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@ucompensar.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.

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 estímulo 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 contrario, 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 transformación 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, advirtiéndole, 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, moverá 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 concierne 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 validar 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	<p>Importar las interfaces de usuario</p> <p>Importar y acondicionar las gráficas y el modelo 3D</p> <p>Importar y acondicionar los elementos sonoros al proyecto</p> <p>Integrar las dinámicas</p>

Fuente. Elaboración propia (2019)

Tabla 27.

Característica: integración de comunicación: Kinect.

Tareas	Descripción
Integrar librería de Kinect Manager	<p>Integrar la librería Kinect Manager al proyecto.</p> <p>Pruebas de integración y despliegue</p>

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 recopilieron 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 “SetScene.Avatar”

```
1  using UnityEngine;
2  using System.Collections;
3
4  public class SetSceneAvatars : MonoBehaviour
5  {
6
7      void Start ()
8      {
9          KinectManager manager = KinectManager.Instance;
10
11          if(manager)
12          {
13              manager.ClearKinectUsers();
14              manager.Player1Avatars.Clear();
15
16              AvatarController[] avatars = FindObjectsOfType(typeof(AvatarController)) as AvatarController[];
17              foreach(AvatarController avatar in avatars)
18              {
19                  manager.Player1Avatars.Add(avatar.gameObject);
20              }
21
22              manager.ResetAvatarControllers();
23
24              // add available gesture listeners
25              manager.gestureListeners.Clear();
26
27              MonoBehaviour[] listeners = FindObjectsOfType(typeof(MonoBehaviour)) as MonoBehaviour[];
28              foreach(MonoBehaviour listener in listeners)
29              {
30                  if(typeof(KinectGestures.GestureListenerInterface).IsAssignableFrom(listener.GetType()))
31                  {
32                      KinectGestures.GestureListenerInterface gl = (KinectGestures.GestureListenerInterface)listener;
33                      manager.gestureListeners.Add(gl);
34                  }
35              }
36          }
37      }
38
39  }
40
41
42 }
```

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
1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3 using UnityEngine.UI;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5 using System;
6
7 public class SimpleGestureListener : MonoBehaviour, KinectGestures.GestureListenerInterface
8 {
9     // Texto donde aparece el textop que pertenece a los gestos detectados.
10    public GUIText GestureInfo;
11    public Text scoreText;
12    public AudioSource gestureAudio;
13    public Image exerciseImage;
14    public string room;
15    // Variable booleanas para identificar los movimientos
16    private bool progressDisplayed;
17    private bool swipeLeft;
18    private bool swipeRight;
19    int score = 0;
20    int exercise = 1;
21    //exerciseImage = GameObject.Find("Exercise").GetComponent<Image>();
22    public bool IsSwipeLeft()
23    {
24        if (swipeLeft)
25        {
26            swipeLeft = false;
27            return true;
28        }
29        return false;
30    }
31
32    public bool IsSwipeRight()
33    {
34        if (swipeRight)
35        {
36            swipeRight = false;
37            return true;
38        }
39        return false;
40    }
41
42    public void UserDetected(uint userId, int userIndex)
43    {
44        // as an example - detect these user specific gestures
45        KinectManager manager = KinectManager.Instance;
46
47        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Jump);
48        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Squat);
49        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeLeft);
50        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeRight);
51        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Wave);
52        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.Pull);
53        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeUp);
54        manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeDown);
55    }
56 }
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 20.

Código del script “SimpleGestureListener”. Continuación

```

57         if(GestureInfo != null)
58         {
59             GestureInfo.GetComponent<UIText>().text = "Hacer el movimiento correspondiente";
60         }
61     }
62 }
63
64 public void UserLost(uint userId, int userIndex)
65 {
66     if(GestureInfo != null)
67     {
68         GestureInfo.GetComponent<UIText>().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<UIText>().text = sGestureText;
79     }
80
81     else if (gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeLeft && room=="room1")
82     {
83         swipeLeft = true;
84         UpdateScore();
85     }
86
87     else if (gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeRight && room=="room1")
88     {
89         swipeRight = true;
90         if (score > 9 && exercise--2){
91             UpdateScore();
92             SoundGesture();
93         }else{
94             SceneChange("MenuF");
95         }
96     }
97
98     else if (gesture == KinectGestures.Gestures.Click)
99     {
100         sGestureText += string.Format(" at ({0:F1}, {1:F1})", screenPos.x, screenPos.y);
101         return true;
102     }
103     progressDisplayed = false;
104     return true;
105 }
106
107 public bool GestureCancelled (uint userId, int userIndex, KinectGestures.Gestures gesture,
108                               KinectWrapper.NuiSkeletonPositionIndex joint)
109 {
110     if(progressDisplayed)
111 
```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 21.

Código del script “SimpleGestureListener”. Continuación

```

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

```

Fuente. Elaboración propia (2019)

Figura 21.

Código del script “SimpleGestureListener”. Continuación

```
134     }  
135     public void SoundGesture()  
136     {  
137         gestureAudio.Play();  
138     }  
139     public void UpdateExercise()  
140     {  
141         exerciseImage.material = Resources.Load<Material>("Materials/Logo");  
142     }  
143     public void ChangeExercise()  
144     {  
145         exercise++;  
146     }  
147     public void SceneChange(string scene)  
148     {  
149         SceneManager.LoadScene(scene);  
150     }  
151 }
```

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”

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5
6 public class ChangeSceneScript : MonoBehaviour
7 {
8     public void SceneChange(string scene)
9     {
10         Debug.Log("Hello");
11         SceneManager.LoadScene(scene);
12     }
13     public void Message(string text)
14     {
15         Debug.Log(text);
16     }
17 }
18
19
```

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 concluyó 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=bCRp87sullD-FXJ6K5ZtlvIQ_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 educación superior del estado zuliana. *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. Volúmen 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 Panamericana.
- Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la investigación*. Villahermosa, México: Universidad Juárez Autónoma 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.