El Ateneo.

Cooper, R. (2016). Next in New-Product Development: Agil-Stage-Gate Hybrids. *CIMS Innovation Management Report*, pp 10-14. http://www.bobcooper.ca/images/files/articles/0/8-Next-in-NPD.pdf

Cooper, R., Kielgast, S., y Vedsmand, T. (2016). *INNOVATION MANAGEMENT*. E. Desk, Editor. https://innovationmanagement.se/2016/08/09/integrating-agile-with-stage-gate/

Giroux, S., y Tremblay, G. (2004). *Metodología de las ciencias humanas. La investigación en acción.* Fondo cultura económica.

Gonzalez, y Rodríguez. (2011). *Metodología de la investigación.* McGraw-Hill.

Molero, L., Ospina, P., Ayala, E., y Lozano, H. (2019a). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en kinect. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, y 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. (2019b). Gaming, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suarez, P. Ospina Rodriguez, 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.

Nielsen, J. (1993). Usability Engineering vol. 1st edition. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Reeves, B. (1974). The Natural History of the Frozen Shoulder Syndrome. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 193-196. doi:https://doi.org/10.3109/03009747509165255

Roglić, M., Bobić, V., Djurić-Jovičić, M., Djordjević, M., Dragašević, N., y Nikolić, B. (2016).

Serious gaming based on Kinect technology for autistic children in Serbia. *2016 13th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL)*, (págs. 1-4). Belgrade. doi:doi: 10.1109/NEUREL.2016.7800105.

Ruttkay, Z., Zwiers, J., Welbergen, H., y Reidsma, D. (2006). Towards a Reactive Virtual Trainer. (Y. M. Gratch J., Ed.) *Intelligent Virtual Agents. IVA 2006. Lecture Notes in Computer Science, 4133*. doi:https://doi.org/10.1007/11821830_2

Smisek, J., Jancosek, M., y Pajdla, T. (2013). 3D with Kinect. Consumer Depth Cameras for Computer Vision. Advances in Computer Vision and Pattern Recognition. Springer, 3-25. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4640-7_1

Zhang, Z. (2012). Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. *IEEE MultiMedia, 19*(2), 4-10.

“Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable”
Volumen III

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Compensar Bogotá, Colombia. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ. Itagüí, Antioquia, Colombia.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías. De la Fundación Universitaria Compensar Bogotá, Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón, Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia, Colombia.

Las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de este segmento de la población en el marco de la responsabilidad social respecto a una población especial que presenta condición de discapacidad, por tanto, se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida, se enfoca en indagar acerca de las 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, con el fin de brindar avances tecnológicos que impacten positivamente en ellos, así contribuir con el mejor desempeño en la sociedad. Tiraje 200 libros. Este libro se diseñó en el mes de agosto de 2021.

Este libro se terminó de imprimir
en el Taller Artes y Letras S.A.S.
en agosto de 2021

"Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable"

VOLUMEN III
COLECCIÓN UNIÓN GLOBAL

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Compensar Bogotá, Colombia. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gomero, Falcón, Venezuela. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ, Antioquia, Colombia.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías de la Fundación Universitaria Compensar Bogotá- Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón -Venezuela. Las propuestas, ideas, resultados, análisis y conclusiones presentadas en este libro apuntan a registrar trayectos innovadores que contribuyan a las necesidades de transformación y desarrollo de este segmento de la población en el marco de la responsabilidad social respecto a una población especial que presenta condición de discapacidad, por tanto, se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida, se enfoca en indagar acerca de las 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, con el fin de brindar avances tecnológicos que impacten positivamente en ellos, así contribuir con el mejor desempeño en la sociedad.

ISBN e:978-980-7857-47-5