



SOFTWARE PARA PROMOVER EL MOVIMIENTO CORPORAL EN ADULTOS
UTILIZANDO COMO RETROALIMENTACIÓN EL SENSOR KINECT®

BRAYAN ALEJANDRO FORERO FORERO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C., 2019

SOFTWARE PARA PROMOVER EL MOVIMIENTO CORPORAL EN ADULTOS
UTILIZANDO COMO RETROALIMENTACIÓN EL SENSOR KINECT®

BRAYAN ALEJANDRO FORERO FORERO

CÓD. 2011103021

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ELECTRÓNICA

DIRECTOR

DIEGO MAURICIO RIVERA PINZÓN M.ENG.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C., 2019

Nota de aceptación

Firma director del trabajo de grado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 2019

Dedicado a:

Mi núcleo familiar: Mi madre Marisol y

Mi padre Rodolfo; por su paciencia y

esfuerzo en darme una excelente

educación.

Éste logro también es de ustedes.

Agradecimientos


Quiero mostrar mi mayor agradecimiento a todas las personas que me apoyaron y que hicieron parte de este valioso proyecto:

A mi director de trabajo de grado y profesor **M. Eng Diego Mauricio Rivera Pinzón** por confiar en mis capacidades, apoyarme y guiarme en este proceso.

A la fisioterapeuta **Lina Grimaldos MSc.** por su acompañamiento y asesoría en un campo del conocimiento completamente nuevo e interesante para mí.

A los hermanos **Daniel Mora, Jasson Mora y Edson Mora Ruíz** por su desinteresado e incondicional apoyo en la construcción de la plataforma.

Y al espacio de formación académica universitaria, donde nació y se formó mi vocación como docente; Facultad de Ciencia y Tecnología, Licenciatura en electrónica, mi alma mater y siempre gloriosa, **Universidad Pedagógica Nacional.**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realidad en Formación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 08/07/19	Página 1 de 8	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	SOFTWARE PARA PROMOVER EL MOVIMIENTO CORPORAL EN ADULTOS UTILIZANDO COMO RETROALIMENTACIÓN EL SENSOR KINECT®
Autor(es)	Forero Forero, Brayan Alejandro.
Director	Rivera Pinzón, Diego Mauricio
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 91 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ARTICULACIONES; MOVIMIENTO ARTICULAR; ÁNGULOS; MICROSOFT KINECT; UNITY

2. Descripción

Korporal es una aplicación diseñada para promover el movimiento corporal en adultos sanos utilizando el Kinect de Microsoft, por medio de un conjunto de software (“SDK for Kinect”, Visual Studio of Microsoft, Unity) que permite el desarrollo en un entorno virtual.

La idea principal es que, tanto el profesional en fisioterapia, como el usuario, tengan una experiencia diferente y atractiva a la hora de valorar los movimientos corporales basados en los desplazamientos de las articulaciones, esta experiencia ofrece una realimentación por medio del dispositivo Kinect, el cual se encarga de detectar los movimientos corporales del usuario y representarlos en tiempo real por medio de un avatar en un entorno virtual.

En cuanto al diseño, esta aplicación trabajó con un esquema de movimientos articulares, evaluados bajo el rango de movilidad de una persona en condiciones físicas y de salud normales, el análisis de estos movimientos fue capturado por el dispositivo Kinect, y el procesamiento y compilación de los sistemas de coordenadas fue procesado en diferentes scripts; al ser evaluado cada posicionamiento de cada articulación, se utilizó una función matemática que permita analizar las articulaciones en términos de ángulos, y así poder determinar qué parámetros son los adecuados para verificar los movimientos detectados por el dispositivo, dando una precisión más acertada en la corrección de los movimientos realizados por el usuario en el momento de su interacción.

Por otro lado, se diseñaron diferentes tipos de escenarios virtuales en la plataforma Unity, que permiten al usuario comprenderla, interactuar con ella y realizar una rutina con diferentes tipos de movimientos programados previamente, adicional a esto, tener una realimentación ofrecida por un avatar que copia los movimientos en tiempo real, y una guía de cada movimiento ofrecida por un instructor virtual.

3. Fuentes

Biosca i Bas , A. (2009). Mil años de virtualidad: origen y evolución. Borges, Argentina : Eikasía Ediciones.

Ahmed , F., Padma, P. P., & Gavrilova, M. (2015). Kinect-Based Gait Recognition Using Sequence of the Most. Journal of WSCG, 11.

Alonso Becerra , A. (2007). Biomecánica . En A. Alonso Becerra, Biomecánica (pág. 6). Ciudad de la Habana.

Aparicio, A. J., & Peinado , M. (15 de Julio de 2013). Tennis.net . Obtenido de www.tennis.net

- Arturo . (31 de Marzo de 2019). Academia. Obtenido de www.academia.edu
- Bakalos, N., Protopapadakis, E., Doulamis, A., & Doulamis, N. (2018). Dance Posture/Steps Classification using 3D Joints from the Kinect Sensors. 3rd Cyber Sci & Tech Cong , 6.
- Bleiweiss, A., Eshar, D., Kutliroff, G., Lerner, A., Oshrat, Y., & Yanai, Y. (2010). Enhanced Interactive Gaming by Blending Full-Body Tranking and Gesture Animation. SIGGRAPH , 1-2.
- Chang, C.-Y., Lange, B., Zhang, M., Koenig, S., Requejo, P., Somoboorn, N., . . . Rizzo, A. (2012). Towards Pervasive Physical Rehabilitation Using Microsoft Kinect. International Conference on pervasive Computing for Healthcare and Workshops , 1.
- Erdogan, H., & Ekenel Kemal, H. (2015). Game Desing for Physical Therapy and Rehabilitation Using Kinect . IEEE, 4.
- Farfán, F. (08 de Dic de 2014). Sildeshare. Obtenido de www.es.slideshare.net/FrederickFarfn/motion-control-computing-kinect
- Fernandez Cervantes, V., Castillo, C., Olivia, L., & Gonzales, F. (s.f.). Serious Rehabilitation Games with Kinect . University of Alberta ITS Chapala, ITS Zapopan , 1.
- Ferreira, D., Oliveira, R., & Octavian, P. (2017). Physica Rehabilitation base on Kinect Serious Games. Eleventh International Conference on Sesign Technology, 1-6.
- Fukase, S., Y.Nakanishi, & L.Tatsuta. (2013). In Search of a Usability of Kinect in the Training of Traditional Japanese “KATA”—Stylized Gestures and Movements. IEEE, 4.
- Grimaldos Perez, L. M. (2016). Características de la anatomía infantil en el desarrollo motor de cero a nueve meses de edad. Universidad Nacional de Colombia, 123.
- Guerrero Beltran, D., & Villaluenga Basañez, L. (2014). MICOSOFT KINECT . Universidad Politecnica de Catalunya, 15.
- Guerrero Pupo, J. (9 de juliio de 2004). scielo. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000400007
- Hoang, C., `Dang, H., & Nguyen, V. (2017). Kinect-Based Virtual Training System For Rehabilitation. IEEE, 5.
- Islam, M., Mahmud, H., Ashraf, F., Hossain, I., & Hansan, K. (2016). Yoga Posture Recognition By Detecting Humban Joint Points in Real Time Using Microsoft Kinect . IEEE, 7.
- Khalil, A., & Kotaiah, D. (2017). Implementation of agile Methoology based on SCRUM Tool. International Conference, Communication, Data Analytics ans Soft Computing , 7.
- Kitsunozaki, N., Adachi, E., Masuda, T., & Mizusawa, J.-i. (2013). Kinect Applications for the Physical Rehabilitation. IEEE, 7.
- Lesmes, J. (1996). Test de Movilidad Articular y examen muscular de las extremidades. Bogotá D.C: Panamericana .

- Lin, T.-Y., Hsien, C.-H., & Lee, J.-D. (2013). A Kinect-based System for Physical Rehabilitation: Utilizing Tai Chi Exercises to Improve Movement Disorders in Patients with Balance Ability. *Asia Modelling Symposium*, 5.
- Miadlicki, K., & Sakow, M. (2017). The use of machine vision to control the basic functions. *TECHNICAL TRANSACTIONS, MECHANICAL ENGINEERING*, 18.
- Microsoft. (01 de 05 de 2019). Microsoft. Obtenido de www.microsoft.com
- Muga Gonzales, D. (2012). Investigación de la aplicación de la tecnología Kinect en entornos nucleares. Universidad de Cantabria, 5.
- Neri, L., Adorante, G., Gianni, B., & Franciosi, E. (2013). Postural Rehabilitation Through Kinect-Based BioFeedback. *IEEE*, 2.
- Palmer, M., & Epler, M. (2002). Fundamentos de las Técnicas de Evaluación Musculoesquelética. En M. Palmer, Fundamentos de las Técnicas de Evaluación Musculoesquelética (pág. 434). Barcelona: Paidotribo.
- Pei, W., Xu, G., Li, M., Ding, H., Zhang, S., & Lou, A. (2016). A Motion Rehabilitation Self-training Evaluation System Using Kinect. *International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, 6.
- Perez Alboil, S., Paracios, G., & Fardoum, H. (2012). Virtual Reality System for Multiple Sclerosis Rehabilitation Using KINECT. Dpto. de informática e Ingeniería de Sistemas Universidad de Zaragoza, 1-4.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). La guía del SRUM. Alike.
- Shum, H., Ho, E., Jiang, Y., & Takagi, S. (2013). Real-Time Posture Reconstrucción for Microsoft Kinect. *IEEE Transactions On Cybernetics*, 14.
- Smith, C. (27 de 09 de 2018). American Graphics Institute, LLC. Obtenido de www.agitraining.com/adobe
- Soto Niño, G. (2009). Angulos de Confort angulos de visión según varios autores. Lima: Digital C.
- Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017). SRUM Model for Agile Methodology. *International Conference on Computing Communication and Automation*, 7.
- Taboaleda, C. (2004). GONIOMETRIA Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. Buenos Aires: ASOSIART SA ART.
- Thanh, T., Tuyen, D. N., Dung, L., & Cong, T. P. (2017). Implementation of Technical Data Analysis of Skeleton Extracted from Camera Kinect in Grading Movements of Vietnamese Martial Arts. *International Conference on Advance Technologies of Communications*, 5.
- Tseng, C.-M., Lai, C.-L., & Chen, Y.-F. (2014). A Microsoft Kinect Based Virtual Rehabilitation System. *Intertarional Symposium on Computer, Consumer and Control*, 5.
- Vince, J. (2004). Introduction to Virtual Relity. London: Springer.

4. Contenidos

Korporal se desarrolló con base en el objetivo general, “Desarrollar una aplicación virtual con una actividad específica para promover el movimiento corporal en adultos utilizando el Kinect®”, de este se desglosaron tres objetivos específicos, “Implementar un esquema de movimientos que permitan ejecutarse y sean susceptibles a medición usando el sensor de profundidad Kinect”, “Determinar los parámetros de verificación para la práctica adecuada de los movimientos detectados por el Kinect” y “Diseñar una interfaz gráfica de usuario y guía que permita la interacción con el adulto”.

Los antecedentes de investigaciones previas, fueron la base documental para el desarrollo de esta investigación, estos antecedentes abarcan proyectos que pretenden rehabilitar pacientes con problemas de movilidad articular, enfermedades que afectan la motricidad y, tanto recuperación como mejoramiento de la movilidad en las extremidades; apoyándose en el reconocimiento corporal que ofrece el Kinect.

En el marco teórico se muestran los conceptos que fueron necesarios para el desarrollo de esta investigación, algunos de estos conceptos fueron: Virtualidad, Kinect, Planos, Ejes, Movilidad articular y Arcos de movilidad.

La investigación del proyecto se desarrolló en diferentes secciones; Primero, se realizó una exploración de diferentes tipos de movimientos corporales que estuvieran catalogados en rangos de medidas, basadas en ángulos para adultos sanos según su movilidad articular. Al completar esta sección de la investigación y tener claridad de los movimientos, se parametrizó los movimientos articulares utilizando la plataforma Visual Studio y generando una representación visual en la plataforma Unity, este momento de la investigación resulta importante por ser la configuración matemática de toda la dinámica de movimientos aplicados al proyecto, lo que dio paso a la creación, ambientación y desarrollo de la plataforma en el software Unity, esta sección resulta ser la convergencia de las indagaciones anteriores y es la que proyectó el desarrollo estético y funcional del proyecto en un producto virtual e interactivo.

5. Metodología

La metodología implementada en este proyecto fue SRUM.

SCRUM se basa en el desarrollo efectivo de proyectos basados en una idea macro que se va seccionando en partes más pequeñas que facilitan el trabajo por ciclos (Sprints); la ventaja de trabajar por sprints (fases), se basa en el manejo de los tiempos que pueden ir por días o semanas, y dentro de ese espacio se trata cada tema en específico, dependiendo del trabajo a realizar, en su proceso, cada sprint se somete a una revisión detallada que permite avanzar al siguiente eje temático siempre y cuando la meta del sprint anterior se haya culminado.

Para este proyecto se trabajaron tres fases que permitieron estructurar la investigación y dar orden a un trabajo efectivo y organizado, estas fases fueron:

- Primera Fase: Investigación de movimientos corporales bajo rangos de medidas, basadas en ángulos para adultos sanos, según la movilidad articular.

- Segunda Fase: Parametrización de movimientos articulares con Visual Studio y representación visual en Unity.

- Tercera Fase: Creación, ambientación y desarrollo de la plataforma en el software Unity.

6. Conclusiones

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en esta investigación y así mismo se plantean las mejoras para continuar con este y otros futuros proyectos que pueden derivarse.

En primera instancia, Korporal es un proyecto que se desarrolló primordialmente para promover el movimiento corporal en adultos sanos, se basó en una rutina compuesta por una serie de movimientos articulares; esta rutina se desenvuelve en un entorno virtual, clasificándolo, así como un Serious Game y brindando al usuario una experiencia diferente e interesante que lo motiva a culminar el proceso.

El método de reconocimiento en el proyecto es un punto a resaltar; se logró implementar un esquema de todos los movimientos corporales articulares que fueran posibles ejecutar por el usuario y luego ser leídos fácilmente por un dispositivo de reconocimiento; al determinar el dispositivo Kinect de Microsoft como un elemento idóneo para la realización de este proyecto, se plantearon exitosamente los parámetros que, por medio algoritmos propios, verificaron y corroboraron la buena práctica de los movimientos ejecutados por el usuario y detectados por el sensor.

El conjunto de este proyecto se logró plasmar en una plataforma virtual que resulta ser una herramienta útil para los profesionales en fisioterapia y salud ocupacional, pues se puede ver como una interfaz gráfica de usuario útil para el apoyo en la revisión de movimientos articulares, postura corporal, compensación del cuerpo y otras dinámicas. En la plataforma se desarrollaron mecánicas de interacción y guías que explican al usuario cómo navegar y entender la aplicación sin la necesidad de leer una cartilla o instructivo.

Elaborado por:	Forero Forero, Brayan Alejandro.
Revisado por:	Rivera Pinzón, Diego Mauricio

Fecha de elaboración del Resumen:	10	07	2019
--	----	----	------

Resumen

Korporal es una aplicación diseñada para promover el movimiento corporal en adultos sanos utilizando el Kinect®, por medio de un conjunto de software (“SDK for Kinect”), Visual Studio - Microsoft y Unity que permite su desarrollo en un entorno virtual.

La idea principal es que, tanto el profesional en fisioterapia, como el usuario, tengan una experiencia diferente y atractiva a la hora de valorar los movimientos corporales, basados en los desplazamientos de las articulaciones; esta experiencia ofrece una realimentación por medio del dispositivo Kinect de Microsoft, el cual se encarga de detectar los movimientos corporales del usuario y representarlos en tiempo real por medio de un avatar en un entorno virtual.

En cuanto al diseño, esta aplicación trabajó con un esquema de movimientos articulares, evaluados bajo el rango de movilidad de una persona en condiciones físicas y de salud normales, el análisis de estos movimientos fue capturado por el dispositivo Kinect, y el procesamiento y compilación de los sistemas de coordenadas fue procesado en diferentes scripts¹; al ser evaluado cada posicionamiento de cada articulación, se utilizó un algoritmo matemático que permitió analizar las articulaciones en términos de ángulos, y así poder determinar qué parámetros son los adecuados para verificar los movimientos detectados por el dispositivo, dando una mayor precisión en la corrección de los movimientos realizados por

¹ documento con instrucciones escritas en código de programación

el usuario en el momento de su interacción.

Por otro lado, se diseñaron diferentes tipos de escenarios virtuales en la plataforma Unity, que permiten al usuario comprenderla, interactuar con ella y realizar una rutina con diferentes tipos de movimientos programados previamente; adicional a esto, tener una retroalimentación ofrecida por un avatar que copia los movimientos en tiempo real y una guía de cada movimiento ofrecida por un instructor virtual.

Por último, los elementos utilizados para la realización de este proyecto fueron: Sensor Kinect V2 Para Windows, Adaptador de Kinect para Windows, computadora con: Procesador 64 bits (x64), Procesador de doble núcleo a 3,2 GHz, Puerto USB 3.0, 2 GB de RAM; Televisor de 50 pulgadas y Cable HDMI.

Tabla de contenidos

<i>Agradecimientos</i>	<i>v</i>
<i>Resumen</i>	<i>xiv</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>xix</i>
<i>Lista de Tablas</i>	<i>xxi</i>
<i>1 Planteamiento</i>	<i>1</i>
1.1 Planteamiento del problema	<i>2</i>
1.2 Pregunta	<i>4</i>
1.3 Justificación	<i>4</i>
1.4 Delimitación del problema	<i>6</i>
1.5 Objetivos	<i>7</i>
1.5.1 Objetivo General.....	<i>7</i>
1.5.2 Objetivos Específicos.....	<i>7</i>
1.6 Antecedentes	<i>8</i>
1.6.1 Aplicaciones con Kinect al servicio de la rehabilitación.....	<i>8</i>
1.6.2 Aplicaciones con Kinect y Entornos virtuales en otros campos que involucran el movimiento y la postura.....	<i>11</i>
<i>2 Marco teórico y metodología</i>	<i>13</i>

2.1 Marco Teórico	13
2.1.1 Virtualidad	13
2.1.2 Kinect®	14
2.1.3 Kit de desarrollo (SDK) 2.0 de Kinect	15
2.1.4 Unity	16
2.1.5 Visual Studio	17
2.1.6 Krita	17
2.1.7 Premiere pro	17
2.1.8 Movimiento corporal	17
2.1.9 Movilidad articular y rango de movilidad	18
2.1.10 Posición anatómica	19
2.1.11 Planos y ejes anatómicos	20
2.2 Metodología	23
2.2.1 Metodología SCRUM en el proyecto	24
3 Desarrollo de Korporal	27
3.1 Fase I: Investigación de movimientos articulares	28
3.1.1 Plano sagital	28
3.1.2 Plano Frontal	29
3.1.3 Posición Neutra	30
3.1.4 Ángulos de movimientos	31
3.2 Fase II: Parametrización de movimientos articulares	33
3.2.1 Reconocimiento corporal usando el dispositivo Kinect	34
3.2.2 Función de la pendiente sobre los puntos articulares	35
3.2.3 Movimientos y sus rangos de movilidad articular	36

3.2.4	Representación virtual del cuerpo	47
3.3	Fase III: Ambientación y desarrollo de la plataforma en el software Unity.	
	49	
3.3.1	Herramientas estructurales.....	50
3.3.2	Mecánicas de interacción.....	56
3.3.3	Guías de Navegación	58
4	Escenarios finales.....	61
4.1	Escenario de Menú Principal	61
4.2	Escenario de Actividad Principal	62
4.3	Escenario de tutoriales.....	64
4.4	Escenario de créditos	65
4.5	Logotipo de la aplicación	65
5	Resultados	67
6	Conclusiones y recomendaciones.....	69
6.1	Recomendaciones	69
7	Bibliografía.....	72

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Capacidades operativas del cuerpo.</i>	7
<i>Figura 2. Kinect V2.</i>	14
<i>Figura 3. Articulaciones Esqueléticas Reconocidas por el Kinect.</i>	16
<i>Figura 4. Rangos de Movimiento.</i>	19
<i>Figura 5. Posición anatómica neutra.</i>	20
<i>Figura 6. Planos anatómicos.</i>	22
<i>Figura 7. Ejes anatómicos</i>	23
<i>Figura 8 Modelo de SCRUM básico.</i>	24
<i>Figura 9 Metodología SCRUM aplicada al proyecto.</i>	26
<i>Figura 10 Movimiento de flexión y extensión (plano sagital, eje medio-lateral).</i>	29
<i>Figura 11 Movimiento de abducción y aducción.</i>	30
<i>Figura 12. Proceso de reconocimiento del Kinect v2 A. Reconocimiento de posturas basada en 3D; B. Segmentación del cuerpo; C. Distribución y reconocimiento de puntos y D. Visualización virtual</i>	34
<i>Figura 13. Cruce entre articulaciones.</i>	37
<i>Figura 14. Posición neutra, referencia de grados inicial y sentido de desplazamiento.</i>	43
<i>Figura 15. Representación virtual del cuerpo humano</i>	47
<i>Figura 16. Representación de colores en Flack.</i>	48
<i>Figura 17. Mouse controlado por palmas</i>	56
<i>Figura 18 Visualización de Tutorial 1.</i>	59
<i>Figura 19 Visualización de Tutorial 2.</i>	60
<i>Figura 20 Visualización de Escenario principal.</i>	60
<i>Figura 21 Menú Korporal.</i>	62
<i>Figura 22 Escenario de Movimientos.</i>	63
<i>Figura 23 Puntuación.</i>	63

<i>Figura 24 Escenario tutorial.</i>	64
<i>Figura 25 Escenario Créditos.</i>	65
<i>Figura 26 Título Korporal.</i>	66

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Características Del Kinect V2</i>	15
<i>Tabla 2. Características de la posición anatómica neutral.</i>	31
<i>Tabla 3. Características de las articulaciones tenidas en cuenta en Korporal.</i>	31
<i>Tabla 4. Pasos para obtener el valor de ángulos en las articulaciones con Visual Studio.</i>	35
<i>Tabla 5. Características de los movimientos empleados en la aplicación.</i>	37
<i>Tabla 6. Rango de movimiento en grados.</i>	44
<i>Tabla 7. Componentes en Unity.</i>	51
<i>Tabla 8. Botones y su función.</i>	57

1 Planteamiento

Recientemente se ha percibido un avance tecnológico significativo, pues en la última década, la virtualidad ya es parte habitual del diario vivir; exhibiciones virtuales, universidades virtuales, médicos virtuales, oficinas virtuales, todo por el hecho de estar a un paso más de la efectividad y la comodidad (*Vince, 2004*).

Esto sin duda ha resuelto grandes eventos que años atrás eran difíciles de tratar, por ejemplo, en el ámbito médico es evidente la incorporación de nuevas tecnologías que han permitido la evolución del diagnóstico por imagen, analizadores computarizados que son más efectivos para procesar y dar respuestas a muestras en el menor tiempo posible, cirugías a distancia, y representaciones holográficas del cuerpo humano, que permiten a estudiantes de medicina conocer las partes y los sistemas corporales sin que se opte por un método invasivo (*Guerrero Pupo , 2004*)

En el campo de la Fisioterapia, la virtualidad ha estado presente constantemente, centrándose en el campo del análisis del movimiento, la rehabilitación física, la mejora de las cualidades físicas como coadyuvante en el tratamiento de diferentes condiciones de salud que afectan el movimiento de las personas. También las investigaciones en entornos virtuales han logrado aumentar actividades que fomentan el movimiento y apoyan la prevención de alteraciones con el mantenimiento y mejora de movimientos articulares, tomando como herramientas de apoyo sensores no invasivos que permiten percibir diferentes señales corporales.

Con la creación del Kinect, un dispositivo de reconocimiento corporal, creado por Microsoft y hecho inicialmente para consolas de videojuegos Xbox 360 (*Muga Gonzales ,*

2012), se ha venido desarrollando una serie de investigaciones utilizando este dispositivo. Su efectividad de reconocimiento en tiempo real, fácil configuración y comodidad para trabajar, tanto en ambientes domésticos como clínicos (Chang , et al., 2012) es el pilar principal que muestra al Kinect como un elemento idóneo para trabajar retroalimentación de movimientos en tiempo real en personas sanas o con alguna condición de salud.

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, los avances con relación a entornos virtuales y fisioterapia han sido notorios con el desarrollo de proyectos como los Serious Games, que son proyectos de juegos creados para un fin específico diferente al ocio, los cuales se sustentan con periféricos de realimentación, como gafas estereoscópicas, sensores infrarrojos entre otros, para estimular la práctica de los movimientos y mejorar la toma de medidas y de parámetros que de manera tradicional fuese menos dinámico. Este tipo de proyectos beneficia tanto al paciente como al fisioterapeuta, pues como se logra concluir en el trabajo “Physical Rehabilitation based on Kinect Serious Games”, el paciente puede realizar las terapias físicas en el hogar utilizando un equipo de retroalimentación como el Kinect® y aprovechando este dispositivo, los fisioterapeutas pueden evaluar las métricas para la evaluación objetiva del proceso de rehabilitación (Oliveira , Octavian, & Ferreira , 2017).

Múltiples proyectos se tienen enmarcados en la línea de los Serious Games; es el caso del trabajo “Serious Rehabilitation Games with Kinect”, un demo diseñado para apoyar la rehabilitación de lesiones deportivas a través de una mecánica de juegos que incluye flexión y extensión del codo, abducción y aducción de hombro y flexión y extensión de rodilla (Fernandez Cervantes , Castillo, Olivia , & Gonzales), otro trabajo es “Virtual Reality

System for Multiple Sclerosis Rehabilitation using kinect”); una aplicación para personas con esclerosis múltiple (EM)², donde plantea una serie de movimientos previamente explicados en realidad virtual por medio del reconocimiento corporal ofrecido por Kinect. En la ejecución del juego para EM, el paciente debe estar acompañado por un profesional en fisioterapia para programar previamente la aplicación a necesidad de cada paciente (Perez Alboil , Paracios , & Fardoum , 2012).

Luego de revisar estas investigaciones, se puede observar que las aplicaciones cuentan con información de reconocimiento de posiciones de las articulaciones, previas explicaciones he introducciones de la mecánica del juego y retroalimentación tanto para el paciente como para el profesional en fisioterapia que acompaña el proceso; pero en una mirada más detallada, no tienen presente características específicas como realizar algunos movimientos articulares, rangos de movimiento articular, tener en cuenta la postura adecuada, la alineación y la importancia de los movimientos de la columna vertebral, características claves del movimiento típico que influye en los usuarios a la hora de realizar las actividades.

Ahora bien, este proyecto buscó elaborar un prototipo que promueva el movimiento corporal en adultos sanos, específicamente movimientos articulares, por medio de una rutina que comprende movimientos típicos de algunas articulaciones, aplicando dinámicas interactivas de navegación, interacción y retroalimentación que motivan al usuario a realizar

² Según Dominguez Moreno (2012). “La EM es una enfermedad desmielinizante, crónica, autoinmune e inflamatoria que afecta a todo el sistema nervioso central. Constituye la principal causa de discapacidad neurológica no traumática entre los adultos jóvenes” (p.27).

de una manera agradable movimientos que favorecen su postura con el proceso.

La pertinencia de este proyecto se debe también a la escasa accesibilidad que se tiene de dichos programas, pues muchos de estos proyectos se encuentran en fase de prueba, no están avalados por un profesional en fisioterapia, se encuentran en idiomas diferentes al inglés y español o en ocasiones son de paga como el proyecto Doctor Kinetic³, lo que hace compleja su adquisición.

1.2 Pregunta

De acuerdo con lo anterior la pregunta base es:

¿Cuáles estrategias pueden emplearse para desarrollar un software que promueva el movimiento corporal en adultos utilizando como retroalimentación el sensor kinect®?

1.3 Justificación

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de una aplicación ambientada en un entorno virtual, utilizando como periférico principal el Microsoft Kinect®, con el fin de, por medio de una rutina, promover el movimiento corporal en adultos, específicamente el movimiento articular; la pertinencia de este proyecto está dada por la investigación y documentación de trabajos anteriores, que centran sus desarrollos en la exploración de una mejor interacción en los tratamientos y mediciones convencionales de fisioterapia con los

³ Doctor Kinetic es una aplicación desarrollada en Koppele, Países Bajos y cumple con la función de ser una herramienta virtual que ayuda a la recuperación y rehabilitación de personas con enfermedades que limitan su movimiento natural.

pacientes, utilizando herramientas que permiten la interacción con la virtualidad, por medio de videojuegos o ejercicios interactivos que usuario puede seguir fácilmente, manteniendo el interés todo el tiempo.

Generalmente las sesiones de fisioterapia enfocadas en la rehabilitación, mantenimiento o potenciación del movimiento, se realizan en consultorios ya sean privados o de alguna institución; con esta propuesta del desarrollo de una aplicación, se puede favorecer el desarrollo de las sesiones, ya que al hacer uso del sensor de profundidad Kinect, facilita una captura de movimiento económica, manejable y concisa, haciendo que el usuario pueda interactuar con la plataforma incluso desde su propia casa favoreciendo la motivación al realizar las actividades propuestas (Bleiweiss, et al., 2010).

Los movimientos propuestos en la plataforma se enfocan en los siguientes segmentos corporales: del tronco, la columna cervical y lumbar, de los miembros superiores, hombros y codos y de los miembros inferiores, caderas y rodillas. lo cual da una significativa diferencia entre esta aplicación y las demás pues es más evidente la ejecución de movimientos puros con adecuada alineación y postura, enfatizando diferentes movimientos con ángulos específicos y alineación corporal.

El desarrollo de esta aplicación es una fuente de apoyo para los fisioterapeutas, pues responde como una herramienta que favorece la retroalimentación al usuario y eso beneficia el aprendizaje motor y la interiorización de movimientos típicos y adecuados.

1.4 Delimitación del problema

Esta aplicación virtual está dirigida a adultos (27 – 59 años)⁴ tanto hombres como mujeres, no obstante, la aplicación puede ser usada por jóvenes en un rango de edad de 18 a 26 años. Pues. Como afirma Palmer & Epler (2002), “Generalmente, cuanto más joven es el paciente, mayor es la amplitud del movimiento. Bell y Hoshizak encontraron que había un declive en la amplitud del movimiento articular en la mayoría de pacientes entre 20 y 30 años”(p.13). Por tal motivo se determinó ese rango de edad.

Así mismo se tiene en cuenta que los usuarios que utilizarán la aplicación son personas sanas y que no presentan deficiencias⁵ o limitaciones⁶ que alteren el movimiento. Para este trabajo que se enfoca en movimientos articulares, se entiende por persona sana aquel que no tiene diagnóstico de ninguna enfermedad que le altere el movimiento ni los rangos de movilidad articular. Los rangos de movilidad articular o amplitud de movimientos articulares están determinados por ángulos que forman las articulaciones al realizar un desplazamiento, en la figura 1 se pueden observar algunos movimientos y rangos articulares atribuidos a actividades básicas y unitarias que al ser combinadas forman una secuencia de movimientos complejos (Alonso Becerra , 2007).

⁴ www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/cicloVida.aspx

⁵ Problemas en la función o estructuras como desviación significativa o pérdida.

⁶ dificultades que puede tener un individuo en desempeñar o realizar actividades. Clasificación funcional del funcionamiento y la discapacidad CIF. Organización mundial de la salud.

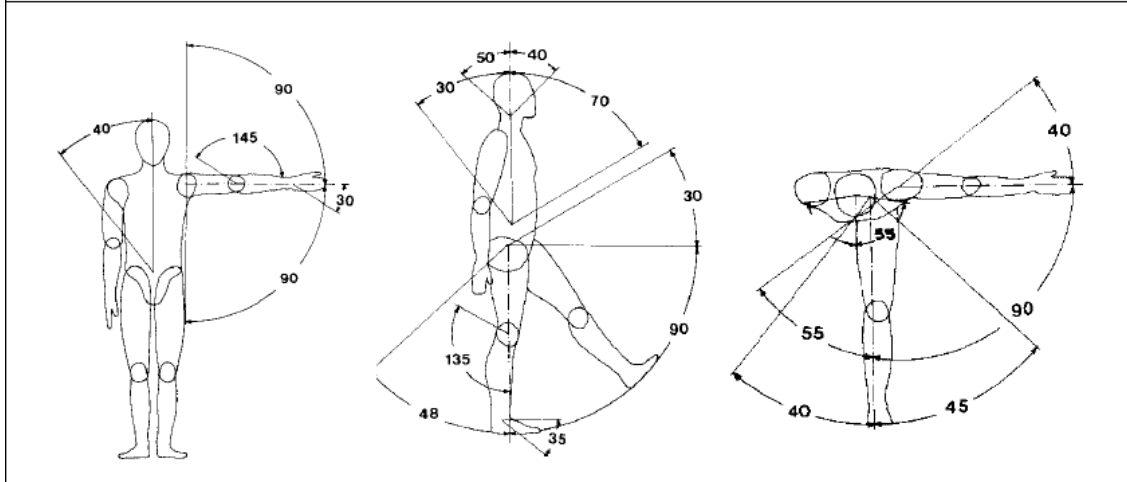


Figura 1. Capacidades operativas del cuerpo.
 Fuente: Becerra, A. (2017). Biomecánica.

En cuanto al espacio, para poder lograr movimientos amplios y al utilizarse una aplicación que maneja un sensor de profundidad, se recomienda usar un espacio de 3 metros de distancia del sensor, sin obstáculos para que el usuario tenga una mayor comodidad y el sensor pueda reconocerlo adecuadamente, también es necesario un entorno donde la incidencia de la luz natural no se exponga directamente al dispositivo ya que esto puede alterar la medición.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un software para promover el movimiento corporal en adultos utilizando como retroalimentación el sensor Kinect®.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Implementar un esquema de movimientos articulares que permitan ejecutarse y sean susceptibles a medición usando el sensor de profundidad.
- Determinar los parámetros de verificación para la práctica adecuada de los movimientos detectados por el sensor.
- Diseñar una interfaz gráfica de usuario y guía que permita la interacción con el adulto.

1.6 Antecedentes

Las investigaciones en el Campo de los Serious Games, recientemente han incluido periféricos de realimentación, lo cual implica un importante avance en la investigación de elementos que facilitan el análisis de procesos y métodos, que de manera tradicional resultan menos atractivos y toman más de tiempo; como el caso del Kinect®, un dispositivo el cual ha servido en investigaciones sobre rehabilitación con toma de muestras de movimientos corporales y registros físicos que apoyan diferentes deportes o prácticas culturales. Dichas investigaciones han resultado valiosas para el avance científico y la incorporación de diferentes tecnologías. A continuación, se observan algunos antecedentes académicos similares al proyecto propuesto.

1.6.1 Aplicaciones con Kinect al servicio de la rehabilitación

Según Ferreria, Olveira y Postolache (2017) en su investigación “Physical Rehabilitation based on Kinect Serious Games” en la cual desarrollaron una aplicación en Realidad Virtual (RV) clasificada como Serious Game, la cual pretende mejorar la dinámica de rehabilitación de múltiples pacientes; la dinámica del juego se divide en dos partes,

trabajo con miembros superiores o inferiores, dependiendo de la necesidad del paciente se selecciona el tipo de juego; adicional, el profesional en fisioterapia puede modificar parámetros del juego como el tiempo, número de vidas, distancia entre las piernas en determinado movimiento, entre otros. Cuenta con una aplicación en Android que envía los resultados y ciertos parámetros al profesional en fisioterapia para así llevar un control de las actividades y la evolución del paciente (Oliveira , Octavian, & Ferreira , 2017).

“A Microsoft Kinect based virtual rehabilitation system”, este proyecto desarrolló un Sistema de videojuego en RV que consta de 5 ejercicios donde pretende rehabilitar personas con limitaciones físicas o con trastornos generados por sus actividades sedentarias. Las actividades van desde Ping pong, Balance Shift y Window Cleaner, con esto demuestran que en este tipo de aplicaciones se obtiene una leve mejoría en personas con problemas en sus miembros superiores (Tseng, Lai, & Chen , 2014).

“KINECT Applications for The Physical Rehabilitation”, Esta investigación muestra un informe de la evaluación del Kinect frente a variadas actividades aplicadas a una población geriátrica, la intención es evaluar en posición erguida los tiempos de desplazamiento de un punto a otro y, en una posición de reposo para usuarios que presentan algún tipo de dificultad en sus miembros inferiores, evaluar los rangos de movimiento en sus miembros superiores con movimientos articulares como abducción, flexión y rotación (Kitsunezaki , Adachi, Masuda , & Mizusawa, 2013).

“Postural Rehabilitation through Kinect-Based Biofeedback”, Es una investigación que desarrolló un sistema de reconocimiento postural que registra datos biomecánicos utilizando el Kinect, y en tiempo real, hace una realimentación que permite al paciente hacer una corrección de su postura. Este trabajo se realizó en adultos ancianos con diagnóstico de

disco lumbar degenerativo (Neri , Adorante, Gianni , & Franciosi, 2013).

“Kinect-based Virtual Training System for Rehabilitation”, Para esta investigación proponen un sistema de formación virtual que brinda rehabilitación a personas que hayan sufrido accidentes cerebrovasculares; consiste en un avatar renderizado que sirve como instructor y enseña varios movimientos que involucra los miembros tanto del tren superior como inferior, cada movimiento cuenta con un término de 20 grados de libertad independiente del paciente. Estos movimientos están previamente grabados en una base de datos y el paciente pasa a realizarlos para luego verlos replicados en el avatar (Hoang , `Dang , & Nguyen, 2017).

“Game Design for Physical Therapy and Rehabilitation Using Kinect”, Esta investigación realizó el diseño de un videojuego dentro del marco conceptual de gamificación para la rehabilitación de pacientes. Se diseñaron 4 momentos de juego que implican movimientos individuales de cada extremidad, y movimientos conjuntos con una complejidad mayor. El tema principal es un laberinto donde el paciente puede controlar el personaje por medio de movimientos corporales; la dificultad de los niveles es lineal, lo que implica que a medida que se van cumpliendo los objetivos del juego, mayor será la dificultad; Los modelos físicos del juego se tomaron por ángulos en las articulaciones y se establecieron para que el paciente pueda seguirlos (Erdogan & Ekenel Kemal , 2015).

“A motion rehabilitation self-training and evaluation system using Kinect”, Para esta investigación se desarrolla un sistema de rehabilitación y evaluación para personas con accidente cerebrovascular utilizando el Kinect y modelos 3D modelados en Unity, que representan un esqueleto del paciente y un modelo avatar que muestra los movimientos a realizar, el experimento valida la utilización de este tipo de método para la evaluación de

movimientos corporales, por su exactitud y su tiempo de respuesta. Adicional se realizaron pruebas de movimiento articular en rodillas, hombros y codos en personas sanas para su póstuma evaluación y comparación con personas en proceso de rehabilitación (Pei , et al., 2016).

“A Kinect-based System for Physical Rehabilitation: Utilizing Tai Chi Exercises to Improve Movement Disorders in Patients with Balance Ability”, En esta investigación se propone un sistema de rehabilitación utilizando el Kinect y RV para pacientes con trastornos de movimiento mediante la realización de ejercicios Tai Chi en casa. Utilizando videos previos de maestros del Tai Chi, clasifican los movimientos en dos posturas, erguido y sentado. Los puntos de las articulaciones establecidas por los maestros ya se encuentran en una base de datos que son comparadas en tiempo real con las articulaciones del paciente, dando así una realimentación visual, permitiendo corregir la postura según la indicación previa (Lin, Hsien , & Lee, 2013).

1.6.2 Aplicaciones con Kinect y Entornos virtuales en otros campos que involucran el movimiento y la postura

“Dance Posture/Steps Classification using 3D Joints from the Kinect Sensors”, Esta investigación aprovecha el reconocimiento de 25 articulaciones por el Kinect V2 para clasificar en un marco las secuencias de baile de captura, el objetivo es, por medio de 3 pistas folclóricas de baile griegas, y dándole prioridad a las articulaciones de los miembros inferiores, probar 7 clasificadores para evaluar el rendimiento en la categorización de la postura (Bakalos, Protopapadakis, Doulamis, & Doulamis , 2018).

“Yoga Posture Recognition By Detecting Human Joint Points In Real Time Using Microsoft Kinect”, En este artículo proponen un proyecto que tiene como fin monitorear con precisión las diferentes posturas del Yoga, utilizando el Microsoft Kinect y basándose en la medición de los ángulos calculados en las articulaciones con tal de obtener una precisión cerca del 97% en cada articulación referida a una postura específica del Yoga (Islam, Mahmud , Ashraf, Hossain , & Hansan , 2016).

“Implementation of Technical Data Analysis of Skeleton Extracted from Camera Kinect in Grading Movements of Vietnamese Martial Arts”, Hace una implementación de los datos de profundidad en la formula estática de puntuación de movimiento utilizando Microsoft Kinect. Esta toma de puntuación de movimiento es usada para la realización de un software en Visual Studio 2013 que reconoce una serie de movimientos de las artes marciales vietnamitas. Se realizó la implementación del auto entrenamiento y la evaluación de las artes marciales tradicionales, tomando como punto concluyente estadísticas que mostraron que el programa evaluó inicialmente los movimientos de artes marciales con bastante precisión (Thanh, Tuyen, Dung , & Cong , 2017).

“In Search of a Usability of Kinect in the Training of Traditional Japanese “KATA” —Stylized Gestures and Movements”, Realiza un análisis de postura en el arte marcial “KATA”, utilizando los parámetros de identificación de articulaciones ofrecidas por el Microsoft Kinect, en el proyecto investigan la posible usabilidad tanto en esta como en otras dos artes marciales. Para comprobar su uso efectivo proponen una postura específica ya programada y corroboran el posicionamiento de las articulaciones de los usuarios indicando su correcta o incorrecta postura por medio de indicadores de color en las articulaciones (Fukase , Y.Nakanishi, & L.Tatsuta, 2013).

2 Marco teórico y metodología

2.1 Marco Teórico

Este proyecto llamado *Korporal* es desarrollado en un entorno de experiencia virtual, bajo un conjunto de elementos propios, relacionados con lógica de programación, ambientación de escenarios virtuales, composiciones musicales originales y escenografías propias de una plaza de filmación profesional, con el objetivo de crear un medio donde las personas que la utilicen, puedan retroalimentar la experiencia referente a su movimiento corporal, mejorando así sus movimientos y haciendo conciencia corporal de los mismos. A continuación, se encuentran los conceptos más utilizados como base de la fundamentación del desarrollo de la aplicación *Korporal*.

2.1.1 Virtualidad

El adjetivo “Virtual” es ahora la connotación del avance tecnológico para estos tiempos, ya no es de extrañarse que se hable de libros virtuales, profesores en plataformas interactivas o compras online, este epíteto es el recurrente a las nuevas tecnologías y al avance científico (Biosca i Bas , 2009), por ende la virtualidad como adjetivo se utiliza para describir un entorno que no hace parte de la realidad, un entorno que es generado por computadora y que tiene la capacidad de emular las características de espacios ficticios o similares a un entorno real sin tener que desplazarse.

Como ejemplo de entorno virtual se tienen los videojuegos, las simulaciones, las plataformas educativas, entre otros; todas ellas compartiendo una característica especial, que resulta ser la innovación tecnológica que sumerge, disuade y motiva al usuario a continuar

con el tema, lo que implica que para este proyecto, la virtualidad juega un papel importante, que complementada con la temática principal, crea un espacio de interacción adecuado que hace al usuario sentir que aprende mientras se entretiene.

2.1.2 Kinect®

Es un dispositivo que fue diseñado para permitir la interacción entre usuario y consola de videojuegos sin necesidad de usar controles de mando físicos. Kinect usa una interfaz que reconoce objetos, imágenes, gestos, voz y movimientos, lo cual permite controlar al personaje en la pantalla (Guerrero Beltran & Villaluenga Basañez, 2014).

Este dispositivo fue diseñado por Microsoft para la consola Xbox 360, hasta el momento se han creado dos versiones, Kinect v1 y Kinect v2, el cual se puede apreciar en la figura 2, esta última para la consola Xbox One; simultáneamente estos dos productos se adaptaron en la plataforma Windows por medio de controladores Software Development Kit (SDK) de libre acceso, abriendo las puertas de la investigación para desarrolladores independientes.

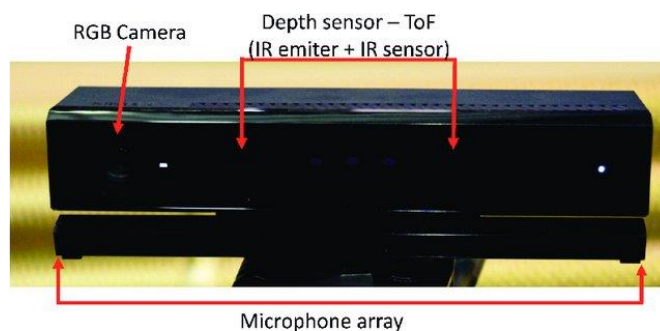


Figura 2. Kinect V2.

Fuente: (Miadlicki & Sakow, 2017) The use of machine vision to control the basic functions of a CNC machine tool using gestures.

Las mejoras del Kinect v2 frente a la versión anterior son bastante notorias, en la *Tabla 1*. Basada en Duque (2015), se puede ver una descripción detallada de las características y algunas de sus mejoras, un detalle a resaltar es el rastreo del cuerpo, pues para la versión anterior la capacidad se limitaba tan solo a 20 articulaciones corporales, mientras que para la última versión es posible detectar 25 articulaciones (Duque, 2015).

Tabla 1. Características Del Kinect V2

Características	Kinect V2
Video	1920×1080 @30 fps High Definition
Profundidad	512×424 Distancias 0.5 a 4.5 metros
Rastreo Corporal	Capacidad para detectar 6 Usuarios Puede identificar 25 articulaciones
Motor de Inclinación	Tiene mayor ángulo de visión y puede graduarse manualmente su inclinación.
USB	3,0
Sistema Operativo	Win 8.1 o superior Sólo 64 bits

Fuente: Elaboración propia (2019)

2.1.3 Kit de desarrollo (SDK) 2.0 de Kinect

El kit de desarrollo de software (SDK) 2.0 de Kinect para Windows, es una herramienta que permite a los desarrolladores independientes crear aplicaciones que admiten el reconocimiento de voz, el gesto y los movimientos corporales usando la tecnología de sensor Kinect en computadoras con servidor de Windows 8, 8.1 o superior (Microsoft, 2019).

Esta versión SDK llamada KinectSDK-v2.0_1409 permite que la computadora reconozca el dispositivo, con lo cual da un espectro de cómo el sensor reconoce el cuerpo de manera general en los usuarios, en la figura 3 se puede observar cuales son las articulaciones que reconoce. Esta versión ofrece un soporte para la plataforma Unity que es la plataforma donde se desarrollará el producto de este proyecto.

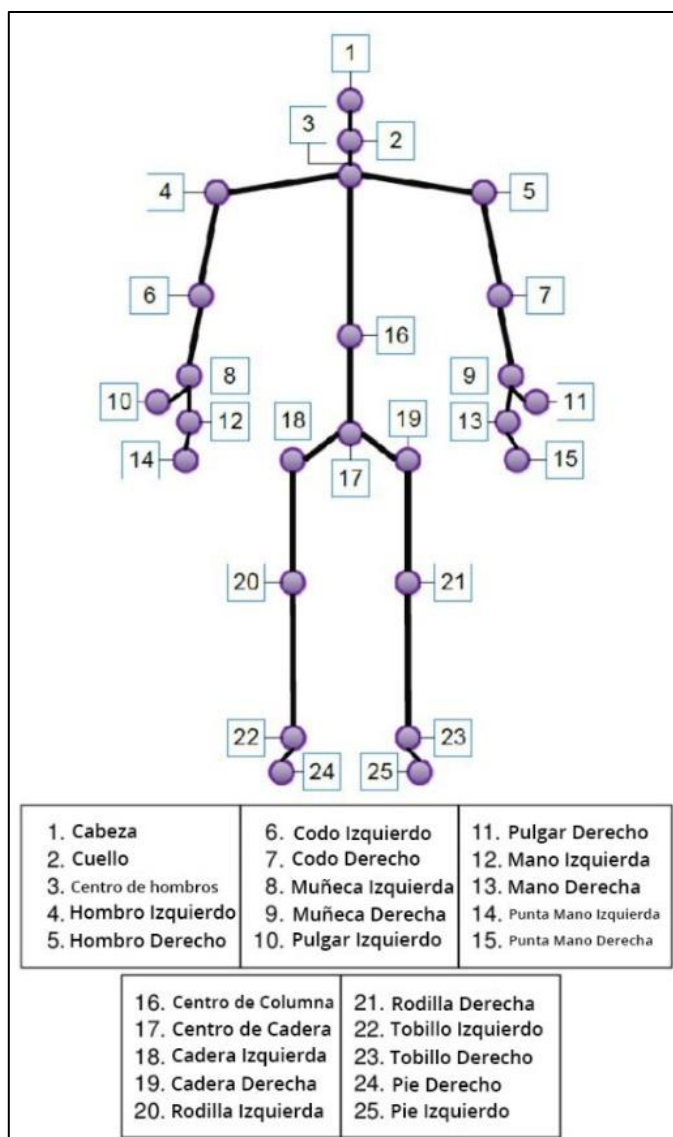


Figura 3. Articulaciones Esqueléticas Reconocidas por el Kinect.

Fuente: (Ahmed , Padma, & Gavrilova, 2015) Kinect-Based Gait Recognition Using Sequence of the Most Relevant Joint Relative Angles.

Adaptada y modificada por: Forero, B. 2019

2.1.4 Unity

Unity es un motor de software creado para el desarrollo de videojuegos, que brinda a todos los desarrolladores la capacidad de crear aplicaciones en 2D o 3D, además puede trabajar con herramientas de retroalimentación como gafas estereoscópicas, sensores infrarrojos, entre otros. Para este proyecto se usó la versión Unity 2018.2.6f1 (Unity

Technologies, 2018).

2.1.5 Visual Studio

Es un sistema de desarrollo integrado (IDE) para sistemas operativos Windows. Está diseñado para editar, depurar y compilar código en lenguajes de programación como Visual Basic, C++, C# entre otros, adicional, este software puede trabajar en conjunto con la plataforma Unity (Microsoft, 2019).

2.1.6 Krita

Es un software de edición, creación de imagen y diseño de sprites. Es un programa de software libre que provee de características de edición de imágenes de Raster, así como gráficos vectoriales; permite trabajar bajo capas que actúan como mascarar sobre una o varias imágenes.

2.1.7 Premiere pro

Es una aplicación de software profesional de paga muy usada para la edición de video en computadoras Mac OS o Windows, permite editar toda clase de producto audiovisual en diferentes formatos, posee un gran abanico de herramientas donde se puede aplicar efectos de sonido, gráficos animados, subtítulos, entre otros (Smith, 2018).

2.1.8 Movimiento corporal

Según Prieto y Naranjo (2005) “el concepto de cuerpo se ha asociado a la

interpretación funcional del movimiento y se ha profundizado sobre su capacidad mecánica, neurológica y fisiológica. Para la fisioterapia, su interpretación ha estado más centrada en comprender las capacidades físicas de éste y las maneras cómo se comporta en relación con la funcionalidad del movimiento, que en la identificación y estudio del cuerpo en relación con la construcción de identidad y lenguaje en las personas” (p.59). más allá de una mirada biológica, el movimiento es una dimensión de la existencia del ser que posibilita la expresión, la noción de sí y de otros; la disponibilidad de dicho cuerpo o corporal como expresión el movimiento, hace referencia a la actitud del sujeto en relación con su cuerpo, que a su vez se determina a través de la experiencia y cuyo núcleo es la noción de la conciencia (Prieto Rodriguez & Naranjo Polania , 2005)

Desde una mirada netamente biológica y mecánica, para objeto de este estudio, el movimiento hace referencia al cambio de posición de uno o varios segmentos corporales dados por contracciones musculares que hacen que dichos segmentos se acerquen o alejen por medio de las articulaciones (unión de dos o más huesos).

2.1.9 Movilidad articular y rango de movilidad

Según Aparicio & Peinado (2013) “La movilidad articular es la capacidad de movimiento de una articulación en un sentido más amplio (máximo rango de movimiento) y dinámico” lo que da a entender que un miembro con un segmento articular puede hacer determinados movimientos dependiendo de las estructuras anatómicas implicadas.

Estos movimientos articulares tienen ciertos límites que corresponden a las posiciones en las que se encuentran las articulaciones, para el cuerpo humano, no todas tienen la misma capacidad de movimiento, por tal razón, se tiene presente un test de movilidad articular, que

como afirma Lesmes (1996) “Es un método de exploración clínica que mide la amplitud del movimiento de cada una de las articulaciones”(p.18), no sin antes tener en cuenta los rangos de movilidad, que son aquellos movimientos de las articulaciones que están expresadas en ángulos y se desplazan en cada uno de los tres planos del espacio (Soto Niño, 2009).

Los rangos de movimiento se pueden observar como ejemplo en la figura 4 y se precisa que el origen de estos viene de variados estudios que dependen de la ubicación de las articulaciones, de igual forma es preciso aclarar que las variaciones de cada contextura corporal también son significativamente influyentes, la edad, el sexo y la complejión física entre otros.

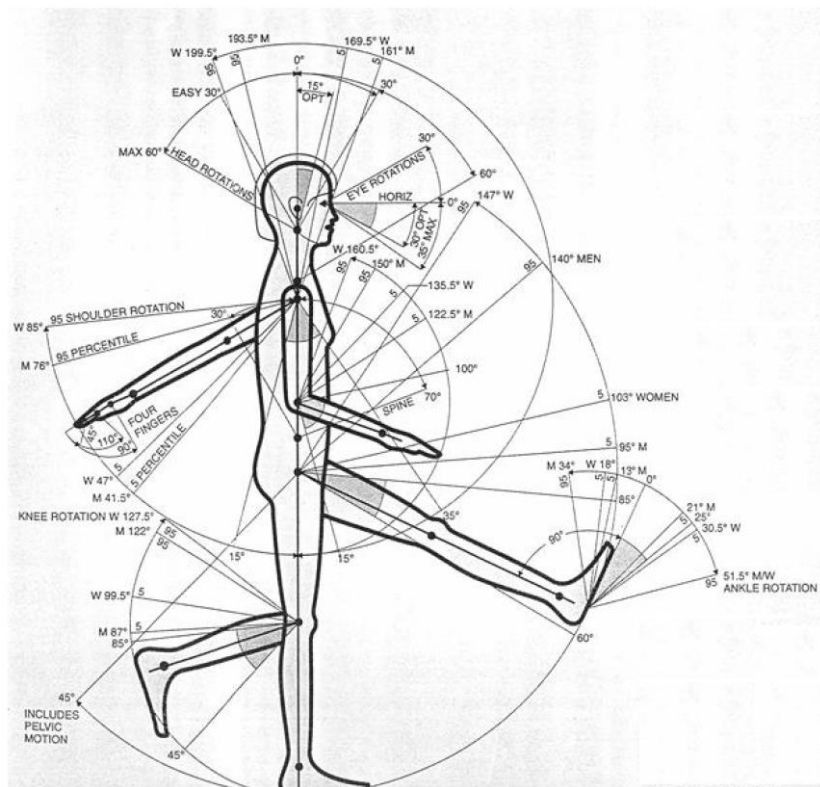


Figura 4. Rangos de Movimiento.

Fuente: Tomado de: A Ivin R. Tilley “Le misure dell’uomo e della donna” Henry Dreyfuss Associates. 1993
Adaptado y modificado por: Forero, B. (2019).

2.1.10 Posición anatómica

Es una posición constante donde se realizan todas las descripciones anatómicas de progresión, de relación y de movimiento (Grimaldos Pérez, 2016). La posición anatómica que se toma en cuenta es la posición en neutro, esta posición describe una postura del individuo en bípedo que se refiere a las extremidades en extensión y los pies puestos en el suelo como se puede apreciar en la figura 5 (Grimaldos Pérez, 2016), La posición es pertinente, pues como punto de partida se definen todas las articulaciones en 0° (Taboaleda, 2004).

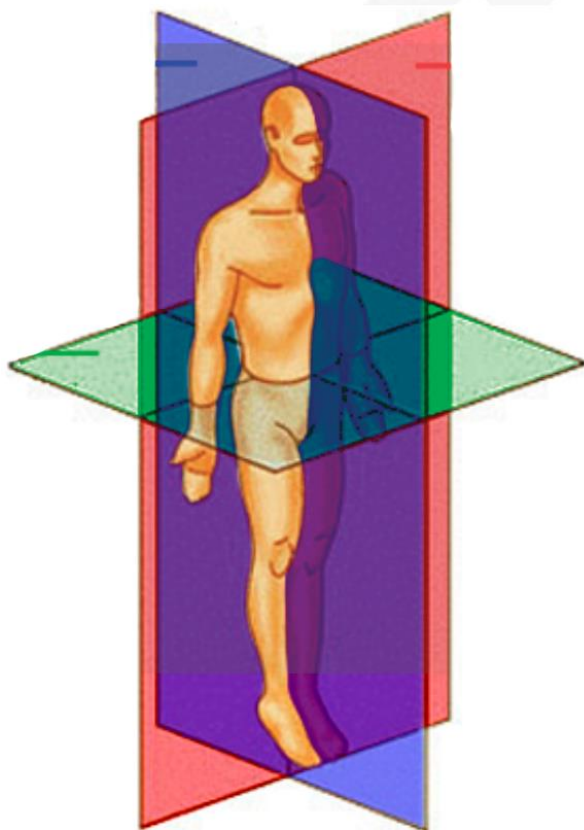


Figura 5. Posición anatómica neutra.
Fuente: (González , 2012) Posiciones, planos y cavidades anatómicas.
Adaptada y modificada por: Forero, B. 2019.

2.1.11 Planos y ejes anatómicos

La planimetría es el método que se usa para dividir el cuerpo humano en diferentes

zonas, lo que permite facilitar su estudio (Taboaleda, 2004). Sobre este método es posible ver el cuerpo desde diferentes perspectivas y ángulos, lo que facilita su análisis y estudio.

Para este proyecto, la definición de estos conceptos es necesaria, ya que para el análisis de los movimientos articulares, es necesario determinar sobre qué planos y ejes está influenciada cada articulación.

2.1.11.1 Planos

Los planos anatómicos (figura 6) se refieren a las dimensiones espaciales en las que se puede trazar del cuerpo, estas dimensiones se dividen en tres grupos que atraviesan el cuerpo en posición anatómica (Grimaldos Pérez, 2016). Como describe Taboaleda (2004) Tres planos perpendiculares son los que se reconocen entre sí: Plano Sagital, Plano Frontal o Coronal y Plano Transversal o Axial.

- El *plano sagital* divide al cuerpo en una parte derecha y otra izquierda.
- El *plano frontal* divide al cuerpo en una parte posterior y una anterior.
- El *plano transversal* divide al cuerpo en una parte superior y en una inferior.

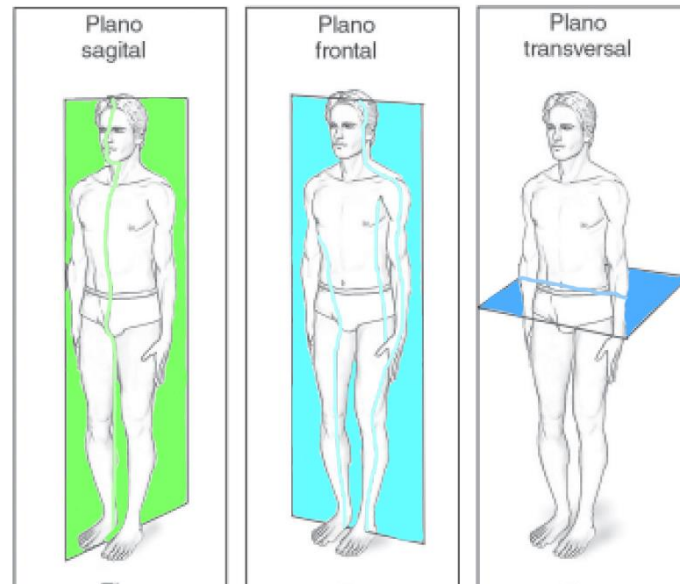


Figura 6. Planos anatómicos.

Fuente: (Taboaleda, 2004) Goniometría.
Adaptada y modificada por: Forero, B. 2019.

2.1.11.2 Ejes

Según Grimaldos Perez (2016) los ejes (figura 7) “son una línea imaginaria perpendicular a los planos, sobre los cuales se realizan los movimientos”(p,13). Estos ejes anatómicos son los siguientes:

- El *eje anteroposterior*: Perpendicular al plano frontal.
- El *eje medio-lateral*: Perpendicular al plano sagital.
- El *eje Longitudinal o vertical*: perpendicular al plano transversal.

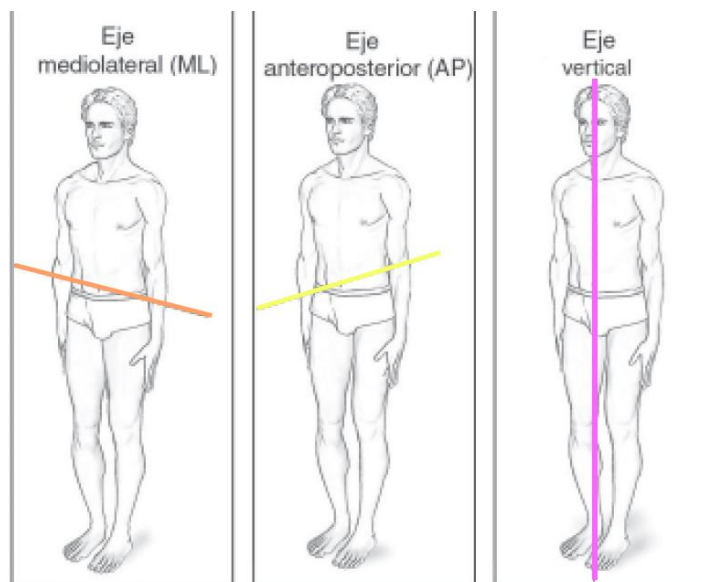


Figura 7. Ejes anatómicos

Fuente: (Taboaleda, 2004) Goniometría.
Adaptada y modificada por: Forero, B. 2019.

2.2 Metodología

En el campo de trabajo empresarial y tecnológico, se emplea un marco de trabajo que aprovecha los procesos y las técnicas de investigación y desarrollo, empleando el menor tiempo posible y realimentando de saberes el grupo que lo compone. Esta metodología se denomina *SCRUM*.

Este marco de trabajo es una metodología que aborda problemas complejos y a su vez desarrolla productos de alta calidad, efectivos y productivos. Se caracteriza por ser leve, cómodo de entender y complejo de dominar (Schwaber & Sutherland, 2017).

SCRUM se basa en el desarrollo efectivo de proyectos basados en una idea macro que se va seccionando en partes más pequeñas que facilitan el trabajo por ciclos (*Sprints*); la ventaja de trabajar por *sprints* (*fases*) se basa en el manejo de los tiempos que pueden ir por días o semanas y dentro de ese espacio se trata cada tema en específico, dependiendo del trabajo a realizar, en su proceso, cada *sprint* se somete a una revisión detallada que permite

avanzar al siguiente eje temático siempre y cuando la meta del *sprint* anterior se haya culminado (Srivastava, Bhardwaj, & Saraswat, 2017), (Khalil & Kotaiah, 2017).

Quienes conforman el *SCRUM* son:

- Scrum Master, que se caracteriza por eliminar los impedimentos, referido al miembro que tiene como propósito guiar, corregir y facilitar la ejecución del producto.
- Scrum Team, es un grupo funcional de expertos desarrolladores, probadores y conocedores de amplios temas que se encargan de realizar las tareas en los *sprints*.

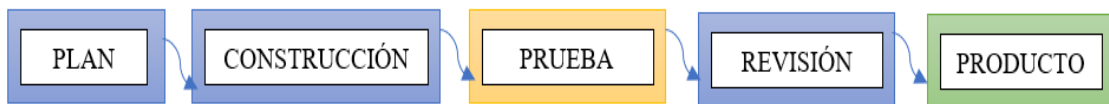


Figura 8 Modelo de SCRUM básico.

Fuente (Srivastava, Bhardwaj, & Saraswat, 2017) Elaborada por: Forero, B. 2019

2.2.1 Metodología SCRUM en el proyecto

Cargos:

- Scrum Master: director de trabajo de grado.
- Scrum Team: Estudiante desarrollador del proyecto.

Elementos:

- Fuente del producto: Las herramientas y elementos que se necesitaron para este producto fueron los siguientes.
 - Microsoft Kinect ®.
 - Unity.

- Microsoft Visual Studio ®.
- Fuente del Sprint: Fraccionar la investigación en tareas pequeñas.
 - Primera Fase: Investigación de movimientos articulares, bajo rangos de medidas basadas en ángulos para adultos sanos.
 - Segunda Fase: Parametrización de movimientos articulares con Visual Studio y representación visual en Unity.
 - Tercera Fase: Creación, ambientación y desarrollo de la plataforma en el software Unity.

Reuniones:

- Panificación de Sprint:

El grupo de trabajo concreta las prioridades y obligaciones que son necesarias para la elaboración de la fuente del Sprint.
- Reunión semanal:

Un día a la semana se pacta un encuentro con 80 minutos de duración, donde el Scrum Master formula las siguientes preguntas:

 - ¿Qué se logró la semana anterior?
 - ¿Qué objetivos y metas se tienen presentes para esta semana?
 - ¿Cuáles son las dudas o las inquietudes que son solucionables?
- Retrospectiva del Sprint:

Es generada por el Scrum Master, donde hace un análisis del Sprint y de acuerdo a lo recogido presenta el siguiente Sprint para su trabajo.

En la figura 9 se puede apreciar una idea general de la metodología SCRUM aplicada a la idea general de este trabajo de investigación.

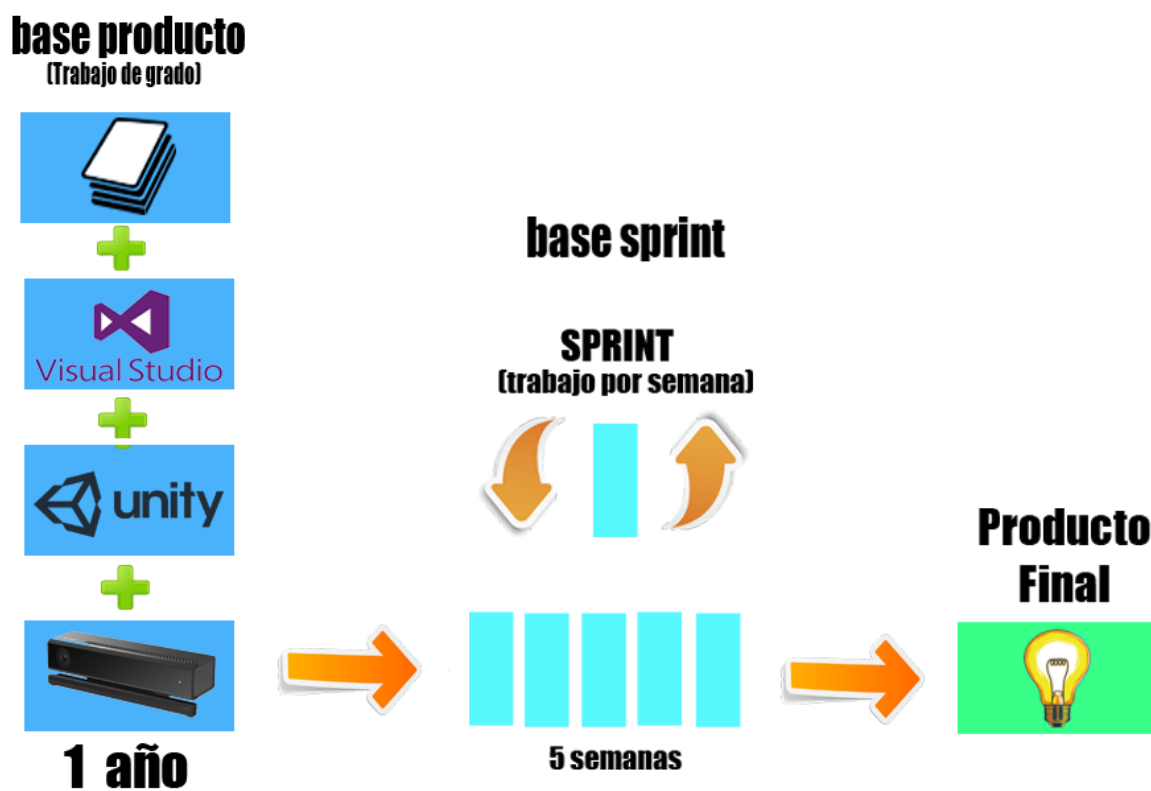


Figura 9 Metodología SCRUM aplicada al proyecto.

Fuente: Forero, B. 2019.

3 Desarrollo de *Korporal*

Korporal es una aplicación que se desarrolla con el objetivo de promover el movimiento corporal en adultos sanos, empleando una rutina con una serie de movimientos que aprovechan el desplazamiento de distintos puntos articulares del cuerpo, utilizando herramientas como el Kinect, y basándose en la temática de entornos virtuales para su diseño y funcionamiento, viéndose también como una herramienta de apoyo en actividades de medición y verificación de ángulos de confort articular, control de equilibrio y compensación corporal, en compañía de profesionales en fisioterapia, salud ocupacional o especialidades a fin.

Para cumplir con los objetivos planteados se procedió a realizar *Fases* que trazaron el avance del trabajo. En la primera *Fase* se esquematizó la investigación de diferentes movimientos articulares comprendidos entre planos y ejes, definidos bajo una posición en bípedo, estos movimientos se trazaron entre unos límites medidos en términos de ángulos en las articulaciones, que están definidos bajo una zona de confort, donde un usuario, en condiciones físicas y de salud normales, puede desplazarse sin ningún inconveniente. La segunda *Fase* es el análisis de la captura del cuerpo ofrecida por el Kinect, por medio de algoritmos y usando el software Visual Studio, se establecen los ángulos de más de 16 articulaciones reconocidas por el dispositivo Kinect; este reconocimiento de puntos y análisis de ángulos es renderizado en la plataforma Unity, lo que permite una visualización 3D en tiempo real de los movimientos corporales. y la tercera *Fase* es la unión de las *Fases* anteriores; tras la documentación de los movimientos posibles y realizables, la computarización y control de datos de esos movimientos, se pasa a diseñar una plataforma

atractiva, sencilla e interactiva que contiene una rutina de 30 movimientos corporales que, mediante dinámicas virtuales, son retroalimentados para el usuario en tiempo real y guiados mediante instrucciones claras a lo largo de la interacción.

3.1 Fase I: Investigación de movimientos articulares

En esta *Fase* se hizo una revisión de todos los posibles movimientos articulares identificables por medio del Kinect, bajo rangos de medidas basadas en ángulos para adultos sanos. *Korporal* tiene presente dos planos y dos ejes en los cuales se realizarán los movimientos, es preciso aclarar entonces que los movimientos no sólo se realizan en un plano, aun así, es necesario definir cada uno de los movimientos dependiendo del plano y del eje en que se encuentren involucrados (Grimaldos Pérez, 2016).

3.1.1 Plano sagital

Sobre el plano sagital, se encuentra cruzado perpendicularmente el eje medio-lateral y sobre él se realizan todos los movimientos de flexión y extensión. Estos movimientos son visibles desde una perspectiva de perfil como se puede apreciar en la figura 10 (Taboaleda, 2004).

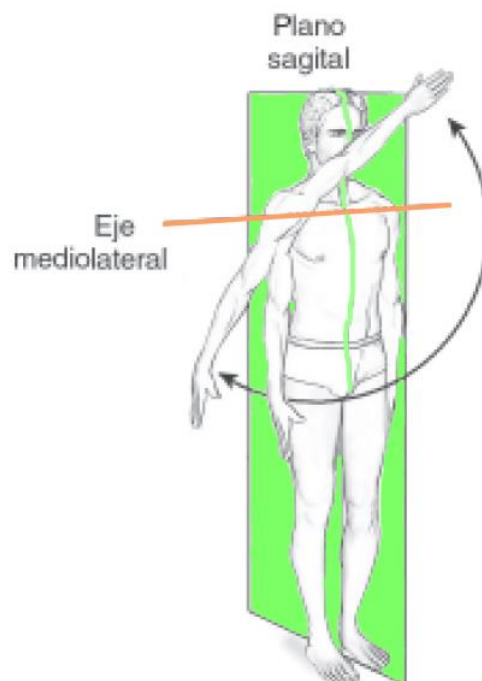


Figura 10 Movimiento de flexión y extensión (plano sagital, eje medio-lateral).
 Fuente: (Taboaleda, 2004) Goniometría.
 Adaptada y modificada por: Forero, B. 2019.

Flexión: Es aquel movimiento que desplaza un miembro del cuerpo hacia delante de la posición bípeda en el plano sagital. También es definido como la reducción de un ángulo que se forma por la articulación, de manera que dos segmentos adyacentes se aproximan (Taboaleda, 2004), (Grimaldos Pérez, 2016).

Extensión: Es aquel movimiento que desplaza un miembro del cuerpo hacia la parte de atrás de la posición bípeda en el plano sagital. De igual manera se describe como la extensión del ángulo generado por la articulación, de modo que dos segmentos corporales adyacentes se alejan (Taboaleda, 2004), (Grimaldos Pérez, 2016).

3.1.2 Plano Frontal

Sobre el plano Frontal, se encuentra cruzado perpendicularmente el eje anteroposterior y sobre él se realizan todos los movimientos de abducción y aducción. Estos

movimientos son visibles desde una perspectiva frontal como se puede apreciar en la figura 11 y se orientan verticalmente y dividen el cuerpo en parte anterior y parte posterior (Taboaleda, 2004), (Grimaldos Pérez, 2016).

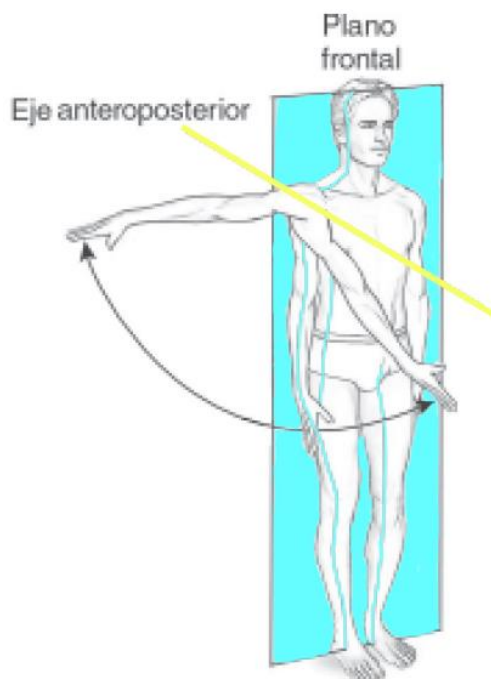


Figura 11 Movimiento de abducción y aducción.
Fuente: (Taboaleda, 2004) Goniometría. Adaptada por: Forero, B. 2019.

Abducción: Es aquel movimiento que desplaza un miembro del cuerpo alejándolo de la línea media en el plano frontal (Taboaleda, 2004).

Aducción: Es aquel movimiento que desplaza un miembro del cuerpo acercándolo a la línea media en el plano frontal (Taboaleda, 2004).

3.1.3 Posición Neutra

Según Grimaldos Perez (2016). basado en Palastanga, N. & Soames, R., todos los movimientos se describen con respecto a la posición anatómica la cual es referida en bípedo (figura 12). En ésta posición se consideran las articulaciones en “posición neutra” y la actividad muscular es mínima; y resulta ser un punto de referencia desde donde se evalúan

los ángulos de las articulaciones.

Las características de esta posición anatómica se pueden apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Características de la posición anatómica neutral.

Características de la postura en Bípedo
1. Rodillas juntas y en extensión.
2. Talones ubicados sobre una misma línea, con punta de pies levemente separadas.
3. Pelvis equilibrada sobre las cabezas femorales.
4. Columna vertebral en extensión, tratando de alcanzar la máxima longitud posible.
5. Vértice occipital hacia arriba, las orejas en un mismo nivel y los ojos mirando hacia adelante.
6. Hombros dirigidos hacia atrás.
7. Brazos colgando a lo largo del cuerpo y las plantas de las manos dirigidas hacia afuera, en esta posición de los brazos no debe existir ningún tipo de contracción muscular, los mismos estarán en total libertad.


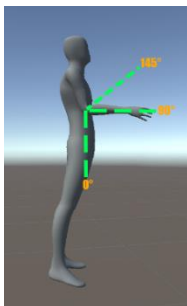
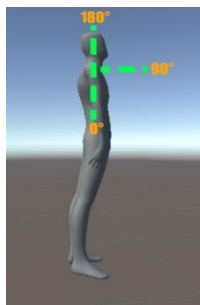
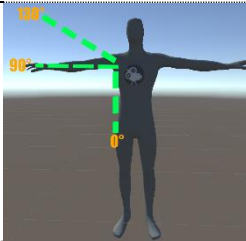
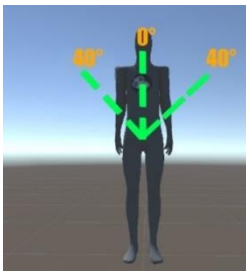
Fuente: (González , 2012) Posiciones, planos y cavidades anatómicas.
Adaptada y modificada por: Forero, B. (2019).

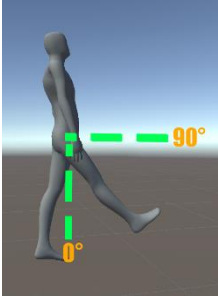
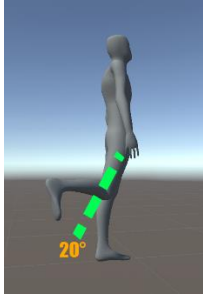
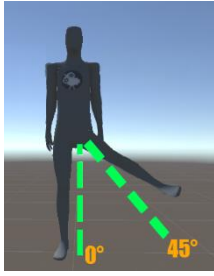
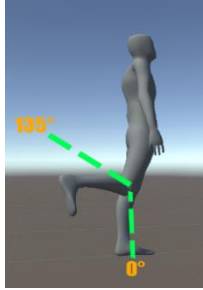
3.1.4 Ángulos de movimientos

Los ángulos de movimientos tomados se determinaron bajo los conceptos de la anatomía y la fisiología de cada articulación, teniendo presente las capacidades operativas de cada una. En la tabla 3 se puede observar las características de cada articulación y su compromiso en los rangos de movimiento que un usuario, en condiciones sanas, puede alcanzar.

Tabla 3. Características de las articulaciones tenidas en cuenta en Korporal.

ARTICULACIONES	IMAGEN	MOVIMIENTO	PLANO	EJE	RANGO DE MOVIMIENTO (ÁNGULO)
Columna cervical (Cuello)		Inclinación	Frontal	Anteroposterior	0° - 40°

ARTICULACIONES	IMAGEN	MOVIMIENTO	PLANO	EJE	RANGO DE MOVIMIENTO (ÁNGULO)
Cintura Escapular		Elevación	Frontal	Anteroposterior	* Elevación hasta tocar el lóbulo de la oreja
Codo		Flexión	Sagital	Mediolateral	0° – 145°
Hombro		Flexión	Sagital	Mediolateral	0° – 180°
Hombro		Abducción	Frontal	Anteroposterior	0° - 90° 90° - 130°
Columna Lumbar		Inclinación	Frontal	Anteroposterior	0° - 40°

ARTICULACIONES	IMAGEN	MOVIMIENTO	PLANO	EJE	RANGO DE MOVIMIENTO (ÁNGULO)
Cadera		Flexión (rodilla flexionada)	Sagital	Mediolateral	0° - 90°
Cadera		Extensión (rodilla flexionada)	Sagital	Mediolateral	0° - 20°
Cadera		Abducción	Frontal	Anteroposterior	0° - 45°
Rodilla		Flexión de rodilla	Sagital	Mediolateral	0° - 135°

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.2 Fase II: Parametrización de movimientos articulares

Esta fase de parametrización de movimientos articulares con Visual Studio y representación visual en Unity, se dividió en cuatro partes importantes del proyecto, la primera es analizar de qué manera el Kinect reconoce el cuerpo del usuario y así tener una

base teórica del funcionamiento del dispositivo, en la segunda parte se trabajó en la obtención de un algoritmo matemático que permita la toma de ángulos según las articulaciones reconocidas por el Kinect, esta función dará la posibilidad de analizar las articulaciones en función de movimientos calculados por ángulos, en la tercera parte se fijarán los movimientos que harán parte de la rutina y el rango de libertad que tendrán según el rango del movimiento que comprometa las articulaciones, esta parte de la fase es considerada muy importante, pues instaure la columna vertebral de la aplicación *Korporal*, y en la cuarta y última parte se converge todo el análisis en una representación virtual que sigue en tiempo real los movimientos del usuario.

3.2.1 Reconocimiento corporal usando el dispositivo Kinect

El elemento que permite interactuar al usuario en la plataforma *Korporal* es la cámara de profundidad Kinect v2, el reconocimiento que hace en el cuerpo se puede observar en la figura 12, es importante mencionar que Kinect utiliza esta misma estrategia para reconocer cualquier usuario sin importar su estatura, edad, color de piel o condición física.

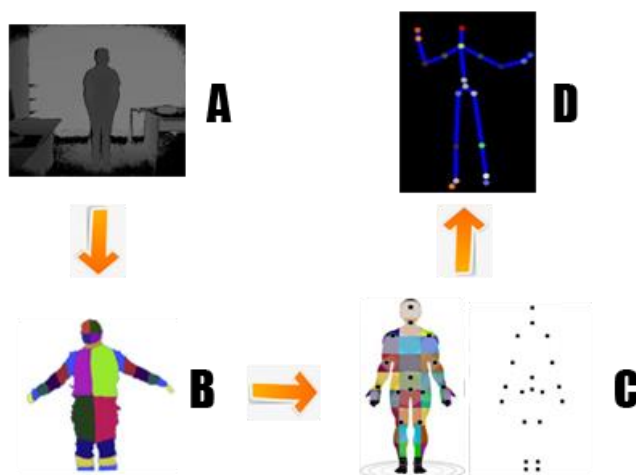


Figura 12. Proceso de reconocimiento del Kinect v2 A. Reconocimiento de posturas basada en 3D; B. Segmentación del cuerpo; C. Distribución y reconocimiento de puntos y D. Visualización virtual

Fuente: (Farfán , 2014) Adaptado y modificado por: Forero, B. 2019

Una vez el sensor Kinect hace el procesamiento visual y lo transfiere a una representación virtual por medio del SDK, empieza a trazarse el punto de partida para detallar y definir los lineamientos matemáticos que sustentan la base de medición de ángulos anatómicos en *Korporal*.

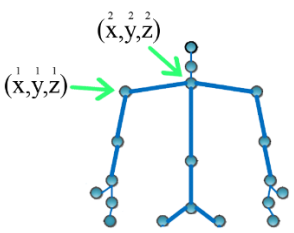
3.2.2 Función de la pendiente sobre los puntos articulares

Partiendo de la representación esquelética que hace el Kinect sobre el cuerpo, se detallan los puntos articulares, estos puntos están representados en 3D por tratarse de un entorno virtual, y se enmarcan en un plano definido por tres ejes espaciales.

Por tratarse de coordenadas cartesianas, cada punto articular tiene una coordenada (x, y, z) que va modificando sus valores en punto flotante cada vez que el usuario se desplaza. Este proyecto aprovechó el valor de las coordenadas en cada articulación, para trazar un ángulo sobre la línea recta que conecta dos puntos y que mide su pendiente sobre un eje horizontal o vertical, dependiendo de las articulaciones.

El análisis de estos ángulos se trabaja en la plataforma Visual Studio, por medio de un script se obtiene el valor en ángulos de cada par de articulaciones analizadas, en la tabla 4 se puede observar los pasos que realiza el script para obtener los valores deseados.

Tabla 4. Pasos para obtener el valor de ángulos en las articulaciones con Visual Studio.

PASOS	REPRESENTACIÓN	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN
Llamado y reconocimiento de los valores numéricos de cada articulación.		<pre>// puntos joints a evaluar private Vector3 vPosJoint1 = Vector3.zero; private Vector3 vPosJoint2 = Vector3.zero; // angulos en Z y Z public float AngZHeadNeck= 0f; public float AngXHeadNeck = 0f; // Asignacion de joints a vPosJoint vPosJoint1 = manager.GetJointPosition(userId, iJointIndex1); vPosJoint2 = manager.GetJointPosition(userId, iJointIndex2);</pre>

Cálculo de la pendiente de la recta tomando dos coordenadas.	$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$	<pre data-bbox="747 210 1437 420"> // Asignacion de joints a vPosJoint vPosJoint1 = manager.GetJointPosition(userId, iJointIndex1); vPosJoint2 = manager.GetJointPosition(userId, iJointIndex2); //Calculo de angulos en Z y Y AngZHeadNeck = (Mathf.Atan2((vPosJoint2.y - vPosJoint1.y), (vPosJoint2.z - vPosJoint1.z)) * Mathf.Rad2Deg)+90; AngXHeadNeck = (Mathf.Atan2((vPosJoint2.y - vPosJoint1.y), (vPosJoint2.x - vPosJoint1.x)) * Mathf.Rad2Deg) +90; </pre>
Relación trigonométrica entre pendiente y ángulo.	$m = \tan \theta$ <p data-bbox="462 378 714 436">Entonces, tenemos que $\theta = \arctan m$</p>	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Movimientos y sus rangos de movilidad articular

El Kinect v2 es un excelente dispositivo que permite reconocer los movimientos en tiempo real de los usuarios que lo usan, sus ventajas son bastante amplias, empezando por obviar la necesidad de que usar un elemento adicional en el cuerpo que incomode u obstruya el desplazamiento. Pero como todo dispositivo presenta sus dificultades, al ser un dispositivo que basa su visión en un sensor infrarrojo para obtener información de la profundidad, sufre de problemas como las oclusiones y la combinación de partes del cuerpo rastreadas (Shum , Ho , Jiang , & Takagi, 2013); en concreto, la dificultad se evidencia cuando el movimiento que realiza el usuario (fig.13) compromete una perspectiva que hace que las articulaciones se junten entre ellas.

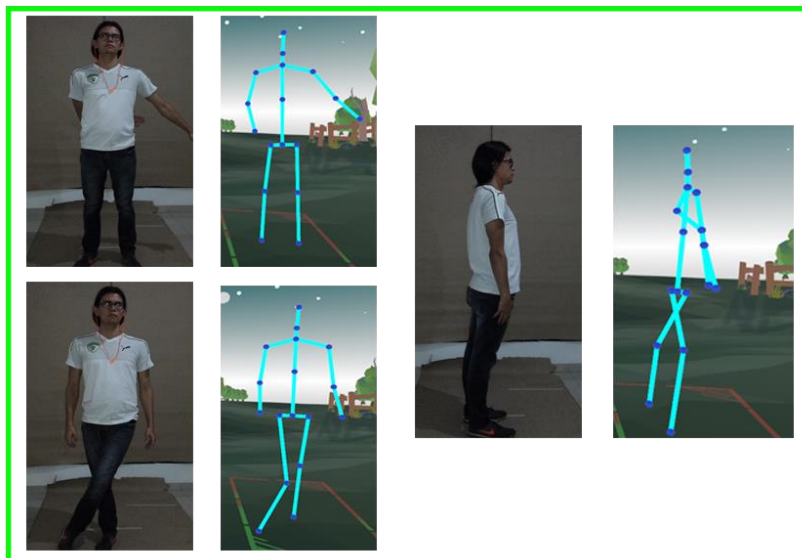

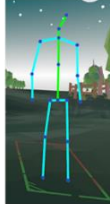

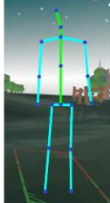






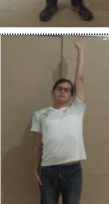



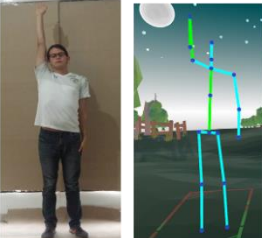
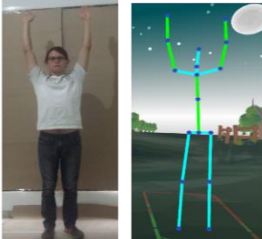

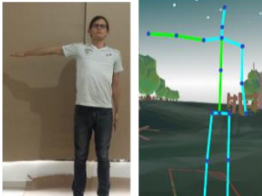
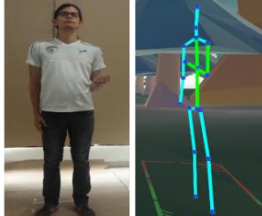
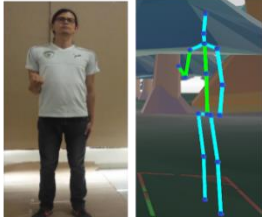
Figura 13. Cruce entre articulaciones.
Fuente: Elaboración propia.

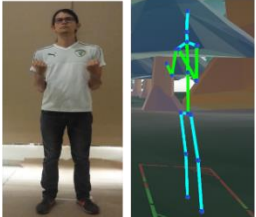


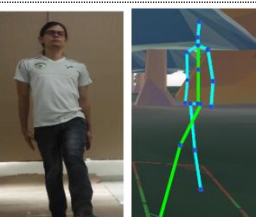
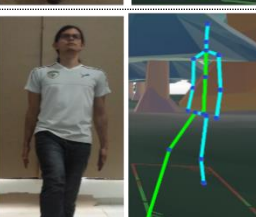
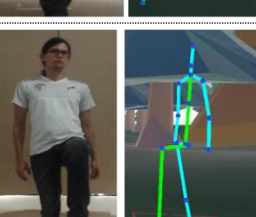
Para evitar este inconveniente, se fijaron 30 movimientos que evitan el cruce de las articulaciones, estos movimientos son trabajados en dos planos, frontal y sagital al igual que dos ejes, Anteroposterior y mediolateral que se trabajan en los planos mencionados respectivamente. El reconocimiento que hace el Kinect v2, lo hace desde una perspectiva frontal, lo que haría pensar que solamente maneja un plano, pero la característica de profundidad, le da la ventaja de trabajar sobre un segundo plano, extendiendo el abanico de movimientos posibles.







En la tabla 5 se puede observar el nombre y las características de cada uno de los movimientos que se emplearon en la aplicación *Korporal*, esto con el fin de dimensionar el nivel de compromiso que imprime cada movimiento en el usuario.

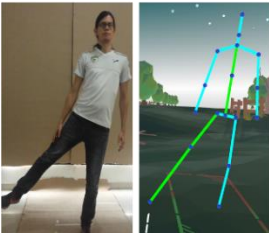
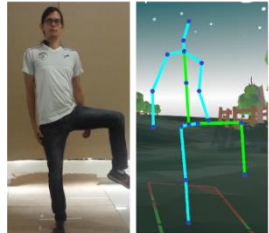
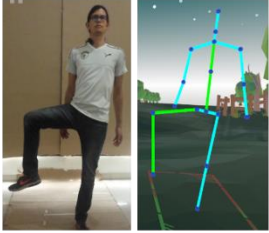

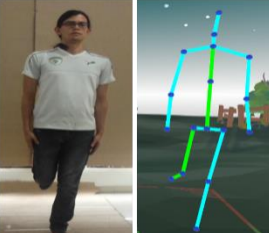

Tabla 5. Características de los movimientos empleados en la aplicación.

MOVIMIENTO	ARTICULACIÓN COMPROMETIDA	REPRESENTACIÓN REAL Y REPRESENTACIÓN VIRTUAL		PLANO Y EJE
Inclinación derecha de cuello	Columna cervical (cuello)			Frontal – anteroposterior
Inclinación izquierda de cuello	Columna cervical (cuello)			Frontal – anteroposterior
Elevación de hombros	Cintura escapular derecha e izquierda			Frontal – anteroposterior
Flexión de hombro derecho (90°)	Hombro derecho			Sagital – mediolateral
Flexión de hombro izquierdo (90°)	Hombro izquierdo			Sagital – mediolateral
Flexión de hombro derecho (180°)	Hombro derecho			Sagital – mediolateral

MOVIMIENTO	ARTICULACIÓN COMPROMETIDA	REPRESENTACIÓN REAL Y REPRESENTACIÓN VIRTUAL	PLANO Y EJE
Flexión de hombro izquierdo (180°)	Hombro izquierdo		Sagital – mediolateral
Flexión de hombros bilateral	Hombro derecho e izquierdo		Sagital – mediolateral
Abducción horizontal derecha (90°)	Hombro derecho		Frontal – anteroposterior
Abducción horizontal izquierda (90°)	Hombro derecho		Frontal – anteroposterior
Flexión de codo derecho (parcial)	Codo derecho		Sagital – mediolateral
Flexión de codo izquierdo (parcial)	Codo izquierdo		Sagital – mediolateral

MOVIMIENTO	ARTICULACIÓN COMPROMETIDA	REPRESENTACIÓN REAL Y REPRESENTACIÓN VIRTUAL	PLANO Y EJE
Flexión de codos bilateral	Codo derecho e izquierdo		Sagital – mediolateral
Inclinación derecha de columna	Columna lumbar		Frontal – anteroposterior
Inclinación izquierda de columna	Columna lumbar		Frontal – anteroposterior
Flexión de cadera derecha con rodilla recta	Cadera derecha		Sagital – mediolateral
Flexión de cadera izquierda con rodilla recta	Cadera izquierda		Sagital – mediolateral
Flexión de cadera derecha con flexión de rodilla	- Cadera derecha - Rodilla derecha		Sagital – mediolateral

MOVIMIENTO	ARTICULACIÓN COMPROMETIDA	REPRESENTACIÓN REAL Y REPRESENTACIÓN VIRTUAL	PLANO Y EJE
Flexión de cadera izquierda con flexión de rodilla	- Cadera derecha - Rodilla derecha		Sagital – mediolateral
Extensión de cadera derecha con rodilla recta	Cadera derecha		Sagital – mediolateral
Extensión de cadera izquierda con rodilla recta	Cadera izquierda		Sagital – mediolateral
Extensión de cadera derecha con flexión de rodilla	- Cadera derecha - Rodilla derecha		Sagital – mediolateral
Extensión de cadera izquierda con flexión de rodilla	- Cadera derecha - Rodilla derecha		Sagital – mediolateral
Abducción de cadera derecha	Cadera derecha		Frontal – anteroposterior

MOVIMIENTO	ARTICULACIÓN COMPROMETIDA	REPRESENTACIÓN REAL Y REPRESENTACIÓN VIRTUAL	PLANO Y EJE
Abducción de cadera izquierda	Cadera izquierda		Frontal – anteroposterior
Abducción de cadera derecha con rodilla flexionada	- Cadera derecha - Rodilla derecha		Frontal – anteroposterior
Abducción de cadera izquierda con rodilla flexionada	- Cadera izquierda - Rodilla izquierda		Frontal – anteroposterior
Flexión de rodilla derecha	Rodilla derecha		Sagital – mediolateral
Flexión de rodilla izquierda	Rodilla izquierda		Sagital – mediolateral
Ejercicio sorpresa	- Flexión de ambos codos. - Flexión de cadera derecha - Flexión de rodilla derecha		Frontal – anteroposterior

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se puede observar en la tabla 5, los movimientos ejecutados por el usuario no presentan una mayor dificultad al realizarlos, son dinámicos, rápidos cumplir y permiten que el Kinect realice una lectura fácil, disminuyendo en un gran porcentaje el margen de error.

La medición de los ángulos parte de una posición anatómica base en el usuario, esta posición en bípedo se denomina “posición en neutro o de 0°” y resulta ser el punto de partida para el valor en grados de cada articulación involucrada en los movimientos respecto a su eje de referencia (fig.14).

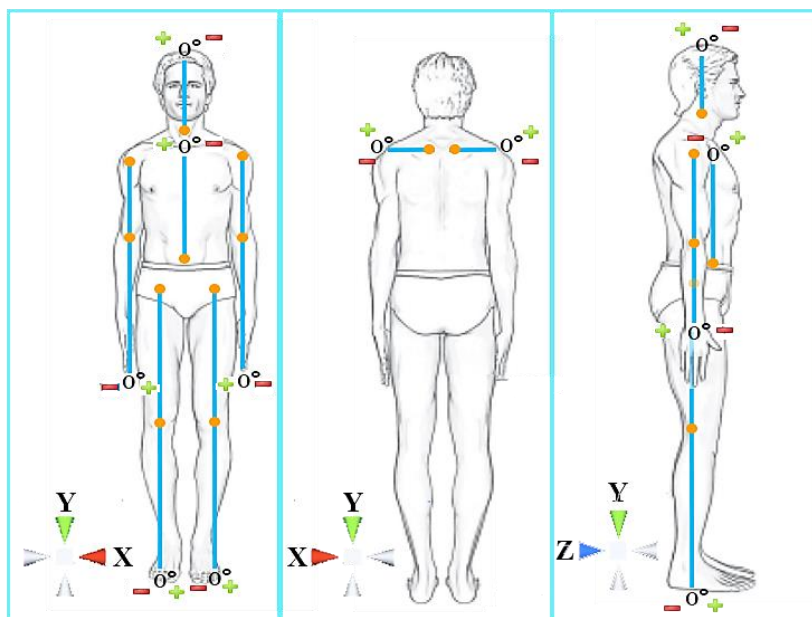


Figura 14. Posición neutra, referencia de grados inicial y sentido de desplazamiento.

Fuente: (Taboaleda, 2004) Goniometría
Adaptado y modificado por: Forero, B. 2019.

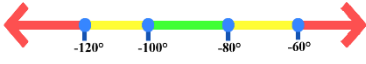




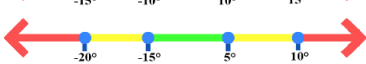
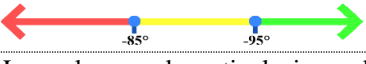
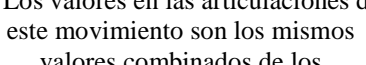
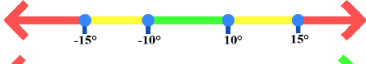


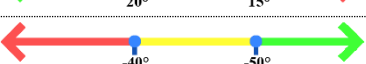

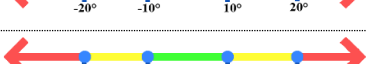
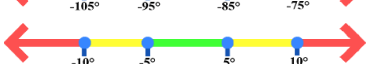
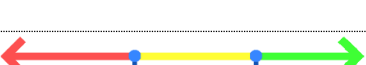


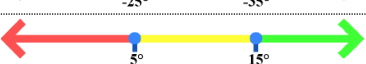


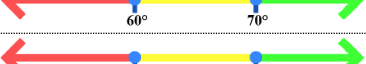

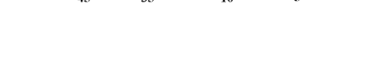

Los treinta movimientos se trabajan dentro de un marco limitado por rangos de movimiento articular, cada articulación en cada movimiento tiene ángulos definidos con ciertos grados de libertad, estos grados de libertad, permiten a diferentes usuarios poder completar el objetivo de cada movimiento sin que se sientan forzados a llegar al ángulo ideal, pero sí a que logren el objetivo de desplazarse dentro del rango de movimiento articular

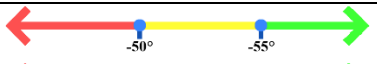
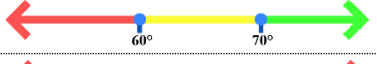
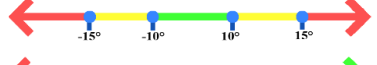




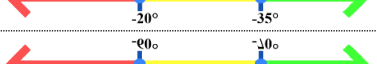


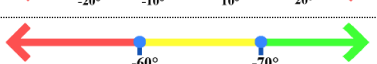

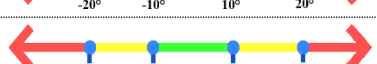

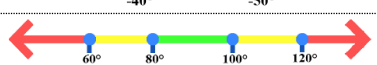
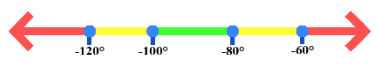
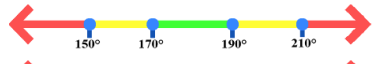
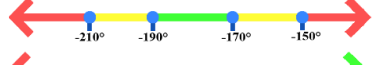


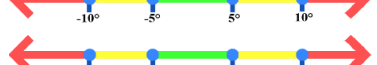

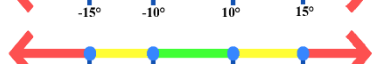
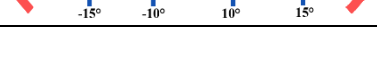

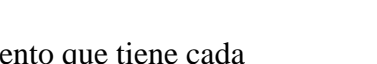
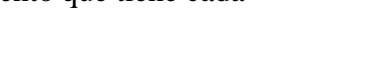
(ROM).

En la tabla 6, se puede observar la descripción en grados de cada articulación y su rango de libertad dependiendo del movimiento planteado. Se tiene presente que la posición de la columna es muy importante, por eso se destinan ciertos grados de libertad en cada movimiento y de su buena posición depende que el movimiento sea completado con éxito; todo esto siguiendo las bases documentales de las capacidades de desplazamiento de un usuario en condiciones de salud normales.

Tabla 6. Rango de movimiento en grados.

Movimiento	Eje de referencia	Grados de libertad articular
Inclinación derecha de cuello	Eje X	
	Eje Z	
Inclinación izquierda de cuello	Eje X	
	Eje Z	
Elevación de hombros (Derecha) Elevación de hombros (izquierda)	Eje X	
Flexión de hombro derecho (90°) Flexión de hombro izquierdo (90°)	Eje Z (hombro)	
	Eje Z (Codo)	
Flexión de hombro derecho (180°)	Eje Z (hombro/codo)	
	Eje X (hombro/codo)	
Flexión de hombro izquierdo (180°)	Eje Z (hombro/codo)	
	Eje X (hombro/codo)	
Flexión de hombros bilateral	-----	* Los valores en las articulaciones de este movimiento son los mismos valores combinados de los movimientos 6 y 7.
Abducción horizontal derecha (90°)	Eje X (hombro)	
	Eje X (codo)	

Movimiento	Eje de referencia	Grados de libertad articular
Abducción horizontal izquierda (90°)	Eje X (hombro)	
	Eje X (codo)	
Flexión de codo derecho (parcial)	Eje Z (hombro)	
	Eje X (hombro)	
	Eje Z (Codo)	
Flexión de codo izquierdo (parcial)	Eje Z (hombro)	
	Eje X (hombro)	
	Eje Z (Codo)	
Flexión de codos bilateral	-----	* Los valores en las articulaciones de este movimiento son los mismos valores combinados de los movimientos 11 y 12.
Inclinación derecha de columna	Eje Z	
	Eje X	
Inclinación izquierda de columna	Eje Z	
	Eje X	
Flexión de cadera derecha con rodilla recta	Eje Z (cadera)	
Flexión de cadera izquierda con rodilla recta	Eje X (cadera)	
Flexión de cadera derecha con flexión de rodilla	Eje Z (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
Extensión de cadera derecha con rodilla recta	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
Extensión de cadera derecha con flexión de rodilla	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
	Eje X (rodilla)	
Extensión de cadera izquierda con flexión de rodilla	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	

Movimiento	Eje de referencia	Grados de libertad articular
	Eje Z (rodilla)	
	Eje X (rodilla)	
Abducción de cadera derecha	Eje Z (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
	Eje X (cadera)	
Abducción de cadera izquierda	Eje Z (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
	Eje X (cadera)	
Abducción de cadera derecha con rodilla flexionada	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
Abducción de cadera izquierda con rodilla flexionada	Eje X (rodilla)	
	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	
Flexión de rodilla derecha Flexión de rodilla izquierda	Eje Z (cadera)	
	Eje X (cadera)	
	Eje Z (rodilla)	
Ejercicio sorpresa	Eje X (hombro derecho)	
	Eje X (hombro izquierdo)	
	Eje X (codo derecho)	
	Eje X (codo izquierdo)	
	Eje Z (Cadera derecha)	
	Eje X (Cadera derecha)	
* Rango de libertad para columna lumbar de los ejercicios 1 al 13.	Eje Z	
	Eje X	
* Rango de libertad para columna lumbar de los ejercicios 16 al 30.	Eje Z	
	Eje X	

Fuente: Elaboración propia (2019).

En la tabla 6, se puede apreciar la magnitud de desplazamiento que tiene cada

articulación, varias de las articulaciones comparten los mismos valores por el hecho de estar evaluadas sobre el mismo eje y tener similar desplazamiento; se utilizó una simbología con tres tipos de colores, rojo, amarillo y verde. Esta simbología es aprovechada en la representación virtual del cuerpo en la plataforma Unity:

- Color verde: los valores de este color es el rango de libertad permitido, lo que significa que el compromiso entre esos valores es considerado apropiado.
- Color amarillo: se representan los valores que representan un acercamiento a los grados apropiados.
- Color rojo: valores que representan una distancia bastante considerable, frente a los grados de libertad ideales.

3.2.4 Representación virtual del cuerpo

Flack es el pseudónimo de la representación como un avatar del usuario en el entorno virtual, este avatar es un modelado corporal básico, sencillo y fácil de interpretar, diseñado propiamente para *Korporal*. Se caracteriza por representar las articulaciones como esferas y conectarlas entre ellas con líneas de variados colores (fig.15).

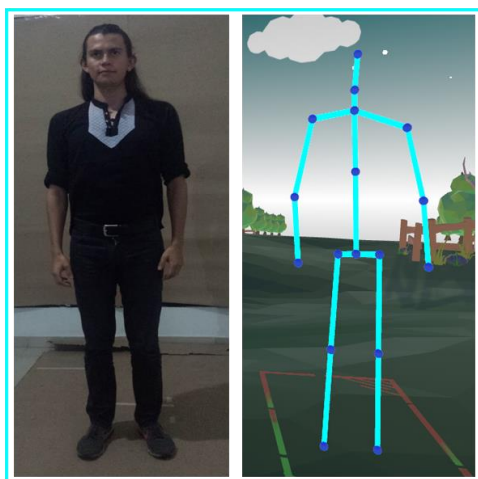


Figura 15. Representación virtual del cuerpo humano
Fuente: Elaboración propia (2019).

Flack es el guía principal de *Korporal*, con él, el usuario puede corroborar todos los pasos desde dos perspectivas programadas de acuerdo al movimiento que está realizando, frontal y sagital; cabe resaltar que la fidelización de los movimientos realizados por *Flack* no es del cien por ciento, y esto se debe a las limitaciones funcionales del Kinect, de este modo, es importante reconocer al avatar como una herramienta de apoyo visual que copia los movimientos que se realizan en tiempo real.

La representación visual de *Flack* se define en cuatro tipos de colores (fig.16) que ayudará al usuario a enfocarse en el tipo de articulaciones que involucra el movimiento y a corregir su posición dependiendo de su color.

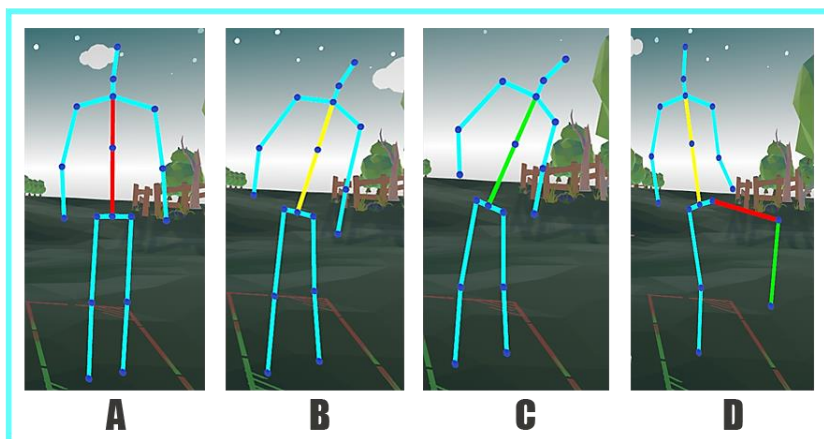


Figura 16. Representación de colores en *Flack*.

A, B y C representan en colores el acercamiento correcto del movimiento “Abducción de cadera derecha” y D representa la inclusión de varias articulaciones en un solo movimiento.
Fuente: Elaboración propia (2019).

Cada color funciona como una guía en el nivel de aproximación de los ángulos requeridos en cada movimiento, la interpretación de los colores es de la siguiente manera:

- **Cian:** significa que la articulación que compromete esa sección del cuerpo no es

tenida en cuenta en el movimiento que se está realizando.

- Rojo: significa que la articulación que compromete esa sección del cuerpo está demasiado lejos del valor en ángulos que se espera del movimiento.
- Amarillo: significa que la articulación que compromete esa sección del cuerpo está muy cerca del valor en ángulos que se espera del movimiento.
- Verde: significa que la articulación que compromete esa sección del cuerpo está en el valor ideal en ángulos que se espera del movimiento.

Desde que se inicia la parte principal de la aplicación, este avatar acompañará al usuario durante todos los movimientos propuestos, si el usuario reinicia la aplicación o retorna al menú, Flack aparecerá nuevamente en la guía de movimientos empezando con el primero.

3.3 Fase III: Ambientación y desarrollo de la plataforma en el software Unity.

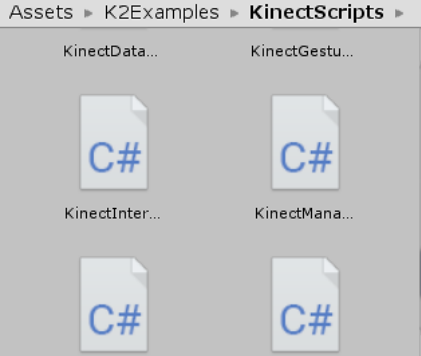

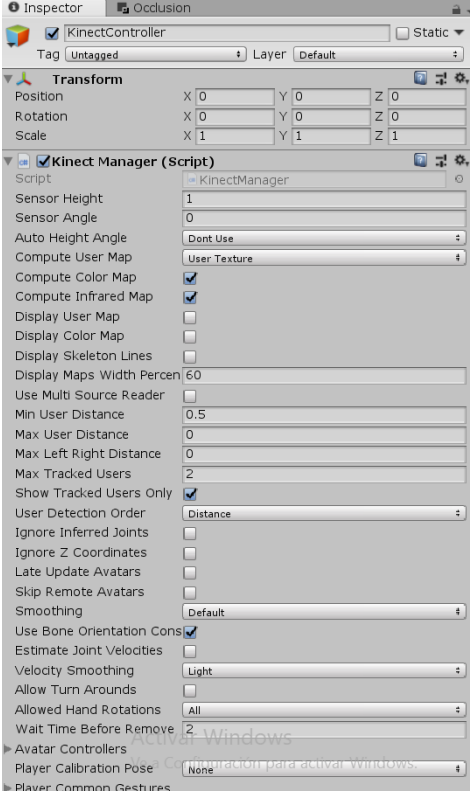
Para dar solución a esta Fase, se tuvo presente trabajar con el software Unity, este programa provee todas las herramientas necesarias para el diseño y la ambientación de videojuegos, se utilizó la versión *Unity2018.2.8f1* que en su momento era la versión más reciente, también se utilizó la plataforma Microsoft Visual Studio en su versión Microsoft *Visual Studio 2017 Ver. 15.8.3*; con este software se programaron los scripts necesarios para la síntesis de lenguaje de programación en C# y, por último, se contó con la librería *SDK Browser v2.0 (Kinect for windows)*, que es la herramienta facilitadora para interactuar con el dispositivo Kinect en plataformas Windows. Con este grupo de elementos se diseñaron cuatro escenarios que se componen de herramientas estructurales que permiten el desarrollo y

el diseño de cada espacio, se crearon mecánicas de interacción que determinan las acciones que puede realizar el usuario en cada momento y una serie de guías e instrucciones que hacen parte del instructivo para la navegación en la plataforma.

3.3.1 Herramientas estructurales

El desarrollo de la aplicación *Korporal*, se basa en una estructuración organizada de escenarios, librerías, elementos, objetos y material audiovisual que, de acuerdo a su agrupación y orden, dan funcionamiento a la plataforma, ejecutándose de manera independiente y segmentada. En la tabla 7 se observa los componentes y la aplicación que tienen en la plataforma.

Tabla 7. Componentes en Unity.

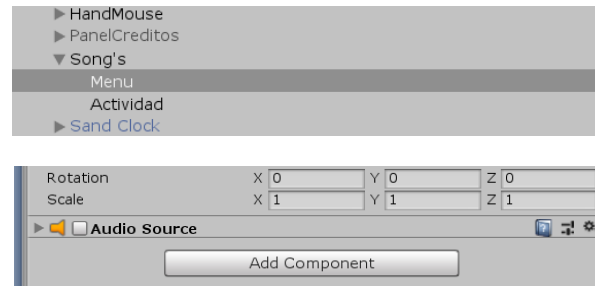
CARPETAS PRIMARIAS	ARCHIVO	FUNCIÓN
<p>KinectScripts: Es la carpeta que almacena todos los C# o documentos de programación que permite que el Kinect sea reconocido en la plataforma Unity.</p>	<p>Scripts para Kinect: estos scripts almacenados en la carpeta principal son los documentos que parametrizan el reconocimiento del kinect, por ende, están siendo leídos constantemente para verificar la conexión del equipo y el reconocimiento del usuario.</p>	<p>Dependiendo del script, cada elemento tiene diferentes funciones; <i>Kinect Manager (script)</i> controla todos los elementos del reconocimiento, cantidad de usuarios, velocidad de reconocimiento, distancia de reconocimiento, entre otros, todo con el fin de controlar en tiempo real la interacción con el usuario.</p>
		

CARPETAS PRIMARIAS

Sonidos: Es una carpeta destinada al almacenamiento de audio de toda la aplicación. Esta carpeta es importante porque de ella depende la ambientación audible de toda la plataforma.

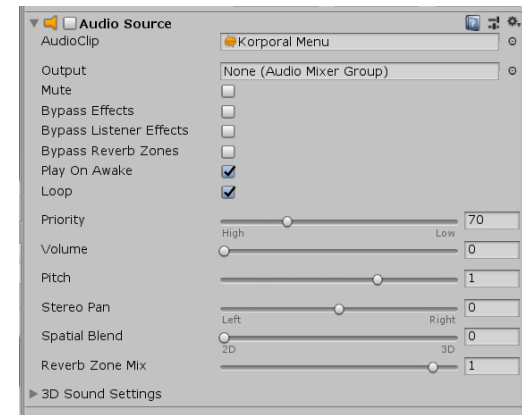
**ARCHIVO**

Audio Source: Cada componente de audio está distribuido a lo largo de la aplicación, sus funciones van desde ambientación o indicación. Dependiendo de la necesidad de la plataforma se ejecutan ordenadamente.

**FUNCIÓN**

Todos los archivos de audio importados en *Korporal* tiene las mismas características, control de volumen, Loop, prioridad, efectos etc.

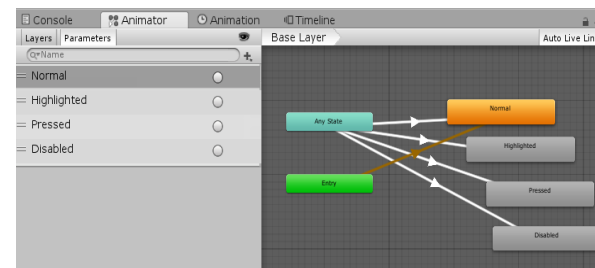
Todas estas acarterísticas pueden ser controladas directamente, por animadores o scripts.



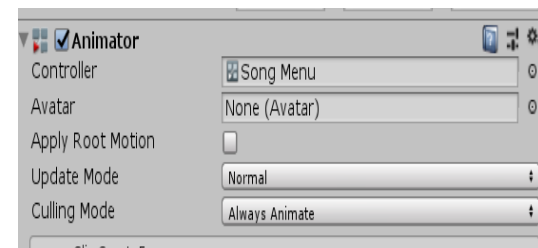
Animaciones: Esta carpeta contiene todos los efectos de animación observables en la aplicación.



Animator: Es el componente que organiza las animaciones, puede contener más de una y permite ejecutarlas en diferente orden y tiempo, cada animación debe estar contenida en un animator.

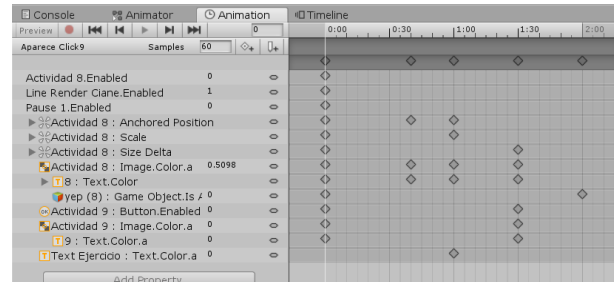


Cada animator y animation deben estar en el objeto que se quiera animar, o bien, contenida en su carpeta principal (Padres)

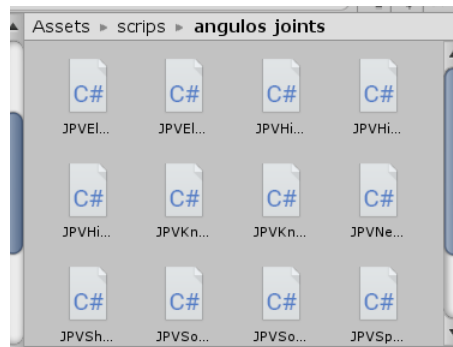


CARPETAS PRIMARIAS**ARCHIVO****FUNCIÓN**

Animation: Es el componente que anima los objetos existentes en la aplicación, desde botones, texturas, materiales, scripts etc. En él se puede controlar y cambiar toda condición física de un objeto en tiempos determinados.



Ángulos Joints: Esta carpeta contiene todos los scripts que analizan y procesan los ángulos de las articulaciones de todo el cuerpo reconocido por el dispositivo Kinect.



Scripts de Articulaciones: Cada uno de estos archivos contiene una función que analiza y reconoce los puntos articulares del dispositivo kinect y determina un ángulo en términos de grados de cada par de articulaciones.



Todos los Scripts se trabajan desde otra plataforma reconocida por Unity, Microsoft Visual Studio.

Con esta plataforma se hace todo el análisis en programación de todos los archivos en lenguaje C# de la plataforma Korporal.

CARPETAS PRIMARIAS

ARCHIVO

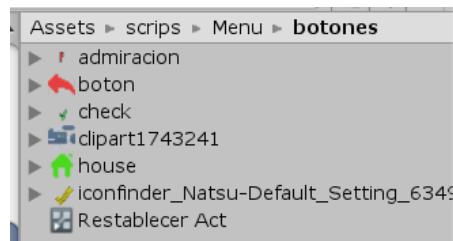
FUNCIÓN

```

Kinect2 - Microsoft Visual Studio
Archivo  Editor  Ver  Proyecto  Compilar  Depurar  Equipo  Herramientas
Debug - Any CPU
JPVElbowLeftWristLeft.cs  LRShoulderRightElbowRightEjer30.cs  LRKneeAnk...
Assembly-CSharp
1  using UnityEngine;
2  using System.Collections;
3
4
5
6
7  public class JPVElbowLeftWristLeft : MonoBehaviour
8  {
9      [Tooltip("Index of the player, tracked by this")]
10     private int playerIndex = 0;
11
12     [Tooltip("The Kinect joint we want to track.")]
13     public KinectInterop.JointType trackedJoint1 =
14     public KinectInterop.JointType trackedJoint2 =
15     public KinectInterop.JointType trackedJoint3 =
16     public KinectInterop.JointType trackedJoint4 =
17
18     [Tooltip("Smooth factor used for the joint pos")]
19     private float smoothFactor = 5f;
20
21     [Tooltip("UI-Text to display the current joint")]
22     public UnityEngine.UI.Text debugText;
23
24     private Vector3 initialPosition = Vector3.zero
25     // puntos joints a evaluar
26     private Vector3 vPosJoint1 = Vector3.zero;
27     private Vector3 vPosJoint2 = Vector3.zero;
28     private Vector3 vPosJoint3 = Vector3.zero;
29     private Vector3 vPosJoint4 = Vector3.zero;
30
31     // angulos en T y Z
32     public float AngZElbowLeftWristLeft = 0f;
33     public float AngZElbowLeftWristLeft = 0f;
34
35     void Start()

```

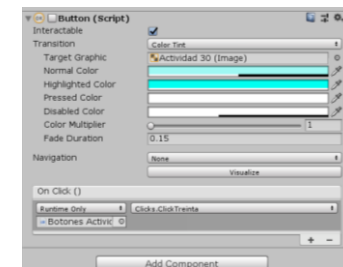
Botones: Esta carpeta contiene los materiales de los botones que se utilizan en la plataforma.





Botones: Estos elementos son bastante importantes pues permiten la interacción entre el usuario y la plataforma. Están distribuidos de forma lógica por toda la aplicación.



Cada boton puede ser controlado por Script, animacion o directamente, de igual manera las opciones de boton pueden controlar scripts, animaciones, archivos etc. La importancia de los botones en la aplicación es bastante, pues sin ellos la navegación y la interacción con otros objetos y escenarios seria nula.



CARPETAS PRIMARIAS	ARCHIVO	FUNCIÓN
	<p>Jerarquías: En los proyectos, las jerarquías definen el orden del videojuego, se tiene presente que la organización del proyecto es sumamente importante y en Unity se tiene la facilidad de manejar todos los elementos que intervienen como jerarquías de padres e hijos.</p>	<p>El orden de este proyecto está definido por la pantalla de interacción, Canvas Inicio, y los entornos donde el usuario interactúa, Menú, Actividad, Tutorial, Créditos. Cada uno de las subcarpetas contiene los materiales de interacción, diseño del entorno y lógica del juego.</p>
		

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.2 Mecánicas de interacción.

Lo importante de las plataformas, es su modo de interacción, cada plataforma se encarga de cómo hacer que el usuario sienta atractivo navegar por el entorno que se diseña para él; en *Korporal*, la importancia de esta temática es vital, pues en principio, el cuerpo de la actividad no tiene interacción con un equipo adicional que no sea el dispositivo Kinect y el reconocimiento, tanto como su desarrollo, se desenvuelven en una distancia prudente al equipo que reproduce la aplicación; por tal motivo se pensó en una interacción que cumpla con esas necesidades.

La interacción que tiene el equipo con el usuario es a través de un mouse virtual controlado con las palmas de las manos (fig.17), el usuario, luego de ejecutada la aplicación y ser reconocido por el kinect, podrá observar un mouse que sigue el movimiento de una de las palmas de las manos situadas al frente, este seguimiento podrá ser leído tanto para la mano izquierda como para la derecha de manera independiente.

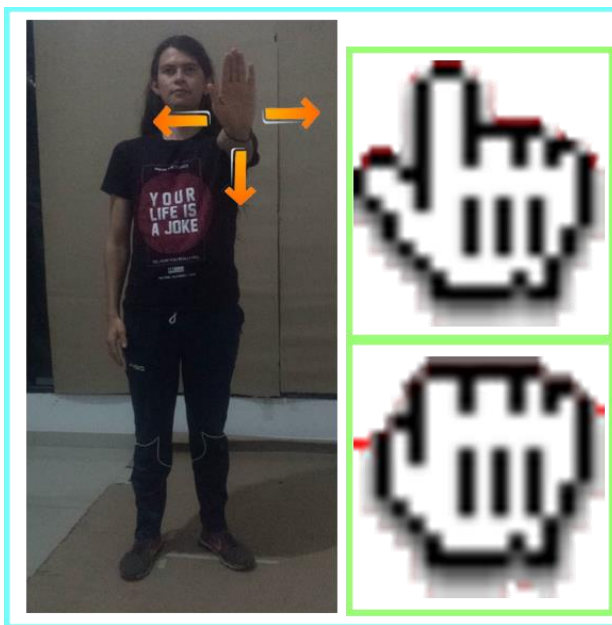


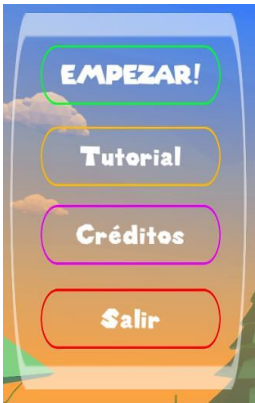

Figura 17. Mouse controlado por palmas






Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 17, el control del mouse se realiza desplazando la palma de la mano, y la acción de “click” se puede ejecutar de dos maneras: la primera, manteniendo la posición del mouse fija y la segunda, cerrando y abriendo la palma de la mano, como resultado puede observarse que la imagen del mouse virtual se cierra y se abre tal cual aparece en la figura.

Los elementos con los que en su mayoría interactúa el mouse, son los botones, estos botones juegan un papel importante en la navegación de la plataforma. En la tabla 8 se observa la descripción de los botones con los que el mouse puede interactuar.

Tabla 8. Botones y su función.

REPRESENTACIÓN DEL BOTÓN	FUNCIÓN
	<p>Menú Principal: Estos botones son los primeros con los que el usuario interactúa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empezar: Este botón permite al usuario entrar a la plataforma principal de movimientos. • Tutorial: Este botón permite entrar a la zona de instrucciones generales. • Créditos: Al pinchar este botón el usuario puede ver y conocer el nombre de los realizadores de la plataforma. • Salir: Este botón permite al usuario salir de la aplicación.
	<p>Botones de Movimientos: Estos botones son los que permiten el cambio de un movimiento a otro, aparecen cuando se cumple o se salta el movimiento anterior.</p>

REPRESENTACIÓN DEL BOTÓN	FUNCIÓN
	<p>Saltar: Este botón al ser presionado permite al usuario saltar de movimiento, aparece al minuto de empezar el movimiento.</p>
	<p>Regresar Menú: Este botón permite al usuario regresar al menú principal sin importar el sitio en que se encuentre.</p>
	<p>Cámara: La interacción con este botón permite cambiar la perspectiva de vista del avatar Flack, se pueden cambiar las perspectivas de frontal a Sagital (Izquierdo) y viceversa. *Las perspectivas están programadas para cambiar automáticamente de acuerdo al movimiento.</p>
	<p>Requisitos: Al pinchar este botón se permite conocer los requisitos mínimos que debe tener la computadora o laptop que ejecuta la aplicación.</p>
	<p>Tutorial Actividad: Este botón abre paso al tutorial de la actividad principal.</p>

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.3 Guías de Navegación

Como toda aplicación, plataforma o videojuego, es necesario tener una guía que apoye el entendimiento de cómo usar e interactuar con ella. Este tipo de guía es importante para el usuario, pues le brindan un apoyo práctico de conceptos, métodos y recomendaciones que ayudan a tener una mejor interacción y fluidez con la plataforma.

En la plataforma *Korporal*, se plantean tres tipos de guías, la primera se relaciona con los requisitos y acciones a tener en cuenta antes de empezar a usarla (fig. 18); la segunda guía (fig.21) se toma después de la primera y compone toda una explicación de los componentes de la actividad principal y su modo de interacción, esta guía es importante porque de ahí

depende el entendimiento que tiene el usuario de la estructura y la función de cada uno de los elementos provistos en la plataforma, la tercera guía (fig.19) se encuentra en la parte principal de la plataforma y se compone de un instructor que explica al usuario cómo realizar los movimientos, esta guía está segmentada en treinta explicaciones y resulta ser dinámica, lo que significa que a medida que va avanzando el usuario se van dando las pautas de los movimientos y va mostrando con satisfacción o insatisfacción el cumplimiento de ellos.



Figura 18 Visualización de Tutorial 1.

Fuente: Elaboración propia (2019).

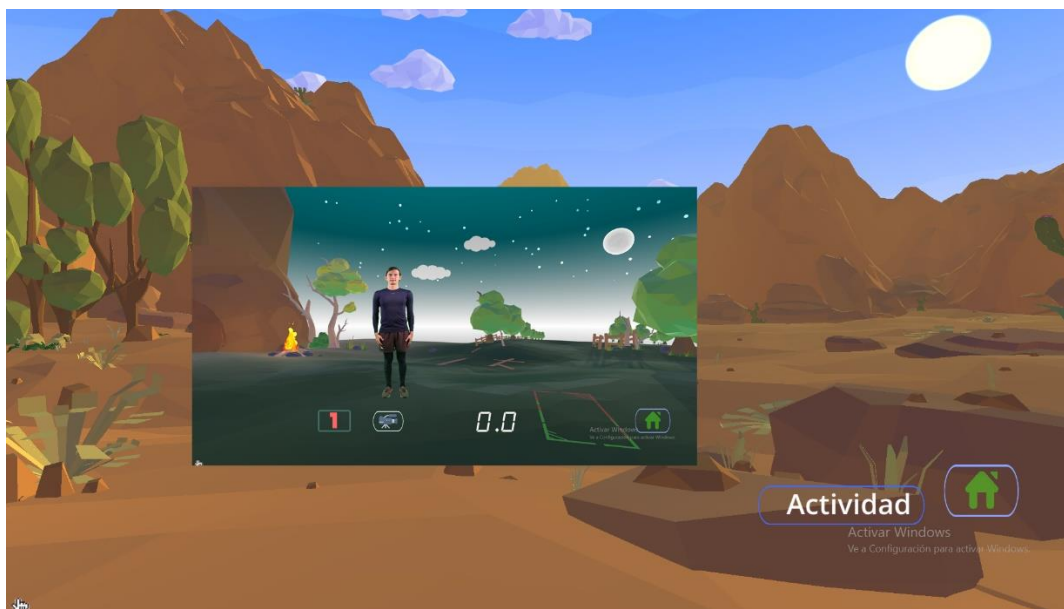


Figura 19 Visualización de Tutorial 2.
Fuente: Elaboración propia (2019).

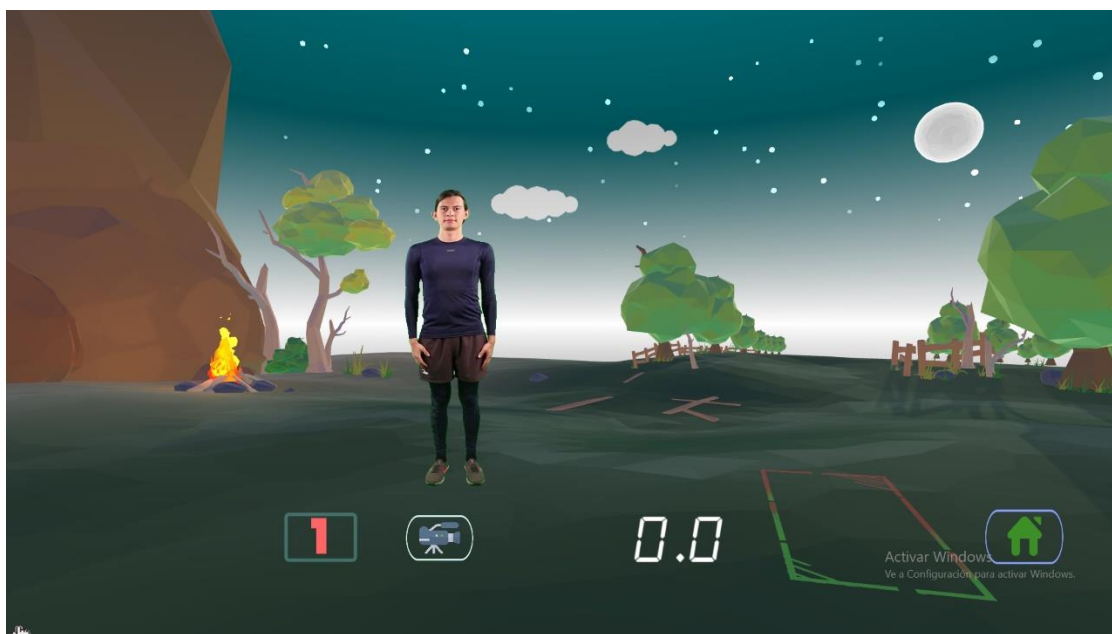


Figura 20 Visualización de Escenario principal.
Fuente: Elaboración propia (2019).

4 Escenarios finales

En este capítulo se describe principalmente el resultado de los escenarios de este proyecto el cual consta de cuatro partes importantes catalogadas como, escenario de menú, escenario de la actividad principal, escenario de tutoriales y créditos; de igual manera se detalla el porqué del logotipo que representa esta plataforma. Las características de estos escenarios comprenden la totalidad y la conjunción del proyecto. Cada escenario está desarrollado con características especiales que forman el dinamismo del proyecto, al igual que la investigación se encuentra representada en uno de los escenarios.

4.1 Escenario de Menú Principal

Este es el primer escenario que el usuario podrá observar (fig.21), en él se puede visualizar una animación de Flack, un menú principal, el mouse interactivo, el título de la aplicación y un entorno ambientado en la naturaleza, con objetos estáticos y dinámicos como árboles, niebla, cielo, prado, piedras, nubes, etc. El objetivo principal de este escenario es permitirle al usuario interactuar con toda la plataforma, desde aquí podrá navegar por las opciones ofrecidas en el menú de interacción principal.



Figura 21 Menú Korporal.
Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2 Escenario de Actividad Principal

Este escenario es donde el usuario estará mientras realiza los movimientos (fig.22), está ambientado en un entorno natural, con modelos dinámicos y estáticos como árboles, rocas, madera, una fogata, nubes, estrellas, etc. En el escenario, el avatar Flack estará replicando los movimientos que el usuario esté realizando, se puede visualizar un rectángulo en el suelo el cual delimita el espacio recomendado que tiene el usuario para desplazarse, cuenta con un apoyo visual que es un instructor virtual el cual explica cómo son los movimientos a realizar, en la parte superior se puede observar la terminología anatómica de los movimientos, en la parte inferior el usuario puede observar un cronómetro, este cronómetro contabiliza el tiempo que el usuario se mantiene en la posición correcta, lo cual beneficia el valor de los movimientos, pues toma en cuenta la compensación del cuerpo y el equilibrio como reto a la hora de cumplir con ellos, cada movimiento tiene que mantenerse en un tiempo de tres segundos para cumplirse y pasar al siguiente. Al lado derecho del cronómetro se encuentra el botón regresar al menú y al lado izquierdo del cronómetro aparece el botón de saltar, cámara, y número del movimiento que se está ejecutando. En la izquierda de la pantalla el usuario puede observar la lista de movimientos ya realizados, los

movimientos que complete satisfactoriamente aparecen con un visto bueno de color verde, los que no logre completar y sean saltados aparecen con un signo de interrogación de color rojo; ya cuando el usuario complete todos los movimientos se observará un total de todos los movimientos realizados correctamente (fig.23).



Figura 22 Escenario de Movimientos.
Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 23 Puntuación.
Fuente: Elaboración propia (2019).

4.3 Escenario de tutoriales

Para este escenario, el usuario lo primero que encontrará será un entorno ambientado en un paisaje árido (fig.24), esto tiene una intención implícita, la cual es centrar la atención en dos tutoriales que se presentan, el primero es un tutorial donde expone una serie de recomendaciones antes de interactuar con la plataforma, estas recomendaciones se relacionan con el tipo de vestimenta a usar, entorno donde trabajar, incidencia de la luz natural, ubicación del kinect, entre otros. El segundo tutorial es una explicación del contenido de la plataforma, cómo interactuar con ella y con qué elementos; dinámica de la actividad, puntuación, interpretación del reconocimiento, etc.

Este escenario es muy importante, pues de ahí depende que el usuario tenga una buena experiencia y sepa desenvolverse en la plataforma.



Figura 24 Escenario tutorial.
Fuente: Elaboración propia (2019).

4.4 Escenario de créditos

Este último escenario (fig.25) y no menos importante, es el espacio que expone y menciona a todas las personas y organizaciones que colaboraron en este proyecto.

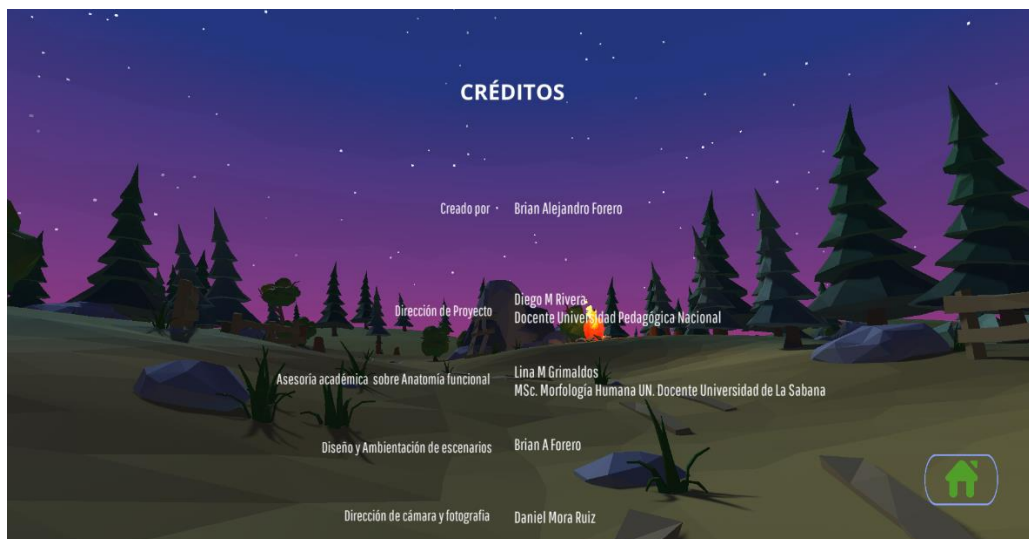


Figura 25 Escenario Créditos.
Fuente: Elaboración propia (2019).

4.5 Logotipo de la aplicación

Korporal (fig.26), que es el nombre de esta aplicación, es una combinación de las expresiones que tiene el usuario con la plataforma y el elemento principal de reconocimiento; se deriva de corporal, en alusión al lenguaje corporal que tenemos todos los seres humanos y que realizamos mediante movimientos articulares o de diferente índole sin tener que expresarnos de manera verbal. Al sustituir la letra “C” por la letra “K” y darle una tonalidad color lila, se hace referencia al equipo de reconocimiento corporal, Kinect de Microsoft.



Figura 26 Título Korporal.
Fuente: Elaboración propia (2019).

5 Resultados

La realización de este proyecto muestra un trabajo transversal entre el tema de virtualidad y fisioterapia, trabajada desde la perspectiva de una licenciatura.

Se tiene entonces un proyecto que puede trabajarse en distintos entornos como consultorios de terapia física, hospitales, hogares e incluso en espacios académicos, pues el valor didáctico y de aprendizaje experimental es un valor agregado que puede entrelazarse en las dinámicas del proyecto.

Korporal es el resultado de una investigación que, por medio de una actividad, pretende promover el movimiento articular en adultos, mejorando su aprendizaje motor y la interiorización de movimientos característicos y adecuados, favoreciendo su calidad de vida.

Se implementó un esquema de movimientos articulares que resultaron óptimos para ser ejecutados por un usuario en una plataforma, y así mismo, ser medidos por un sensor de profundidad. Fueron treinta movimientos que se concretaron en una actividad desarrollada en un entorno virtual y retroalimentada por el Kinect®.

Dentro del entorno virtual, se logró delimitar cada movimiento en rangos de movilidad articular definidos por ángulos en articulaciones específicas; esto se obtuvo bajo un algoritmo matemático que analiza el movimiento espacial de cada articulación en tiempo real.

La dinámica de navegación en la plataforma resulta ser un conjunto de tutoriales e instrucciones que ilustran al usuario a tener una mejor interacción, así mismo la retroalimentación visual que está definida por tiempos, perspectivas, definiciones, un avatar que muestra los correctos movimientos, entre otras dinámicas que motivan al usuario a

explorar y completar la actividad.

6 Conclusiones y recomendaciones

En primera instancia, *Korporal* es un proyecto que se desarrolló primordialmente para promover el movimiento corporal en adultos sanos, se basó en una rutina compuesta por una serie de movimientos articulares; esta rutina se desenvuelve en un entorno virtual, clasificándolo, así como un Serious Game y brindando al usuario una experiencia diferente e interesante que lo motiva a culminar el proceso.

El método de reconocimiento en el proyecto es un punto a resaltar; se logró implementar un esquema de todos los movimientos corporales articulares que fueran posibles ejecutar por el usuario y luego ser leídos fácilmente por un dispositivo de reconocimiento; al determinar el dispositivo Kinect de Microsoft como un elemento idóneo para la realización de este proyecto, se plantearon exitosamente los parámetros que, por medio algoritmos propios, verificaron y corroboraron la buena práctica de los movimientos ejecutados por el usuario y detectados por el sensor.

El conjunto de este proyecto se logró plasmar en una plataforma virtual que resulta ser una herramienta útil para los profesionales en fisioterapia y salud ocupacional, pues se puede ver como una interfaz gráfica de usuario útil para el apoyo en la revisión de movimientos articulares, postura corporal, compensación del cuerpo y otras dinámicas. En la plataforma se desarrollaron mecánicas de interacción y guías que explican al usuario cómo navegar y entender la aplicación sin la necesidad de leer una cartilla o instructivo.

6.1 Recomendaciones

Como trabajo futuro, dentro de este proyecto se puede ampliar la sección principal de movimientos, pues esta primera está dada en tiempos de tres segundos

cada movimiento y se puede optar por una nueva que trabaje con repeticiones. La cantidad de movimientos puede ser mayor, y abarcar nuevas articulaciones y dinámicas diferentes, así mismo se puede diseñar otras rutinas que no trabajen movimientos articulares independientes, sino grupos articulares conjuntos.

Actualmente la instrucción de cada movimiento está dada por un personaje real, puede optarse por cambiar esta dinámica y emplear dos avatares virtuales, uno femenino y otro masculino, brindando la opción al usuario de escoger según sea su preferencia.

Flack puede ser una opción de cambio, al ser una representación en tiempo real del usuario que está usando la plataforma, puede ser sustituido por un abanico de avatares que el usuario pueda escoger a su gusto.

Las investigaciones que pueden salir de este proyecto son innumerables, se tiene presente que aun la plataforma no tiene aplicación específica en ningún campo, por ende, está la posibilidad de relacionar este proyecto en entornos de ejercitación física como gimnasios, en academias de baile como ballet, danza contemporánea y otro tipo de modalidad que requiera precisión y claridad en los movimientos articulares.

En el campo de las artes marciales una aplicación que detalle los movimientos corporales resultaría ser bastante aprovechable, por ejemplo, para las artes marciales como Taekwondo y el Hapkido los Poomsae son una modalidad importante, así que un proyecto transversal entre la exigencia de exactitud de esta modalidad y la precisión que puede ofrecer *Korporal* resultaría bastante interesante.

Para finalizar, la aplicación *Korporal* es un proyecto bastante interesante que recopila una investigación robusta en términos fisioterapéuticos, de programación y de diseño de entorno virtual que enmarcan el cumplimiento de todos los objetivos propuestos y da

respuesta a la pregunta que orienta el desarrollo de este proyecto.

7 Bibliografía

- Biosca i Bas , A. (2009). *Mil años de virtualidad: origen y evolución*. Borges, Argentina : Eikasia Ediciones.
- Ahmed , F., Padma, P. P., & Gavrilova, M. (2015). Kinect-Based Gait Recognition Using Sequence of the Most. *Journal of WSCG*, 11.
- Alonso Becerra , A. (2007). Biomecánica . En A. Alonso Becerra, *Biomecánica* (pág. 6). Ciudad de la Habana.
- Ariza Romero , M. (2010). EL APRENDIZAJE EXPERIENCIAL Y LAS NUEVAS. *Revista de Antropología Experimental*, 14.
- Bakalos, N., Protopapadakis, E., Doulamis, A., & Doulamis , N. (2018). Dance Posture/Steps Classification using 3D Joints from the Kinect Sensors. *3rd Cyber Sci & Tech Cong* , 6.
- Bleiweiss, A., Eshar, D., Kutliroff, G., Lerner , A., Oshrat, Y., & Yanai , Y. (2010). Enhanced Interactive Gaming by Blending Full-Body Tranking and Gesture Animation. *SIGGRAPH* , 1-2.
- Chang , C.-Y., Lange , B., Zhang , M., Koenig , S., Requejo , P., Somoboorn , N., . . . Rizzo , A. (2012). Towards Pervasive Physical Rehabilitation Using Microsoft Kinect. *International Conference on pervasive Coftputing for Healthcare and Workshops* , 1.
- Dominguez Moreno , R., Morales Esponda , M., Rossiere Echazarreta, N. L., Olan Triano, R., & Gutiérrez Morales, J. L. (2012). Esclerosis múltiple: revisión de la literatura médica . *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* , 35.
- Duque, E. (05 de 02 de 2015). *Microsoft Student Partner*. Obtenido de

<https://edwinnui.wordpress.com>

Erdogan, H., & Ekenel Kemal, H. (2015). Game Desing for Physical Therapy and Rehabilitation Using Kinect . *IEEE*, 4.

Farfán, F. (08 de Dic de 2014). *Sildeshare*. Obtenido de

www.es.slideshare.net/FrederickFarfn/motion-control-computing-kinect

Fernandez Cervantes, V., Castillo, C., Olivia, L., & Gonzales, F. (s.f.). Serious Rehabilitation Games with Kinect . *University of Alberta ITS Chapala, ITS Zapopan*, 1.

Ferreira, D., Oliveira, R., & Octavian, P. (2017). Physica Rehabilitation base on Kinect Serious Games. *Eleventh International Conference on Sesign Technology*, 1-6.

Fukase, S., Y.Nakanishi, & L.Tatsuta. (2013). In Search of a Usability of Kinect in the Training of Traditional Japanese “KATA”—Stylized Gestures and Movements. *IEEE*, 4.

Gonzáles, R. (2012). Posiciones, planos y cavidades anatómicos . *Universidad Virtual de Estado de Guanajuato*, 1 - 9.

Grimaldos Perez, L. M. (2016). Características de la anatomía infantil en el desarrollo motor de cero a nueve meses de edad. *Universidad Nacional de Colombia*, 123.

Grimaldos Pérez, L. M. (2016). Características de la anatomía infantil en el desarrollo motor de cero a nueve meses de edad. *Universidad Nacional de Colombia*, 123.

Guerrero Beltran, D., & Villaluenga Basañez, L. (2014). MICOSOFT KINECT . *Universidad Politecnica de Catalunya*, 15.

Guerrero Pupo, J. (9 de juliio de 2004). *scielo*. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000400007

- Hoang , C., `Dang , H., & Nguyen, V. (2017). Kinect-Based Virtual Training System For Rehabilitation. *IEEE*, 5.
- Islam, M., Mahmud , H., Ashraf, F., Hossain , I., & Hansan , K. (2016). Yoga Posture Recognition By Detecting Human Joint Points in Real Time Using Microsoft Kinect . *IEEE*, 7.
- Khalil, A., & Kotaiah, D. (2017). Implementation of agile Methodology based on SCRUM Tool. *International Conference, Communication, Data Analytics and Soft Computing* , 7.
- Kitsunezaki , N., Adachi, E., Masuda , T., & Mizusawa, J.-i. (2013). Kinect Applications for the Physical Rehabilitation. *IEEE*, 7.
- Lesmes , J. (1996). *Test de Movilidad Articular y examen muscular de las extremidades*. Bogotá D.C: Panamericana .
- Lin, T.-Y., Hsien , C.-H., & Lee, J.-D. (2013). A Kinect-based System for Physical Rehabilitation: Utilizing Tai Chi Exercises to Improve Movement Disorders in Patients with Balance Ability. *Asia Modelling Symposium* , 5.
- Miadlicki , K., & Sakow, M. (2017). The use of machine vision to control the basic functions. *TECHNICAL TRANSACTIONS, MECHANICAL ENGINEERING*, 18.
- Microsoft. (01 de 05 de 2019). *Microsoft*. Obtenido de www.microsoft.com
- Muga Gonzales , D. (2012). Investigación de la aplicación de la tecnología Kinect en entornos nucleares. *Universidad de Cantabria* , 5.
- Neri , L., Adorante, G., Gianni , B., & Franciosi, E. (2013). Postural Rehabilitation Through Kinect-Based BioFeedback. *IEEE*, 2.
- Oliveira , R., Octavian, P., & Ferreira , D. (2017). Physical Rehabilitation base on Kinect

- Serious Games. *Eleventh International Conference on Sesign Technology*, 1-6.
- Palmer , M., & Epler , M. (2002). Fundamentos de las Tecnicas de Evaluación Musculoesquelética. En M. Palmer , *Fundamentos de las Tecnicas de Evaluación Musculoesquelética* (pág. 434). Barcelona: Paidotribo.
- Pei , W., Xu, G., Li, M., Ding, H., Zhang, S., & Lou, A. (2016). A Motion Rehabilitation Self-training Evaluation System Using Kinect . *International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intellingence (URAI)*, 6.
- Perez Alboil , S., Paracios , G., & Fardoum , H. (2012). Virtual Reality System for Multiple Sclerosis Rehabilitation Using KINECT . *Dpto. de informática e Ingenieria de Sistemas Universidad de Zaragoza*, 1-4 .
- Prieto Rodriguez , A., & Naranjo Polania , S. P. (2005). EL CUERPO, EN EL CAMPO DE ESTUDIODE LA FISIOTERAPIA. *Revista Facultad Universidad Nacional de Colombia*, 57 - 71.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). *La guia del SRUM* . Alike.
- Shum , H., Ho , E., Jiang , Y., & Takagi, S. (2013). Real-Time Posture Recostrucción for Microsoft Kinect . *IEEE Transactions On Cybernetics* , 14.
- Smith, C. (27 de 09 de 2018). *American Graphics Institute, LLC*. Obtenido de www.agitraining.com/adobe
- Soto Niño, G. (2009). *Angulos de Confort angulos de visión según varios autores*. Lima: Digital C.
- Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017). SRUM Model for Agile Methodology . *International Conference on Computing Communication and Automation*, 7.
- Taboaleda, C. (2004). *GONIOMETRIA Une herramienta para la evaluación de las*

incapacidades laborales. . Buenos Aires : ASOSIART SA ART.

Thanh, T., Tuyen, D. N., Dung , L., & Cong , T. P. (2017). Implementation of Technical Data Analysis of Skeleton Extracted from Camera Kinect in Grading Movements of Vietnamese Martial Arts. *International Conference on Advance Technologies of Communications* , 5.

Tseng, C.-M., Lai, C.-L., & Chen , Y.-F. (2014). A Microsoft Kinect Based Virtual Rehabilitation System . *Intertarional Symposium on Computer, Consumer and Control* , 5.