

VIDEOJUEGO DE APOYO A TERAPIAS FÍSICAS PARA
PACIENTES JÓVENES DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL
VALLE

JUAN DIEGO PRADO RAMOS
juan.d.prado@correounivalle.edu.co

Directora:
MARIA TRUJILLO, PH.D.

Co-Director:
EDWIN GAMBOA, ING.



Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad del Valle

Noviembre 2016

Dedicado a mi madre *Esperanza Ramos*, a mi padre *Orlando Prado* y a mi hermana *Paola Andrea Prado*, quienes me han inspirado, ayudado y motivado a seguir adelante en todos los obstáculos que se han presentado en mi vida.

Está bien tener miedo, el truco es no luchar contra él.

Anónimo

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi directora, la Dra. *María Trujillo* y a mi co-director el Ing. *Edwin Gamboa* del *Grupo de Investigación en Multimedia y Visión por Computador* por su apoyo y asesorías durante el desarrollo de este proyecto.

Además, agradezco también al Ing. *Juan Camilo Rada* por su asistencia durante las primeras fases del desarrollo del trabajo de grado.

A los profesionales de la salud *María Isabel Pavas*, *Lina María Osorio* y *Luis Hurtado* del *Hospital Universitario del Valle*, gracias por su disponibilidad, tiempo y ayuda en todo lo relacionado con las terapias físicas.

También, me gustaría agradecer a los estudiantes de Ingeniería de Sistemas *Álvaro Martínez*, *Miguel Ángel López* y *Camilo Ruiz*, integrantes del proyecto *PlayTherapy*, por su ayuda en el desarrollo de los elementos de software.

Gracias a los miembros del *Grupo de Investigación en Multimedia y Visión por Computador*, por sus ideas y retroalimentación. Por último, agradezco también a los miembros de la generación 2014-2016 del *Centro de Estudios de Ingeniería de Sistemas* de la *Universidad del Valle*, por su apoyo durante toda la realización del proyecto.

ABSTRACT

El propósito principal de este proyecto fue desarrollar un videojuego como herramienta de apoyo a las terapias físicas del Hospital Universitario del Valle. Dicho trabajo de grado se enmarca dentro del proyecto PlayTherapy, liderado por el grupo de investigación en Multimedia y Visión por Computador de la Universidad del Valle en colaboración con el Departamento de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle. Dentro de este trabajo, se realizó un minijuego llamado Sushi Samurai que tiene como objetivo realizar el acompañamiento a ejercicios de hombro y codo; además se desarrolló una librería de detección de movimientos y una aplicación web, que son partes integrales del proyecto y serán usadas para continuar desarrollando y extendiendo el proyecto. El trabajo de grado se cumplió en tres fases, la primera fase que es la de pre-producción en la que se realiza la investigación de tecnologías y el diseño del videojuego, la segunda que es la fase de producción en donde se implementa, y por último, la fase de post-producción en la que se realizan las pruebas y validaciones del proyecto. Este trabajo permitió concluir principalmente que la estrategia utilizada, es decir, la creación e implementación de un videojuego podría conducir a un aumento en la motivación de los pacientes, pues en los resultados de las pruebas de jugabilidad realizadas se obtuvieron indicadores que así lo reflejan.

ÍNDICE GENERAL

i	VIDEOJUEGO DE APOYO A TERAPIAS FÍSICAS PARA PACIENTES JÓVENES DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL VALLE	1
1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Descripción del contenido	2
1.2	Planteamiento del Problema	2
1.3	Justificación de la Propuesta	3
1.4	Alcance de la Propuesta	3
1.5	Objetivos	4
1.5.1	Objetivo General	4
1.5.2	Objetivos Específicos	4
2	MARCO REFERENCIAL	5
2.1	Marco Teórico	5
2.1.1	Videojuegos	5
2.1.2	Anatomía de los Videojuegos	5
2.1.3	Desarrollo de Videojuegos	6
2.1.4	Terapias físicas	9
2.1.5	Goniometría	10
2.1.6	Medida de Independencia Funcional:	10
2.1.7	Sensor Kinect 1	11
2.2	Estado del Arte	13
3	PLAYTHERAPY	16
3.1	Visión General de la Aplicación	16
3.1.1	Descripción	16
3.1.2	Equipo de trabajo	16
3.1.3	Arquitectura	16
3.2	Metodología de desarrollo	19
3.3	Pre-producción	19
3.3.1	Selección de la tecnología de detección de movimientos	19
3.3.2	Estructura base del juego	22
3.3.3	Definición de movimientos a apoyar	25
3.3.4	Actividades previas al documento de diseño	25
3.3.5	Seguimiento al Progreso Motriz	28
3.3.6	Seguimiento al Progreso del Jugador	31
3.4	Producción	31
3.4.1	Product Backlog	31
3.4.2	Requerimientos no funcionales	36
3.4.3	Detalles de la implementación del juego	37
3.4.4	Detalles de la implementación de la aplicación web	42

3.4.5	Tecnologías de desarrollo empleadas	48
4	POST-PRODUCCIÓN	50
4.1	Validación de ángulos	50
4.2	Pruebas funcionales	51
4.3	Pruebas de jugabilidad	54
4.3.1	Participantes	54
4.3.2	Técnicas para pruebas	54
4.3.3	Diseño de las pruebas	54
4.3.4	Resultados obtenidos	56
4.3.5	Limitaciones en las pruebas	57
4.4	Resultados de divulgación	57
5	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	58
5.1	Conclusiones	58
5.2	Trabajo futuro	59
	BIBLIOGRAFÍA	60
ii	ANEXOS	62
A	DOCUMENTO DE DISEÑO DEL VIDEOJUEGO	63
A.1	Descripción General del Juego	63
A.1.1	Descripción General del Juego	63
A.2	Historia	64
A.2.1	Introducción	64
A.3	Características generales	64
A.4	Gameplay	64
A.4.1	Minijuego 1 - Sushi Samurai	64
A.5	Mundo del juego	66
A.5.1	Información general del Mundo - Sushi Samurai	66
A.6	Personajes del juego	66
A.6.1	Personaje principal	66
A.6.2	Otros personajes	67
A.7	Lista de Assets	67
A.7.1	Assets de la Interfaz	67
A.7.2	Ambientes	69
A.7.3	Personajes	69
A.7.4	Animación	69
A.8	Especificaciones técnicas	70
A.8.1	Análisis de tecnología (riesgos/alternativas)	70
A.8.2	Plataforma y herramientas	70
A.8.3	Entregables	70
A.8.4	Motor de videojuegos	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Anatomía de los videojuegos	5	
Figura 2	Formato FIM usado por el Hospital Universitario del Valle		11
Figura 3	Sensor kinect y sus componentes	12	
Figura 4	Funcionamiento del skeletal tracking	13	
Figura 5	Paciente empleando VirtualRehab	14	
Figura 6	Pantalla de selección de juegos de MIRA	14	
Figura 7	Modelo del uso de SeeMe	15	
Figura 8	Arquitectura general	17	
Figura 9	Arquitectura del motor gráfico Unity	17	
Figura 10	Arquitectura general	18	
Figura 11	Puntos de rastreo del sensor Kinect	20	
Figura 12	Puntos de rastreo del sensor Kinect 2	21	
Figura 13	Puntos de rastreo de la librería OpenNI	22	
Figura 14	Your Shape: Fitness Evolved 2012	27	
Figura 15	Librería de detección de movimientos	28	
Figura 16	Algoritmo de detección de movimientos	30	
Figura 17	Pantalla de inicio implementada	38	
Figura 18	Pantalla de selección de minijuegos implementada		39
Figura 19	Pantalla de selección de parámetros implementada		40
Figura 20	Minijuego Sushi Samurai implementado	41	
Figura 21	Pantalla de resultados implementada	41	
Figura 23	Pantalla de resultados implementada	42	
Figura 22	Algoritmo para guardado de progresos	43	
Figura 24	Pantalla de inicio	44	
Figura 25	Pantalla de inicio de sesión	44	
Figura 26	Pantalla de gestión de terapeutas	45	
Figura 27	Pantalla de gestión de pacientes	45	
Figura 28	Pantalla de gestión de FIM, Parte 1	46	
Figura 29	Pantalla de gestión de FIM, Parte 2	46	
Figura 30	Reporte de ángulo máximo por sesión de terapia		47
Figura 31	Reporte de ángulo máximo por minijuego	48	
Figura 32	Reporte de valores de FIM	48	
Figura 33	Validación de ángulos	51	
Figura 34	Fases de repetición correctas	66	
Figura 35	Fases de repetición incorrectas	66	
Figura 36	Pantalla de inicio de sesión	67	
Figura 37	Pantalla de selección de minijuegos	68	
Figura 38	Pantalla de parámetros del minijuego	68	
Figura 39	Pantalla de resultados del minijuego	68	

Figura 40	Ambiente del minijuego Sushi Samurai	69
Figura 41	Personaje propuesto	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Comparación de dispositivos	23
Tabla 2	Comparación de dispositivos (cont.)	24
Tabla 3	Depuración de movimientos a apoyar	26
Tabla 4	Sprints 1 y 2	32
Tabla 5	Sprint 3	33
Tabla 6	Sprint 4	34
Tabla 7	Sprint 5	35
Tabla 8	Sprint 6	36
Tabla 9	Test case: Samurai minigame's behavior	52
Tabla 10	Test case: Random Fishes	52
Tabla 11	Test case: Character Inclusion	53
Tabla 12	Test case: Katanas	53
Tabla 13	Escenarios de juego propuestos	55

Parte I

VIDEOJUEGO DE APOYO A TERAPIAS FÍSICAS PARA PACIENTES JÓVENES DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL VALLE

INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

Este documento describe el proceso de desarrollo de un videojuego para el apoyo a las terapias físicas del Hospital Universitario del Valle. En el [Capítulo 1](#) se exponen el problema, la justificación, el alcance, junto con el objetivo general y los objetivos específicos.

El [Capítulo 2](#) contiene el marco de referencia que sustenta la propuesta, incluyendo la revisión de la literatura sobre videojuegos y terapias físicas. Adicionalmente, incluye metodologías de desarrollo de videojuegos actuales y algunos de los videojuegos desarrollados para apoyar terapias físicas.

El [Capítulo 3](#) se explican en detalle la fase de pre-producción, que incluye el análisis de tecnologías de detección de movimiento y el diseño del videojuego y la aplicación web, y la fase de producción del trabajo en la que se muestran los detalles de implementación realizados.

Después, en el [Capítulo 4](#) se encuentran las pruebas y validaciones realizadas en la fase de post-producción del trabajo de grado.

Posteriormente, en el [Capítulo 5](#) se presentan las conclusiones del proyecto y el trabajo futuro a realizar.

Finalmente, en el [Apéndice A](#) está el Documento de Diseño del Videojuego, en donde se muestra cada detalle del diseño del videojuego.

La supervisión del proyecto estuvo a cargo de la Ph.D. María Patricia Trujillo, como directora del trabajo de grado; del Ing. Edwin Gamboa como codirector. Además se contó con apoyo de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle mediante las asesorías de los profesionales de la salud María Isabel Pavas, Lina María Osorio y Luis Hurtado.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Hospital Universitario del Valle ubicado en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia cuenta con la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, encargada entre otras cosas, de realizar terapias físicas a la población del suroccidente colombiano. Las terapias físicas permiten a las personas desarrollar, mantener o recuperar el movimiento o la habilidad funcional de alguna parte de su cuerpo que ha sido afectada negativamente debido a la edad, lesiones, y/o desórdenes, entre otros factores (World Confederation for Physical Therapy, 2014). Algunas de estas terapias requieren del paciente la repetición de un programa de ejercicios, lo que podría generar que este tenga un menor compromiso con su recuperación debido al decaimiento de su estado de ánimo y su motivación.

La población del Hospital Universitario puede llegar a sufrir desmotivación al someterse a los tratamientos, sin los estímulos positivos adecuados (Burdea, 2012). Como consecuencia se presenta un problema y una carga adicional para los profesionales de la salud, ya que además de dirigir el tratamiento para que se ejecute correctamente, se deben esforzar para lograr que sus pacientes se mantengan concentrados y con una motivación alta.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La motivación durante las terapias físicas ya ha sido referenciada por varios autores como un gran determinante de cambio en las habilidades motoras de los pacientes. Pacientes que están motivados son más propensos a participar activamente de estas en comparación a los que no lo están (Bartlett & Palisano, 2002). Al mismo tiempo, diversos estudios muestran que los videojuegos aplicados a las terapias físicas han mostrado resultados positivos en términos del aumento en la motivación que provocan en sus usuarios, cambiando la monotonía de las tareas a realizar y volviéndolas “irresistibles”(Primack y col., 2012). También, se ha descubierto que una actividad desarrollada en un videojuego puede ser empleada para diversos tipos de terapia, así como para varios tipos de pacientes (Burdea, 2012). Los videojuegos como apoyo a las terapias físicas ya han sido probados en otras partes del mundo, con resultados satisfactorios, pues los pacientes han reportado que las actividades apoyadas con estos juegos son agradables y alcanzables (Shelton & Scott, 2015). Por estas razones, se propone la implementación de un videojuego para el apoyo a terapias físicas en el Hospital Universitario del Valle, pues esto podría traer beneficios a sus pacientes al aumentar su motivación y a los profesionales de la salud que trabajarían en un mejor ambiente debido a pacientes con un mejor ánimo y disposición para realizar las terapias.

1.4 ALCANCE DE LA PROPUESTA

El proyecto está delimitado al diseño, implementación y validación de un videojuego interactivo que realice el apoyo mediante el seguimiento de los pacientes que lo utilicen del área de Terapia Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle. La validación se realizará utilizando una serie de métricas definidas durante el diseño del videojuego.

El videojuego no realizará el seguimiento ni el apoyo a todas las terapias físicas empleadas en el Hospital Universitario del Valle, ni todos movimientos que las conformen, por ello se seleccionaron un conjunto de movimientos, los cuales fueron definidos en reuniones con profesionales de la salud. La plataforma sobre la cual funciona el videojuego fue la definida en la fase de diseño del mismo.

La audiencia objetivo del videojuego fue definida durante el diseño del proyecto, y es un grupo de pacientes del área de Terapia Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle.

El entregable final para este proyecto es el videojuego desarrollado. La versión final del videojuego deberá cumplir con las historias de usuario definidas durante el diseño del mismo.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 *Objetivo General*

Desarrollar un videojuego interactivo como herramienta de apoyo a terapias físicas de los pacientes de la Unidad de Medicina Física y de Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle.

1.5.2 *Objetivos Específicos*

1. Seleccionar las tecnologías que posibiliten al jugador la interacción con el videojuego.
2. Construir una historia, reglas y estructura para el videojuego orientada por los fisioterapeutas del Hospital Universitario del Valle.
3. Diseñar un módulo que permita realizar seguimiento al progreso motriz del jugador por parte de los fisioterapeutas del Hospital Universitario del Valle.
4. Diseñar un módulo que permita realizar un seguimiento al avance del jugador en el videojuego.

MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Videojuegos

Un juego es una actividad voluntaria que crea un mundo imaginario que puede o no tener relación con la vida real y que absorbe la atención completa de sus jugadores (Michael, 2006). Es una forma de jugar que a menudo, pero no siempre, involucra conflictos con otros jugadores, con el sistema de juego mismo o con aleatoriedades, destinos o suerte (International Game Developers Association, 2008). Los juegos tienen reglas claras, metas y objetivos que impulsan o motivan al jugador a competir y a superar a un adversario (Bergeron, 2006). Partiendo de lo anterior, un videojuego es un juego que usa una pantalla digital de video de algún tipo y de alguna manera en particular (International Game Developers Association, 2008).

Como en cualquier otra forma de arte, los juegos son buenos no solo para entretener, aquellos que van más allá del puro entretenimiento son llamados juegos serios (Brathwaite & Schreiber, 2006). Estos consisten en una aplicación interactiva de computador que tiene un objetivo desafiante, incorpora algunos conceptos de puntuación e imparte al usuario alguna habilidad, conocimiento o actitud que puede ser aplicada en el mundo real, es decir, su propósito general es el de entrenar o educar a sus usuarios en lo que se desee.

2.1.2 Anatomía de los Videojuegos

Un videojuego observado desde el interior del desarrollo puede ser entendido como un conglomerado de partes que interactúan entre sí. En su libro, Thorn (2013) divide un videojuego en un conjunto de tres partes fundamentales que son:

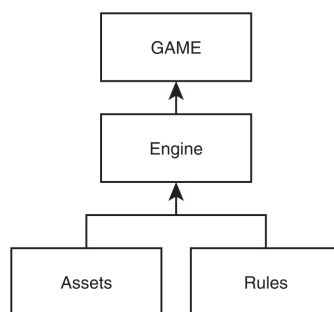


Figura 1: Anatomía de los videojuegos (Thorn, 2013).

1. *Motor*: Este componente contiene las características que son comunes en todos los juegos, permitiendo una reutilización de piezas en futuros desarrollos sin tener que crearlas nuevamente, ahorrando costos de desarrollo e implementación. En el motor se encuentran las características de los juegos que tienen vida, es decir, la parte del juego que puede actuar dinámicamente.
2. *Assets*: Son los componentes del juego contrarios al motor, ya que si el anterior posee todos los componentes que son generales para los videojuegos, en la definición de assets entran todas las características que son específicas y se crean solamente para los videojuegos que están en un mismo contexto.
3. *Reglas*: Es llamada también la "lógica del juego", son las instrucciones que le dicen al motor del juego cómo debe gobernar los assets durante la ejecución para un juego específico

2.1.3 Desarrollo de Videojuegos

En el aspecto del desarrollo, un videojuego debe ser tratado igual que otro software, es decir, no basta con realizar solamente la programación sino que se debe seguir una estrategia de desarrollo.

2.1.3.1 Etapas del desarrollo de los videojuegos

Thorn (2013) Describe el proceso de desarrollo de los videojuegos como la manera de desarrollar las tres partes en las que se dividen los videojuegos (motor, assets y reglas) (Thorn, 2013):

1. *Diseño básico y reunión creativa*: En esta fase el equipo de desarrollo toma la idea del videojuego y lo transforma en un plan más estructurado y exhaustivo que tenga como salida un juego desarrollado.
2. *Prototipado*: El equipo hace una versión del juego llamada prototipo, en una escala mucho menor a la final para identificar problemas en el diseño del juego y para evaluar la factibilidad del producto.
3. *Refinamiento del diseño*: En esta etapa los diseñadores corrigen los errores hallados en la etapa anterior y editar el documento de diseño de la aplicación.
4. *Desarrollo del motor*: Es la primera fase de implementación en el proyecto, por lo cual en este punto un diseño final ya está hecho. Como su nombre lo indica, aquí los programadores deben desarrollar lo que servirá como motor del juego utilizando un amplio rango de tecnologías, herramientas y algoritmos para ensamblar el motor de acuerdo con el documento de diseño. En el desarrollo de esta fase puede no requerirse la creación de un nuevo motor, en lugar de ello se puede integrar al videojuego un motor ya existente, por ejemplo, Unity o Unreal Engine

5. *Creación de Assets*: Es la fase donde se crea el contenido, este proceso involucra profesionales de todo tipo, como artistas, programadores, músicos, directores, actores de voz, fotógrafos y más. Típicamente es la fase más larga de todas para cualquier equipo, principalmente porque un juego tiene muchos assets y son costosos de producir en términos de tiempo.
6. *Scripting*: Aquí se realiza la implementación de las reglas del juego en un lenguaje de programación para poder ser interpretadas por el motor del juego.
7. *Testing y Debugging*: Aquí se encuentran involucrados los testers de videojuegos y los programadores, el objetivo de esta fase es encontrar fallos en el juego en donde sea posible, jugarlo de todas las maneras que se puedan, hasta las más ilógicas con el propósito de causar un error. Luego se generará una lista de fallos que el equipo tendrá que decidir si se admiten o no, y corregirlos en caso negativo.
8. *Distribución*: Se llevan a cabo campañas publicitarias para dar a conocer el videojuego y luego se distribuye el juego a los usuarios finales.

2.1.3.2 Metodologías para el Desarrollo de Videojuegos

Según Thorn (2013), las dos metodologías más usadas en el desarrollo de videojuegos son:

1. *Cascada - Desarrollo Lineal*: Está compuesto por ocho fases: concepción, iniciación, análisis, diseño, construcción, pruebas, producción/implementación y mantenimiento. Ya que esta utiliza una estructura lineal, una vez una fase es terminada no puede ser modificada.
2. *Modelo Ágil - Desarrollo iterativo*: Sus fases son: diseño, implementación, pruebas, retroalimentación. Esta metodología es menos rígida que la anterior, permitiendo adaptación a cambios y saltos de una fase a la otra según se necesite para ajustar el proyecto de desarrollo. Comienza con una idea para un videojuego y su idea es atravesar múltiples veces por todas las etapas hasta llegar a una versión final.

2.1.3.3 Metodología Scrum

Según Keith (2010), Scrum es una metodología ágil de desarrollo de software que tiene como principales características la comunicación constante del equipo de trabajo y la división de las tareas a realizar en pequeñas unidades realizables en cortos periodos de tiempo. Los componentes principales de la metodología son:

1. *Product Backlog*: Es una lista de los requerimientos o características de la aplicación a desarrollar que se organiza por prioridades.
2. *Sprints*: Son pequeñas iteraciones, que tienen generalmente como duración de 2 a 4 semanas y tienen como objetivo realizar una porción de todo el Product Backlog
3. *Lanzamientos*: Son conjuntos de iteraciones que ya realizan una función digna de lanzar al público o a la fase de pruebas.

2.1.3.4 Metodología Game-Scrum

Como ya es sabido, un videojuego pertenece a la categoría de software, por lo tanto, su desarrollo en general se basa en las mismas técnicas y metodologías empleadas para la creación de todos los productos que pertenecen a la mencionada categoría.

Pero, aunque el uso de las metodologías de desarrollo de software no están del todo desechado cuando se trata de videojuegos éstas poseen una debilidad: no contemplan las particularidades, características y problemas exclusivos de la industria de los juegos, problemas relacionados con alcance, planeación y falta de comunicación efectiva dentro del equipo de desarrollo (Godoy, 2010); lo que vuelve a las metodologías tradicionales inadecuadas para estos propósitos y crea la necesidad de alternativas que cubran los aspectos olvidados por ellas.

Pensando en lo anterior, han surgido soluciones basadas en las metodologías ágiles de desarrollo de software que sin dejar de lado las prácticas útiles y flexibles que caracterizan estos mecanismos de trabajo, realizan un esfuerzo enfático por subsanar los aspectos concernientes sólo al desarrollo de videojuegos. Una de ellas es Game-Scrum, que usa metodologías ágiles como su base, en especial Scrum, y las adapta para enfocarlas a personas con poca experiencia o nula en desarrollar juegos.

Como característica clave de esta metodología, (Godoy, 2010) explican que se divide el desarrollo en tres fases:

- *Pre-producción:* Esta fase es la que servirá para la creación conceptual del videojuego, es decir, aquí se definirá todo lo que se debe llevar a la realidad en la siguiente fase del desarrollo, desde las tecnologías y lenguajes de programación a usar hasta las características detalladas de la historia del videojuego, personajes, niveles, entre otros tópicos que ayudarán a tener una visión clara del producto final desde una etapa temprana.

El documento más importante de la pre-producción es el Documento de Diseño del Videojuego, dentro del cual se describen todos los elementos, personajes, su manera de interactuar y el rol que cumplirán dentro del juego. Todo esto tiene como objetivo que el documento de diseño sirva para guiar el alcance del proyecto y todo su desarrollo, por esto, realizar un documento poco detallado puede traer como consecuencia retrasos y fallos en las etapas siguientes.

- *Producción:* Como primer paso, se transforma el documento de diseño en el product backlog propio de la metodología Scrum que a su vez se divide en piezas más pequeñas, cada una con sus tareas definidas. Posteriormente se procede como lo indica la metodología Scrum, es decir, organizar conjuntos de tareas de acuerdo a su importancia y su relación para ser completadas en pequeños ciclos de producción llamados sprints.
- *Post-producción:* Una vez la producción ha terminado se deben realizar principalmente dos tareas: la primera es la realización de pruebas de juego con los usuarios finales para asegurar que el videojuego posee la calidad que se desea y que provee a los jugadores de la diversión suficiente para ser mostrado a la luz; la segunda

actividad que se realiza es un post-mortem, que consiste en un documento que el equipo de desarrollo debe crear y en donde se muestran la retroalimentación de todo el proceso de desarrollo en forma de fortalezas y debilidades para que sean enfatizadas o corregidas respectivamente en el próximo proyecto a realizar.

2.1.3.5 Ciclos de Lanzamiento de Videojuegos

Thorn (2013) en su libro expresa que todas las operaciones que se realizan a lo largo del desarrollo de un videojuego deben ser puestas dentro de un número de fases de desarrollo generales, conocidas como ciclos de lanzamiento, y dichas fases son:

1. *Pre-Alfa*: Está compuesto por todas las fases del desarrollo previas al ciclo de lanzamiento, como el diseño, la creación u obtención de gráficos, audios y demás assets requeridos.
2. *Alfa*: Es la primera fase del ciclo de lanzamiento. El producto ya debería estar bastante cerca de su versión final, tanto como para ya poder ser probada por los desarrolladores con métodos de caja blanca y caja negra.
3. *Beta*: Es la fase inmediatamente siguiente a la alfa. Aquí también se prueba el producto pero ya no por personas dentro del equipo de desarrollo, sino por un conjunto de personas que ven por primera vez en su vida el videojuego.
4. *Candidato a Lanzamiento*: Aquí se obtendrá una versión que podría ser la final, con todas las correcciones encontradas en las pruebas de las fases anteriores, pero que será sujeta una última vez a una ronda de pruebas adicionales.
5. *Versión oro*: El juego alcanza su versión final y los desarrolladores terminan su trabajo para darle paso a los distribuidores, productores, comerciantes y demás personas que se encargarán de que el juego llegue al público objetivo.

2.1.4 Terapias físicas

La fisioterapia es una profesión y un área de la salud que evalúa y provee tratamiento a personas para desarrollar, mantener y restablecer el funcionamiento y el movimiento máximo a lo largo de la vida. Esto incluye brindar tratamiento en circunstancias donde el movimiento y el funcionamiento son amenazados por la edad, lesiones, enfermedades o factores ambientales (Bennett, 2010).

La terapia física involucra la interacción entre el terapeuta, los pacientes, otros profesionales de la salud, familias, cuidadores y comunidades en un proceso donde el movimiento potencial es evaluado y los objetivos son acordados usando conocimientos y habilidades únicas de los terapeutas físicos (World Confederation for Physical Therapy, 2014).

2.1.5 Goniometría

Según dice (Taboadela, 2007), la goniometría es la técnica que tiene como objetivo medir los ángulos que se crean por la intersección de los ejes de los huesos a nivel de las articulaciones, todo esto con el objetivo de evaluar el arco de movimiento de una articulación en los tres ejes del espacio para objetivizar y cuantificar dicho arco en medicina física.

2.1.5.1 Goniómetro:

Es el instrumento usado por los médicos para realizar con mayor exactitud que la manual la medición de los ángulos de las articulaciones del cuerpo.

2.1.6 Medida de Independencia Funcional:

La medida de independencia funcional (FIM) es una escala numérica que permite conocer la capacidad que tiene un paciente de terapia física para valerse por sí mismo en sus actividades cotidianas. Dicha escala está compuesta por subpuntuajes que evalúan las capacidades físicas, psicológicas y sociales de los pacientes.

En la [Figura 2](#) se aprecia el formato empleado en el Hospital Universitario del Valle para el registro de la medida de independencia funcional de un paciente. Cada espacio es llenado con un valor entre uno y siete, dando un posible total máximo de 126 y mínimo de 18.


UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
EVALUACIÓN
ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA
MEDIDA DE INDEPENDENCIA FUNCIONAL

FIM		WeeFIM			
Edad		Sexo	Historia Clínica		
Apellidos y Nombres:		CIE10	Servicio Sala Cama		
Diagnóstico:					
Expectativas e Intereses:					
F E C H A (Día-Mes-Año)	Actual	Actual	Actual	Actual	Meta
AUTOCUIDADO					
Comer					
Aseo personal					
Bañarse/Ducharse					
Vestirse/Desvestirse (parte superior del cuerpo)					
Vestirse/Desvestirse (parte inferior del cuerpo)					
Uso del Baño					
MOVIMIENTO					
CONTROL DE ESFINTERES					
Control de heces					
Control de orina					
TRASLADARSE					
Cama, silla, silla de ruedas					
Baño					
Ducha					
MOVILIDAD					
Marcha, silla de ruedas, gateo					
Gradas					
RECONOCIMIENTO					
COMUNICACIÓN					
Comprensión					
Expresión					
COGNICIÓN SOCIAL					
Interacción Social					
Resolver Problema					
Memoria					
MOVIMIENTO TOTAL					
RECONOCIMIENTO TOTAL					
TOTAL					
RESPONSABLE ➡					

Figura 2: Formato FIM usado por el Hospital Universitario del Valle

2.1.7 Sensor Kinect 1

El sensor Kinect es un dispositivo detector de movimientos que no es controlado con las manos y detecta la posición del cuerpo, el movimiento del mismo y voces (Jana, 2012).

En un principio, fue desarrollado como un accesorio para una consola de videojuegos, pero con el paso del tiempo se ha descubierto su uso potencial y real más allá de juegos para entretenimiento, haciendo que fuera posible usarlo en aplicaciones para distintos propósitos en conjunto con un computador y que ya no solo sea un accesorio compatible con la consola Xbox 360 para uso exclusivo de juegos para el esparcimiento.

Jana (2012) describe los componentes internos que posee el sensor Kinect y su utilidad dentro del mismo:

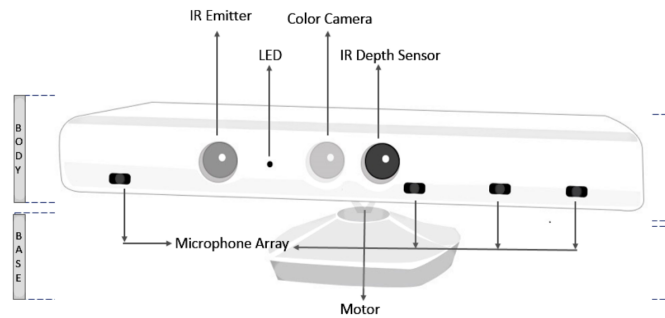


Figura 3: Sensor Kinect y sus componentes (Jana, 2012).

1. *Cámara de color:* Responsable de capturar y transmitir los datos de color del vídeo. Su función es detectar los colores rojo, verde y azul de la fuente a donde apunta y retorna una transmisión de datos que es una sucesión de imágenes.
2. *Emisor infrarrojo y sensor de profundidad infrarrojo:* El emisor es un proyector infrarrojo que constantemente emite luces sobre todo lo que se ubique en frente de él. Estos puntos son invisibles a los humanos, pero es posible capturar su información de profundidad mediante el uso de un sensor de profundidad infrarrojo. La luz proyectada se refleja desde diferentes objetos, y el sensor de profundidad los lee desde dichos objetos y los convierte en información de profundidad midiendo la distancia entre el sensor y el objeto desde donde el punto infrarrojo fue leído. La transmisión de datos de profundidad en la versión 1 del sensor soporta una resolución máxima de 640x400 píxeles y el rango de visión es el mismo que el de la cámara de color
3. *Motor de inclinación:* La base y el cuerpo del sensor están conectados por un pequeño motor que es usado para cambiar los ángulos de la cámara y el sensor con el objetivo de obtener la posición correcta del esqueleto humano en la habitación.
4. *Arreglo de micrófonos:* Consiste en cuatro micrófonos diferentes que están ubicados en un orden lineal en la parte baja del sensor Kinect. Su propósito además de capturar el sonido es poder localizar la dirección de donde provino la onda sonora.
5. *Luz LED:* Una luz LED es ubicada entre la cámara y el proyector infrarrojo para indicar el estado del sensor Kinect.

Todos estos componentes hacen posible que el sensor Kinect sea útil cuando se quiere capturar vídeo en tiempo real, rastrear el cuerpo humano y responder a sus movimientos y gestos con una interfaz de usuario natural, medir distancias de objetos, analizar datos 3D, realizar modelos en 3D, generar mapas de profundidad y reconocer voces humanas para desarrollar aplicaciones de manos libres controladas por voz.

Todos los usos nombrados anteriormente permiten que su tecnología se implemente en diversas áreas del conocimiento, como por ejemplo: cuidado de la salud, robótica, educación, sistemas de seguridad, realidad virtual, entrenamiento y actividades militares.

2.1.7.1 Skeletal Tracking

Cuando se habla de construir una aplicación que interactúe con el movimiento del cuerpo humano, se necesita capturar la información sobre los usuarios que se encuentran de pie al frente del sensor, y allí es donde el skeletal tracking cumple su rol.

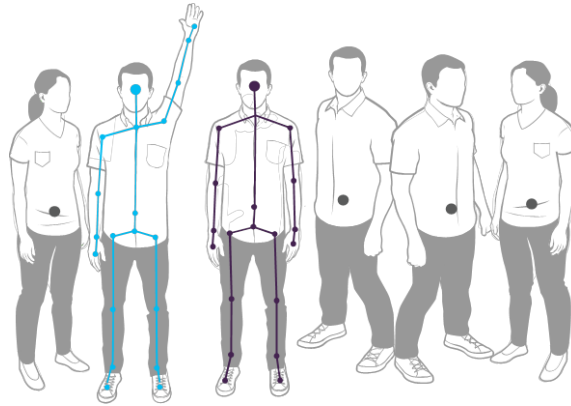


Figura 4: Funcionamiento del skeletal tracking (Microsoft Inc., 2013).

Con su uso, el sensor Kinect puede rastrear el cuerpo humano con varios puntos de sus articulaciones. Es posible reconocer hasta seis usuarios en el campo de visión del sensor, de esos, hasta dos pueden ser rastreados en detalle identificando en ellos hasta 20 articulaciones del cuerpo distintas, para así realizar seguimiento de sus cuerpos construyendo un esqueleto del cuerpo humano con base en una aproximación de los huesos calculada hallando las líneas rectas que unen los puntos de las distintas articulaciones.

2.2 ESTADO DEL ARTE

En Colombia, según lo investigado, actualmente no hay videojuegos que apoyen las terapias físicas, sin embargo, en el ámbito internacional ya existen diversas implementaciones que se acercan a lo que este proyecto quiere conseguir, a continuación se describen las más relevantes para nuestra investigación:

1. *VirtualRehab*: Virtualware, la empresa desarrolladora, tiene varios softwares orientados a la rehabilitación de diversas partes del cuerpo, siendo VirtualRehab el que más se acerca a nuestro objetivo. El videojuego está implementado para funcionar con la tecnología de detección de movimientos del sensor Microsoft Kinect y permite apoyar a los pacientes en la realización de los movimientos relacionados con cada terapia física mediante actividades en diversos escenarios virtuales que permiten la interacción entre las partes involucradas y retroalimentación al paciente. Además, es posible jugarlo desde los hospitales y desde los hogares de los pacientes ofreciendo una plataforma por internet mediante la cual los profesionales de la salud tratantes pueden observar el progreso de cada uno de sus pacientes.

Para más información sobre cómo adquirir el juego o más detalles sobre este se puede acceder a: <http://www.virtualrehab.info/>.



Figura 5: Paciente empleando VirtualRehab.

2. *MIRA*: Al igual que VirtualRehab, MIRA ofrece un videojuego que apoya las terapias mediante la detección de Movimientos con el sensor Microsoft Kinect basado en minijuegos que acompañan al paciente mientras este realiza los movimientos inherentes a su tipo de terapia. También posee tutoriales que hacen que los usuarios de la aplicación la entiendan más fácilmente ya que está diseñada para ser usable tanto en el hogar como en el centro de salud.

Como ventaja adicional también trae utilidades para los profesionales de la salud, permitiéndoles programar planes de ejercicios personalizados para cada paciente, un monitoreo constante y estadísticas que pueden ser extraídas para propósitos investigativos.



Figura 6: Pantalla de selección de juegos de MIRA (Mira Rehab, 2015).

3. *SeeMe*: Aunque esta dista un poco más de las anteriores dos implementaciones, sigue empleando como sensor de movimiento la misma tecnología y también es posible realizar las terapias tanto en el hogar como en los centros de salud. También su metodología de juego permanece igual que en los anteriores videojuegos, es decir, se trata de que el paciente con las partes del cuerpo que se quieran desarrollar realice las actividades que se proponen en la aplicación.

Como ventaja para los fisioterapeutas tiene un panel de control que permite mostrar estadísticas en tiempo real durante la realización de las terapias, lo que permite observar inmediatamente si el paciente está realizando los movimientos adecuadamente. Además, dicho panel de control también permite el cambio de dificultades y de partes del cuerpo a emplear en el videojuego al instante, lo que quiere decir que asegura una flexibilidad para cada paciente lograda también gracias a su sistema de gestión de usuarios que guarda las personalizaciones de ejercicios para cada paciente en particular.



Figura 7: Modelo del uso de SeeMe (Brontes Processing, 2011).

PLAYTHERAPY

3.1 VISIÓN GENERAL DE LA APLICACIÓN

3.1.1 Descripción

PlayTherapy es un videojuego enmarcado dentro de un proyecto de investigación que tiene como principal objetivo servir como herramienta de apoyo a las terapias físicas del Hospital Universitario del Valle, tiene como objetivo lograr un aumento a la motivación de los pacientes que estén realizando sesiones de terapia.

El videojuego está compuesto por una serie de minijuegos para diversas edades, en donde la principal actividad de cada uno de ellos es hacer que el jugador cumpla un objetivo mediante la ejecución de los movimientos que necesita mejorar, siempre con supervisión de especialistas.

Como proyecto de investigación tuvo su inicio en Agosto del 2016 y se espera la culminación del proceso de desarrollo en el año 2018.

3.1.2 Equipo de trabajo

Como es natural en casi todo proceso de desarrollo de software, las actividades y problemas que se plantean son de aspecto multidisciplinario, y la creación de PlayTherapy no es una excepción. Por lo tanto, dentro del proyecto de investigación se conformó un equipo de trabajo con integrantes, cada uno con manejo en una de varias áreas del conocimiento, como fisioterapia, usabilidad y desarrollo de software, para cubrir las necesidades de información en las competencias básicas concernientes al diseño e implementación del juego.

3.1.3 Arquitectura

La arquitectura del proyecto se puede descomponer en tres componentes: uno general, que describe desde el nivel superior los componentes a colaborar en el proyecto, el segundo que es la arquitectura interna del motor gráfico a emplear, y por último, los componentes internos de la aplicación web que se realizó.

3.1.3.1 Arquitectura general

La arquitectura general de la aplicación está compuesta por tres capas, como se observa en la [Figura 8](#), cada una con un propósito definido:

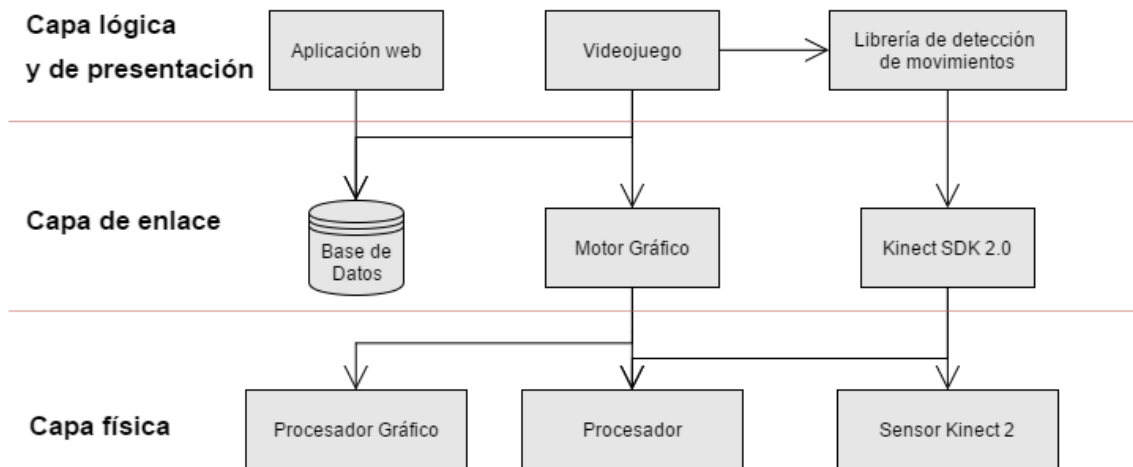


Figura 8: Arquitectura general

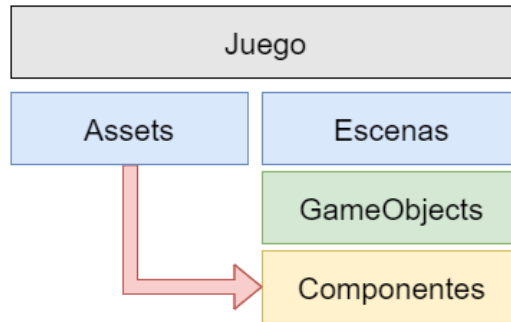


Figura 9: Arquitectura del motor gráfico Unity (Gouveia, D, 2013).

1. *Capa lógica y de presentación:* Tiene como función ordenar la ejecución de las operaciones lógicas que programan para el proyecto y mostrar su resultado, además, es la encargada de realizar la interacción directa con los usuarios finales.
2. *Capa física:* Está compuesta por los dispositivos tangibles de los que se hará uso
3. *Capa de enlace:* Es el puente de comunicación entre la capa lógica y la capa física, haciendo que los componentes físicos ejecuten las órdenes que requieren los componentes de la primera capa y transmitiendo los datos necesarios para su comunicación mutua.

3.1.3.2 Arquitectura del motor gráfico

El motor gráfico donde se desarrolla el videojuego, tiene sus componentes (Figura 9) definidos de la siguiente manera:

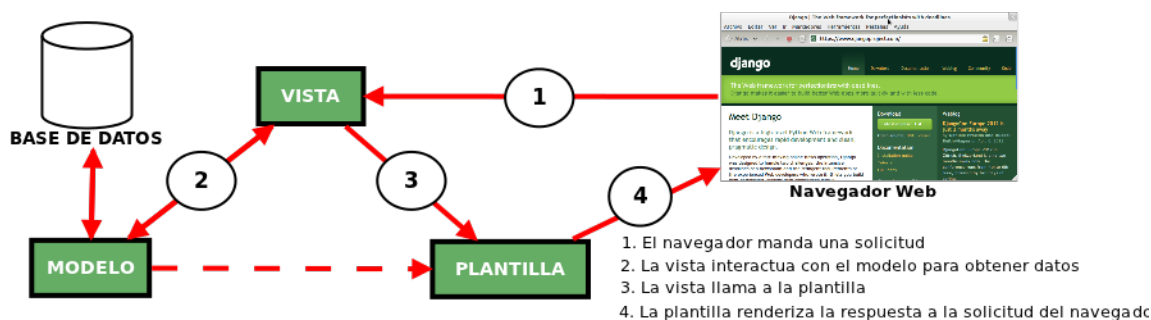


Figura 10: Arquitectura general (Montero, S, 2012).

1. *Escenas*: Todo proyecto de Unity está compuesto principalmente por este tipo de elemento. Las escenas son espacios vacíos en los que se ubican GameObjects para que estos sean visibles e interactivables en el juego.
2. *GameObjects*: Son los elementos que componen una escena.
3. *Assets*: Son todos los archivos que se utilizan por los desarrolladores dentro del motor para la creación del juego.
4. *Componentes*: Son los ítems que se añaden a los GameObjects para brindarles alguna funcionalidad específica, describir sus detalles, características físicas, entre otras funciones.

3.1.3.3 Arquitectura del framework web

El framework Django se ve compuesto por tres componentes principales (Figura 10), que son:

1. *Vista*: Capa que sirve de enlace de comunicación entre el Modelo y la Plantilla.
2. *Modelo*: Es la capa cuya función es realizar las operaciones de acceso a datos y otras funciones lógicas de la aplicación
3. *Plantilla*: Encargada de la interacción directa con el usuario, se encarga de transformar las respuestas de las demás capas en contenido para mostrar.

3.1.3.4 Componentes de la aplicación

Dentro del proyecto de investigación se espera una aplicación realizada por módulos. Los que tienen que ver directamente con este trabajo de grado son:

- Módulo de minijuegos
- Librería de detección de movimientos
- Módulo de acceso a datos por parte del videojuego

- Módulo de medidas de independencia funcional
- Módulo de reportes

Otros módulos adicionales son:

- Menú de selección de minijuegos
- Pantalla de inicio del juego
- Gestión de pacientes
- Gestión de terapeutas

3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Por las características anteriormente mencionadas en la [Sección 2.1.3.4](#), la metodología Game-Scrum y sus tres fases se hacen ideales para ser la estrategia a seguir en el desarrollo de este trabajo de grado y de todo el proyecto PlayTherapy. Con dicha metodología se facilita la interacción entre todos los integrantes del proyecto y la comunicación con el equipo de especialistas encontrados en el Hospital Universitario del Valle, aspecto importante debido a que son ellos y sus pacientes los que ofrecen los conocimientos técnicos sobre rehabilitación y son ellos también los encargados de brindar retroalimentación en todas las fases de desarrollo.

3.3 PRE-PRODUCCIÓN

3.3.1 Selección de la tecnología de detección de movimientos

Para facilitar la interacción de un videojuego con los movimientos del jugador, es necesario contar con un dispositivo capaz de proporcionar una interfaz para que las acciones de los usuarios sean comunicadas al computador, procesadas y reflejadas en la pantalla.

Con el objetivo de seleccionar un instrumento que pueda cumplir tal función se realizó una búsqueda de dispositivos que fueran utilizados para el mismo o similares propósitos, como consecuencia, se halló una serie de productos de hardware, entre los que se destacan los siguientes:

1. *Kinect para Xbox 360* (Microsoft, 2011): Primera versión del sensor de movimiento de Microsoft, pensado a la hora de su lanzamiento, en el año 2010, como un dispositivo para ser usado solamente como un accesorio de la línea de consolas Xbox 360. Sin embargo, después de un tiempo fue liberado la API y el kit de desarrollo para computadores personales.

El sensor kinect ofrece varios proveedores de contenido, por ejemplo, una visión de profundidad, una visión de color gracias a su cámara de 1280 x 960 píxeles, y

una visión infrarroja, que permite que su ambiente sea visible con condiciones de baja luminosidad. Además, como punto clave, se proporciona una interfaz para la detección de cuerpos humanos, la cual indica la posición en tres dimensiones, para cada uno de los dos cuerpos que es capaz de reconocer al mismo tiempo. Este proceso se basa en la representación del esqueleto humano del sensor, el cual está formado por 20 puntos de conexión (Figura 11).

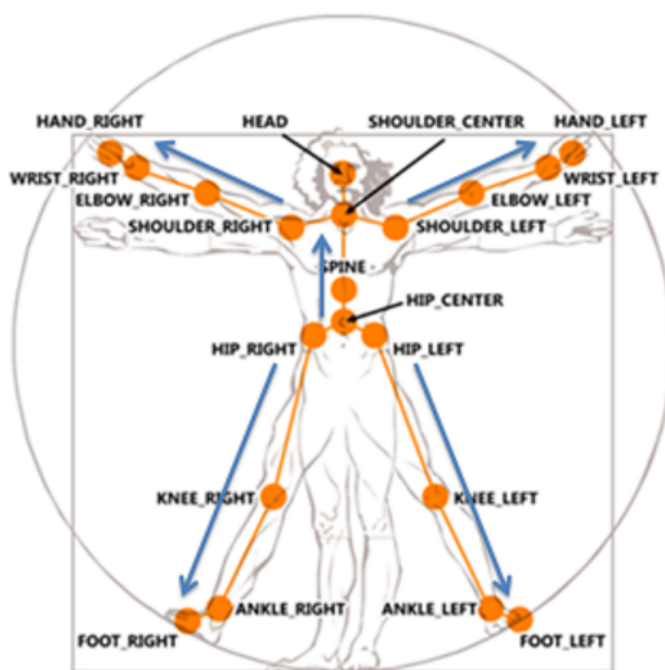


Figura 11: Puntos de rastreo del sensor Kinect (Microsoft, 2011).

2. *Kinect para Xbox One* (Figura 12): Como su nombre lo indica, es el sensor por defecto incluido al comprar la consola más moderna a la fecha lanzada por Microsoft. Es una actualización del dispositivo inmediatamente anterior, que proporciona mejoras significativas en varios aspectos como la detección de cuerpos humanos, siendo posible rastrear más cuerpos simultáneamente (seis, en lugar de los dos del modelo anterior), además, se aumenta la cantidad de puntos identificados de 20 a 25, haciendo posible la detección de movimientos y partes del cuerpo anteriormente imposibles de reconocer.

Adicionalmente, entre otras mejoras, se aumenta la resolución de la cámara hasta 1920 x 1080 píxeles y se elimina totalmente la necesidad de luz para el correcto funcionamiento del sensor.

3. *Asus Xtion Pro Live* (Asus, 2016): Una alternativa similar al Kinect para Xbox 360, con unas cuantas diferencias: la primera es el propósito inicial del dispositivo, ya que este fue concebido por su fabricante Asus para desarrollo exclusivo para

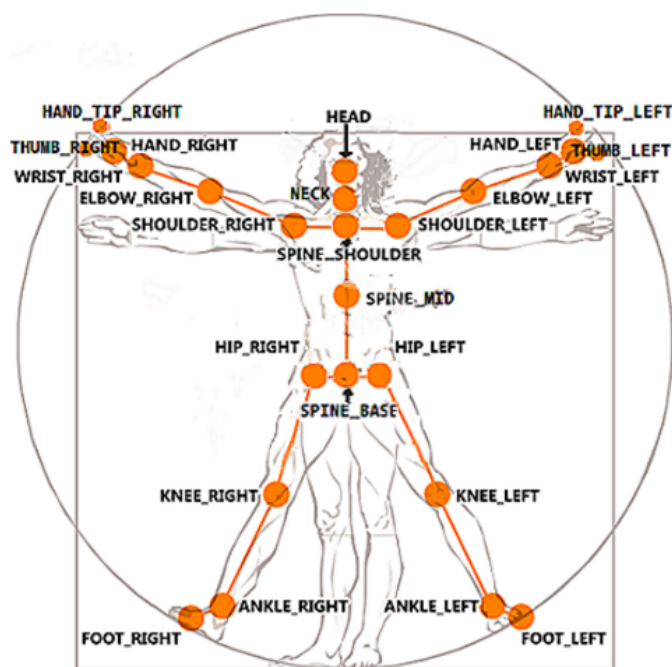


Figura 12: Puntos de rastreo del sensor Kinect 2 (Microsoft, 2013).

computadoras, en segundo lugar la librería OpenNI como API, que solamente permite rastrear 15 puntos del cuerpo humano y son ilustradas por la [Figura 13](#)

4. *Orbbec Astra* (Orbbec 3D, 2016): Otro sensor de “tipo Kinect”, pero esta vez con un énfasis especial en el rastreo de los gestos realizados con las manos, tanto es el énfasis en este objetivo que el seguimiento a el cuerpo humano completo aún se encuentra en desarrollo. En un futuro también habrá una documentación más extensa y soporte para el desarrollo de aplicaciones que empleen este dispositivo usando motores gráficos según la web de sus creadores.
5. *Stereolabs ZED Stereo Camera* (Stereolabs, 2016): Es el sensor con la mejor cámara de toda la lista, teniendo la posibilidad de capturar imágenes de hasta 4416x1242 píxeles, además puede medir la profundidad de objetos hasta a 20 metros de distancia, siendo también el líder en el aspecto de profundidad. Como aspecto negativo, esta cámara no posee implementación alguna que permita capturar la posición o el movimiento de partes del cuerpo, por lo que si algún desarrollador desea usarlo para dicho objetivo deberá encargarse de la creación completa del algoritmo para lograr este propósito.
6. *Leap Motion Controller* (Alex Colgan, 2014): Este aparato posee un rango de detección de hasta 80 centímetros, y su API permite hacer el seguimiento a todas las articulaciones que poseen las manos, características que hacen que la detección del cuerpo completo no sea factible con el dispositivo.

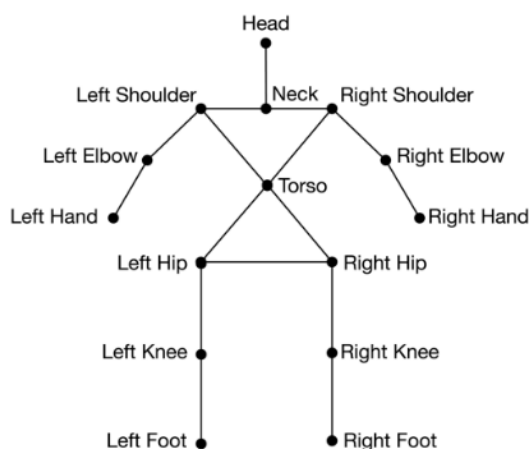


Figura 13: Puntos de rastreo de la librería OpenNI (Gonzalez-Pacheco, Malfaz, Fernandez, Salichs, 2013).

7. *PlayStation Camera* (Sony, 2014): Una cámara con la cual es posible obtener imágenes de hasta 1280 x 800 píxeles, detectar el movimiento de las manos y el cuerpo entero, pero con un SDK no disponible al público en general y exclusividad de uso con sistemas PlayStation 4, por lo tanto, no hay posibilidades de trabajar con este sensor para aplicaciones alojadas en computadores de sobremesa.

Para terminar, en Stimulant (Stimulant, 2016) se presenta un cuadro comparativo con algunos aspectos importantes de tres de los anteriores sensores. Dicha comparativa fue ampliada para poder comparar efectivamente los siete dispositivos y servir en los propósitos de este análisis. Su resultado son la [Tabla 1](#) y la [Tabla 2](#)

Al analizar las siete opciones, se priorizaron los aspectos relacionados con el desarrollo de videojuegos y de detección del cuerpo completo. En consecuencia, la opción más apropiada para el desarrollo del juego es el sensor Kinect 2, dado que posee compatibilidad con los principales motores gráficos, como Unity3D y Unreal Engine, y provee una detección de cuerpos más detallada que el resto de dispositivos.

3.3.2 Estructura base del juego

Una vez se conformó el equipo de trabajo inicial, comenzó el proceso de captura y definición de requerimientos usando como alternativa la recepción de estos mediante una serie de entrevistas en reuniones con los profesionales en terapia física del equipo de trabajo, que a su vez actuaron como clientes y usuarios finales del videojuego.

En los encuentros iniciales se analizó la forma de videojuego que podría ser más útil y flexible a la hora de su uso por los pacientes durante un segmento de las sesiones de terapia física, llegando a dos opciones principales:

- *Videojuego enfocado a patologías específicas*: esta elección contemplaba la creación de un videojuego, y por ende una historia completa, elementos y demás; enfocados

Tabla 1: Comparación de dispositivos

CARACTER.	KINECT	KINECT 2	ASUS XTRION	ORBBEC TRA	AS-
Precio aprox (USD)	110	140	163	150	
¿En producción?	No	Si	No	Si	
Uso principal para desarrollo de juegos	Si	Si	No	No	
Lenguajes compatibles	C++/C#/ Java	JS/- C++/C#/ Java	JS/- C++/C#/ Java	C++/ OpenGL	
Detección del cuerpo	Si	Si	Si	No	
Detección de gestos	Si	Si	Si	No	
Método de rastreo	Infrarrojo	Infrarrojo	Infrarrojo	Infrarrojo	
Rango de rastreo	0.4m-4.5m	0.5m-4.5m	0.8m-3.5m	0.4m-8m	
Imagen RGB	648x480	1920x1080	1280x1024	1280x960	
Compatible con principales motores gráficos	Parcial	Si	Parcial	No	

Tabla 2: Comparación de dispositivos (cont.)

CARACTER.		STEREOLABS	LEAP MOTION	PS CAMERA
Precio (USD)	aprox	450	50	52
¿En producción?		Si	Si	Si
Uso principal para desarrollo de juegos		No	Si	Si
Lenguajes compatibles		C++/OpenGL	C++/C#/ JS	C++
Detección del cuerpo		No	No	Si
Detección de gestos		No	Si	Si
Método de rastreo		Cámara dual	Infrarrojo	Cámara dual
Rango de rastreo		1.5m-20m	0.025m-0.6m	??
Imagen RGB		4416x1242	No aplica	1280x800
Compatible con principales motores gráficos	con	No	Si	Si

al desarrollo de una patología en especial, es decir, que las actividades a realizar fueran exclusivamente ejercicios orientados a la realización y mejoría de los movimientos de una afección en especial.

- *Videojuego enfocado a movimientos específicos*: consiste en el desarrollo de una serie de minijuegos, en donde cada uno tendría como función enfatizar el apoyo al paciente y al terapeuta durante la ejecución, ya sea completa o parcial, de un movimiento específico por parte del jugador.

Al analizar las ventajas y desventajas de cada uno de los juegos, teniendo en cuenta la gran cantidad de patologías que presentan los pacientes atendidos por el Hospital Universitario del Valle, se llegó a la conclusión de que al tomar el primer camino se estarían dejando sin apoyar una gran cantidad de tratamientos muy similares entre sí; en cambio, gracias a que en muchas patologías distintas se trata la mayoría del tiempo un conjunto muy similar de movimientos la opción de un videojuego enfocado a movimientos específicos se aplicaría mucho mejor al proyecto, permitiendo la flexibilidad de uso buscada por los terapeutas y abarcando muchas más patologías.

Además, en estas reuniones iniciales se definieron algunos datos de los pacientes que utilizarán el videojuego, determinando así que los pacientes que jugarán serán aquellos sin limitaciones cognitivas, sin rango de edad (se tendrán juegos enfocados a jóvenes y otros enfocados a adultos) y entrarán en la categoría de gamers casuales, es decir, aquellos que solo juegan ocasionalmente.

3.3.3 Definición de movimientos a apoyar

Las reuniones posteriores con las fisioterapeutas se enfocaron en el proceso de selección de movimientos que se apoyarían mediante los minijuegos de PlayTherapy. Para cumplir este objetivo se concretó, como primer paso, una lista preliminar junto con las especialistas en terapia que contenía un total de 96 tipos de movimientos del cuerpo para después evaluar las posibilidades tecnológicas de realizar el seguimiento de dichos movimientos con los dispositivos que se seleccionaron en el capítulo anterior y después de dos depuraciones definir una lista final de movimientos a reconocer por el juego.

La [Tabla 3](#) muestra la lista de movimientos preliminares seleccionados después de la primera depuración y su resultado después del segundo filtro de estos.

3.3.4 Actividades previas al documento de diseño

Anteriormente a la construcción del documento de diseño del videojuego, se procedió a realizar un par de actividades que tenían como objetivo aumentar la inspiración de los miembros del equipo y clarificar ideas a las terapeutas acerca de los alcances y potenciales de un juego que emplee detección de movimientos.

Tabla 3: Depuración de movimientos a apoyar

PARTE DEL CUERPO	MOVIMIENTO	RESULTADO
Cabeza	Flexión lateral	No posible
	Flexión	No posible
	Extensión	No posible
	Rotación	No posible
Hombro	Abducción	Posible
	Flexión	Posible
	Extensión	Posible
	Rotación interna	Posible
	Rotación externa	Posible
Codo	Flexión	Posible
Muñeca	Extensión	No posible
	Flexión	No Posible
Cadera	Extensión	Posible
	Flexión	Posible
	Abducción	Posible
	Aducción	Posible
	Rotación interna	Posible
	Rotación externa	Posible
Rodilla	Flexión	Posible
Columna	Flexión lateral	Posible
	Inclinación	Posible

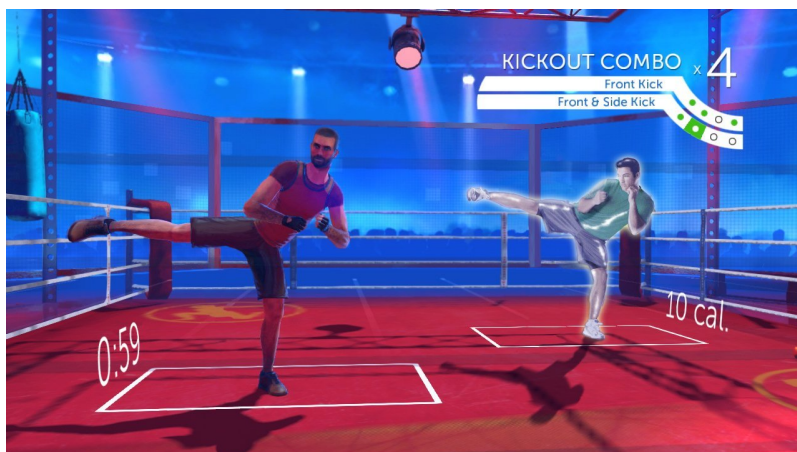


Figura 14: Your Shape: Fitness Evolved 2012 (Ubisoft, 2012).

3.3.4.1 Prueba de juegos

Se realizó una sesión de juego junto con las especialistas en terapia física del proyecto para ponerlas en contexto acerca de las posibilidades de un videojuego similar a la aplicación que se pensaba realizar. Para lograrlo se empleó una consola Xbox 360 con el sensor Kinect 1 y títulos que hacen uso de la detección de partes del cuerpo para hacer que sus jugadores cumplan rutinas de ejercicios o actividades físicas como Kinect Adventures, Kinect Sports y Your Shape: Fitness Evolved (Figura 14).

Adicionalmente, el equipo de desarrollo realizó reuniones extra con otros títulos adicionales que emplean el mismo tipo de sistema para observar el estado del arte y poder analizar ideas de actividades, mecánicas, reglas, tendencias gráficas, prácticas usadas comúnmente en los videojuegos. Además de lo anterior, las pruebas de juego permitieron conocer las limitaciones que tienen todos los juegos de estos tipos y las falencias de lo experimentado para no cometer las mismas faltas que poseen los productos jugados.

3.3.4.2 Lluvia de ideas

El equipo de desarrollo, después, con el objetivo de construir una historia, reglas y estructura para el videojuego, siguió con reuniones, esta vez para que cada miembro propusiera ideas acerca de cómo debería ser el videojuego a desarrollar, todo esto para depurar las propuestas hechas y encontrar las ideas definitivas con las cuales comenzar la redacción del documento de diseño del videojuego.

Una vez se hizo la depuración de ideas se definieron cuatro ideas iniciales para los videojuegos: Sushi Samurai, Atrápalo, Canopy y Duro contra el Mundo. Este trabajo de grado comprende el desarrollo de la alternativa para jóvenes, que es el juego llamado "Sushi Samurai", y que será detallado en la próxima sección.

Tal como lo menciona la metodología de desarrollo de videojuegos Game-Scrum y con el propósito de construir la historia, reglas y estructura para el videojuego se realizó la creación del Documento de Diseño del Videojuego, tomando como base la plantilla provista por (Taylor, 2015). Éste documento de diseño se presenta en el Apéndice A.

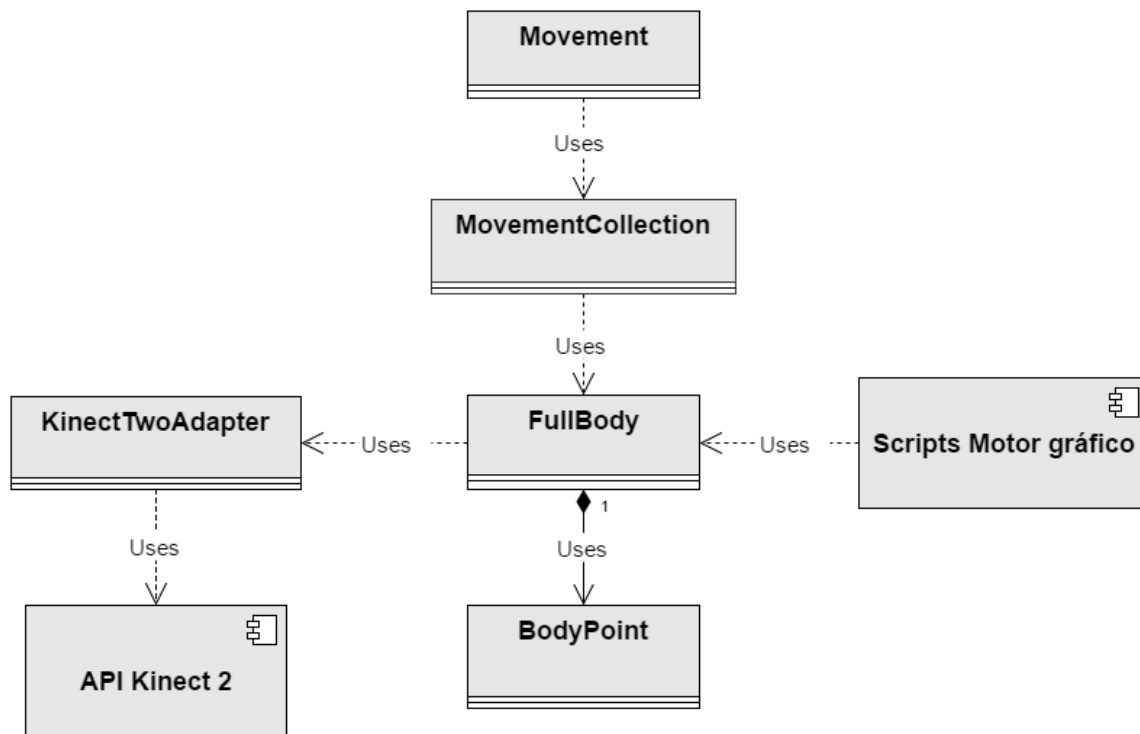


Figura 15: Librería de detección de movimientos

3.3.5 Seguimiento al Progreso Motriz

Con el objetivo de realizar el seguimiento al progreso motriz de los pacientes que utilicen PlayTherapy se creó una librería de detección de movimientos, adicionalmente se creó el modelo de persistencia para la aplicación y se diseñó el algoritmo para capturar efectivamente los mejores desempeños de los pacientes para cada sesión de juego. Todos estos pasos serán explicados a continuación

3.3.5.1 Librería de detección de movimientos

El propósito de esta librería es el de servir como componente de enlace entre la API que proporciona el sensor Kinect 2, elegido para el proyecto, y el videojuego. Su importancia radica en que gracias a éste componente, el videojuego tendrá la posibilidad de saber efectivamente y en todo momento los valores de las posiciones de todas las partes del cuerpo de los jugadores, además de poder obtener los ángulos entre las articulaciones que involucren los movimientos que se realicen.

La [Figura 15](#) muestra los componentes base de la librería y su organización entre sí, a continuación cada uno de estos elementos será detallado más específicamente:

- *API Kinect 2*: Es el único componente de ésta librería que se encuentra desarrollado desde un principio y es el encargado de proporcionar acceso a las funciones que

proporciona el dispositivo físico para detectar el cuerpo humano (Kinect 2). Provee las coordenadas de los cuerpos humanos detectados en su propio sistema en el que el origen es el propio sensor.

- *KinectTwoAdapter*: Es el componente que se encarga de transformar los datos obtenidos de la API a datos utilizables por el resto de la aplicación. Para esto se transforman las coordenadas proporcionadas por el API del Kinect a un sistema en el cual el origen siempre será el suelo del recinto en el que esté ubicado el sensor, lo que garantiza que sea cual sea la altura o posición del Kinect el sistema de coordenadas no variará, es decir, nos asegura coordenadas lo más homogéneas posibles.
- *Movement*: Es la clase que se encarga de calcular los ángulos que hay entre tres puntos 3D proporcionados por el que use este componente. Además, esta clase es la encargada de la detección de la realización de un movimiento con el algoritmo explicado en la [Figura 16](#)
- *MovementCollection*: Posee los puntos que se necesitan para calcular el ángulo de cada uno de los movimientos seleccionados anteriormente, y si es necesario usa la clase *Movement* para realizar dicho cálculo.
- *BodyPoint*: Clase que tiene a cargo contener los datos de un punto del cuerpo del jugador, es decir, su posición y su nombre.
- *FullBody*: Clase que en su interior contiene la totalidad de objetos *BodyPoint*, es decir, de los puntos del cuerpo del jugador, y actualiza sus valores periódicamente mediante la comunicación con el adaptador del Kinect 2.
- *Scripts motor gráfico*: Es la lógica del videojuego, que cuando ve la necesidad de acceder a los datos de posición, y aún más importante, a los datos de ángulos del sensor, emplea las funciones de la librería para hacerlo.

3.3.5.2 Estrategia de seguimiento motriz

Una vez se cuenta con la librería, que soluciona el acceso a datos se diseña el resto de la estrategia de seguimiento al progreso motriz, que consiste en crear un modelo de persistencia en el que se puedan guardar los siguientes datos acerca del paciente:

- Datos personales del paciente y su diagnóstico
- Registros de la medida de independencia funcional (FIM) del paciente
- Ángulos máximos alcanzados por movimiento en cada sesión de juego
- Observaciones del terapeuta después de cada sesión de terapia

Con estos datos, se realizaron reportes gráficos que permiten observar en un rango de fecha determinado por los terapeutas los distintos valores de los registros anteriores.

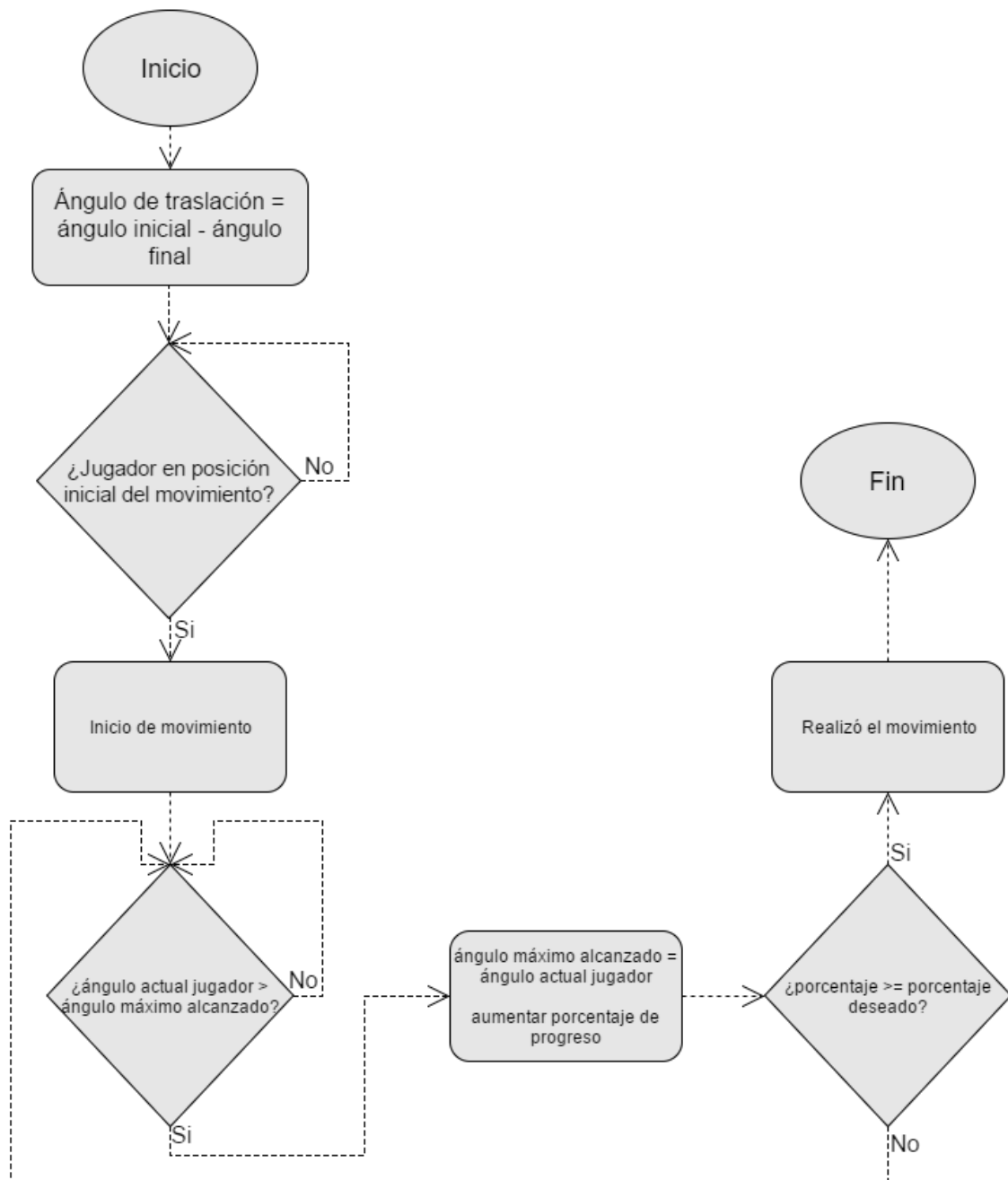


Figura 16: Algoritmo de detección de movimientos

3.3.6 Seguimiento al Progreso del Jugador

Similar a lo ocurrido con el seguimiento al progreso motriz, se adicionaron algunos aspectos al modelo de persistencia de la aplicación que permitieran cumplir este objetivo, para posteriormente poder informar al jugador su rendimiento, y su mejor rendimiento histórico, ellos son:

- Datos de la sesión de terapia y su fecha
- Minijuegos jugados por sesión de terapia (sesiones de juego)
- Desempeño del jugador en cada sesión de juego (puntaje)
- Tiempo de ejecución del minijuego
- Número de repeticiones correctas realizadas por minijuego

3.4 PRODUCCIÓN

3.4.1 Product Backlog

Una vez se avanza y se llega a la etapa de producción, el paso a seguir según la metodología Game-Scrum es realizar la transformación del documento de diseño del videojuego y de los contenidos adicionales de la etapa de pre-producción a un Product Backlog, propio de la metodología Scrum.

Para la creación y el seguimiento de todas las historias de usuario y tareas que conforman el Backlog se empleó la herramienta online llamada Taiga, cuyo propósito es el de facilitar a equipos de trabajo la administración de proyectos de desarrollo de software cuando estos son realizados con la metodología Scrum.

El resultado de dicha transformación se encuentra contemplado entre la [Tabla 4](#) y la [Tabla 8](#), cabe resaltar que la redacción de esta sección se encuentra en idioma inglés puesto que es el idioma elegido por el equipo de PlayTherapy para la completa documentación del proyecto.

Tabla 4: Sprints 1 y 2

USER STORY / TASK	PROGRESS(%)
Sprint 1 (15 Aug 2016-29 Aug 2016) - 65 points	
HU #1 Kinect SDK - Unreal connector - 40 Points	
Prepare and Make a demo ready to prove Kinect 2 + Unity 5.0	100
Design relational model	100
Create ER model for the video game	100
HU #2 Patient creation V1 - 25 Points	
Propose 1 UI Design and 2 Color Schemes or Template	100
Form to create patients	100
Sprint 2 (20 Aug 2016 - 12 Sep 2016) - 34 points	
HU #24 Assets list - 8 Points	
Assets list for the children game	100
Assets list for adults game	100
HU #5 Patient identification - 6 Points	
Create UI for the patient identification	100
Connect videogame to DataBase	100
HU #20 C# Kinect Library (Positioning) - 20 Points	
Trasnlate C++ code to C# code	100

Tabla 5: Sprint 3

USER STORY / TASK	PROGRESS(%)
Sprint 3 (13 Sep 2016 - 27 Sep 2016) - 238 points	
HU #36 Minigames menu (1st prototype) - 28 Points	
Grid to load the available games in the menu	100
Change game background according to the current selected minigame	100
HU #22 Develop the Samurai minigame V1 - 48 Points	
Create a screen to set up difficulty level of the Samurai mini-game	100
Samurai minigame should behave based on setup parameters	100
Difficulty levels definition	100
Fishes going out from water	100
Fishes stop at random positions on the air	100
Create a list of movemnets associated to Samurai minigame	100
HU #35 Game database connection - 6 Points	
DAOs to manage data in the video game	100
HU #40 Kinect library/Angles detection - C++ to C# - 40 Points	
Translate angle detection C++ code into C# code	100
HU #41 Coordinate system conversion - 20 Points	
Coordinate system conversion	100
HU #38 CRUD Therapists V2 - 48 Points	
Coordinate system conversion	100
Therapists list view	100
Frontend - Backend integration	100
Form to edit therapists	100
HU #37 CRUD Patients V2 - 48 Points	
Form to create Patient	100
List Patients	100

Tabla 6: Sprint 4

USER STORY / TASK	PROGRESS(%)
Sprint 4 (10 Oct 2016 - 24 Oct 2016) - 78 points	
HU #25 Load Patient Information - 8 Points	
Load player information above game menu	100
Export and import database	100
Create view to show Patient Info	100
HU #7 Player's game progress - 4 Points	
Define strategy to track player's game progress	100
HU #4 Patient's progress with the therapies - 4 Points	
Define strategy to track player's progress in therapy	100
HU #65 Character height - 30 Points	
Look for information about the problem to get ideas	100
Define strategy to control character's height	100
Include RUIS library into the game	100
HU #67 Start and finish Samurai minigame notification - 8 Points	
Include 3,2,1 Screen in Samurai minigame	100
Include time is running out notification	100
HU #63 Fish catching - 20 Points	
Fish collisions	100
Sushi rolls animation	100
Character inclusion	100
Katana use	100
Look for prefabs and collision animation	100

Tabla 7: Sprint 5

USER STORY / TASK	PROGRESS(%)
Sprint 5 (20 Oct 2016 - 3 Nov 2016) - 32 points	
HU #119 Spawning Zone - 5 Points	
Fishes should be launched within a launching zone (according to angle)	100
HU #122 Results screen - 8 Points	
Create results view	100
Use trophies assets instead of medals	100
HU #124 Enrich Samurai minigame - 10 Points	
Some fishes should be caught using right hand and other using left hand	100
Include sounds	100
Lateral plane	100
Change avatar, it should be more realistic	100
HU #127 Avatar replace in minigames - 4 Points	
Replace the avatar for a more realistic one	100
HU #128 Make the game - interaction wider - 2 Points	
Interaction zone should be wider	100
HU #129 Therapist management V3 - 3 Points	
Delete (Disable) therapists form	100
HU #130 Patient management V3 - 5 Points	
Delete (Disable) patients form	100
Edit patient's information form	100
Assign diagnostic to the patients	100

Tabla 8: Sprint 6

USER STORY / TASK	PROGRESS(%)
Sprint 6 (2 Nov 2016 - 16 Nov 2016) - 105 points	
HU #115 FIM CRUD - 10 Points	
HU #126 Therapy progress report - 12 Points	
Progress by movement report	100
Progress by minigame report	100
Chart to display progress information	100
HU #163 Samurai feedback improvement - 14 Points	
Frontal plane should be included	100
Notifications to the player should be visible (game over, messages, etc.)	100
HU #123 Scenes connection - 3 Points	
Integrate Samurai GUI's scenes into master project	100
HU #120 Persist Samurai minigame info - 5 Points	
Save score (number of caught fishes) in BD in Samurai minigame	100
Control and save time played by the player	100
Control and save repetitions carried out by the player	100
HU #39 CRUD Medical Entities V1 - 48 Points	
HU #157 Therapy session observations - 13 Points	

3.4.2 *Requerimientos no funcionales*

3.4.2.1 *Rendimiento*

1. PlayTherapy se ejecutará con gráficos de al menos 30 fps
2. PlayTherapy se ejecutará con un mínimo de 4 GB de RAM
3. PlayTherapy se ejecutará con mínimo una tarjeta gráfica Nvidia GeForce GTX 950 de 2GB de memoria de video o equivalente
4. PlayTherapy deberá ejecutarse en el sistema operativo Microsoft Windows 10 o superior con el SDK del Kinect 2.0 instalado
5. El tamaño del ejecutable de PlayTherapy será de menos de 2 GB
6. El componente web de PlayTherapy deberá poder ejecutarse sin problemas en las versiones 48.0 de Firefox, 53.0 de Google Chrome o superiores

3.4.2.2 *Seguridad*

1. PlayTherapy no podrá abrir, editar o eliminar archivos no relacionados al juego
2. PlayTherapy es un juego para un solo jugador sin funcionalidades multijugador u online
3. Los datos guardados tanto de la aplicación web como del juego se alojarán en una base de datos, inaccesible para modificaciones externas de los usuarios
4. El ingreso a la aplicación web deberá ser protegido por contraseñas y usuarios definidos
5. El ingreso al videojuego deberá solicitar el número de identificación del paciente que lo empleará

3.4.2.3 *Usabilidad*

1. La interfaz de usuario de la aplicación deberá ser implementada en idioma español
2. Las instrucciones acerca de los objetivos de los minijuegos deben presentarse de forma clara y concreta

3.4.3 *Detalles de la implementación del juego*

La creación del videojuego se dividió en varias partes fundamentales, que son:

- Pantalla de inicio
- Pantalla de selección de minijuegos
- Librería de detección de movimientos
- DAO del sistema
- Pantalla de selección de parámetros del minijuego
- Minijuego Sushi Samurai
- Pantalla de resultados

A continuación, se describirán detalles acerca de algunas de ellas y de otros aspectos no mencionados durante la fase de pre-producción.

3.4.3.1 Pantalla de inicio

Es la primera interfaz que se despliega una vez se ejecuta el videojuego, se compone de un campo en el que se debe ingresar el número de identificación del paciente y un botón para iniciar la sesión de terapia una vez el dato anterior haya sido suministrado (Figura 17). Si el botón fue presionado, la aplicación consultará en la base de datos si el paciente se encuentra registrado y en caso positivo continuará a la siguiente pantalla del videojuego.

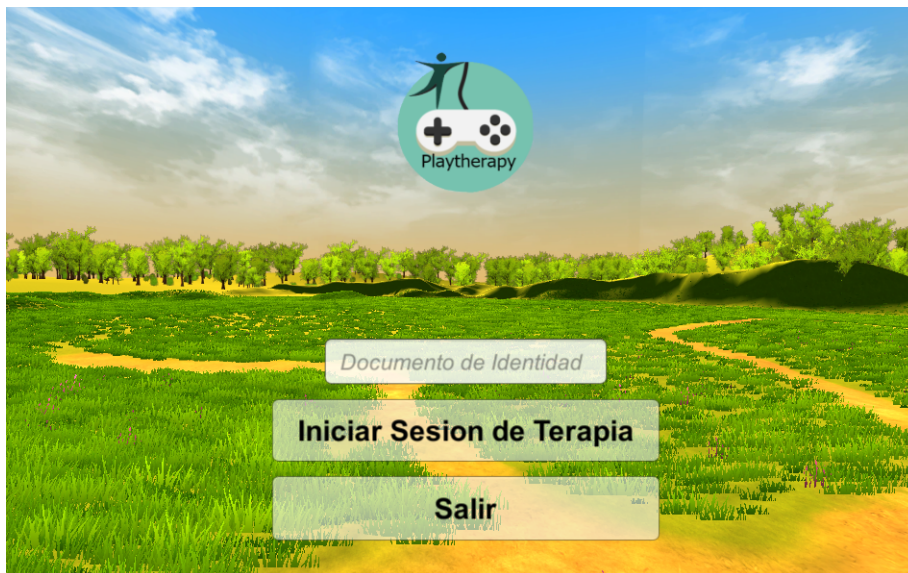


Figura 17: Pantalla de inicio implementada

3.4.3.2 Pantalla de selección de minijuegos

En este menú, además de enseñarse la lista de juegos que tiene disponible la aplicación, si se preselecciona alguno de ellos el fondo cambiará por el del juego que se eligió (Figura 18).

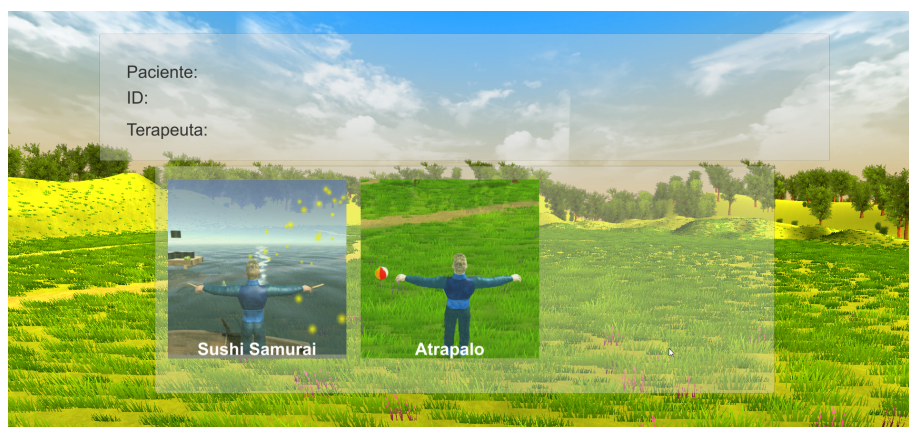


Figura 18: Pantalla de selección de minijuegos implementada

3.4.3.3 Gestión de datos de la aplicación

Es la parte programada para servir de puente entre la base de datos y el videojuego, es decir, que cada que se necesite escribir datos o acceder a ellos se utilizarán las funciones provistas por este conjunto de clases.

Desde el DAO ubicado al interior del juego se tendrá un acceso parcial a la base de datos ya que todas las tablas no son necesarias para los procesos que se requieren en la aplicación. Las funciones que se permiten realizar desde el juego son:

- Consulta de pacientes
- Creación de sesiones de terapia
- Creación de sesiones de juego
- Adición de desempeños y ángulos máximos
- Consulta de minijuegos disponibles y su información

3.4.3.4 Pantalla de selección de parámetros del minijuego

Interfaz de uso exclusivo del terapeuta ([Figura 19](#)), en donde se deberá configurar los detalles de la actividad que realizará el paciente, los detalles configurables en esta pantalla para el minijuego Sushi Samurai son:

- **Nivel:** Configura la posición máxima en la cual los peces se ubicarán para ser cortados. Debido a que cada movimiento tiene asociado un rango de movimiento, desde un ángulo determinado hasta otro, los niveles dividen estos ángulos en segmentos iguales en los que el primer nivel contemplará apariciones de los peces solamente en ángulos pequeños y el último nivel (nivel 6 para este caso) hará que los peces se posicionen para ser cortados en todo el rango de movimiento, pero haciendo énfasis en los ángulos mayores.

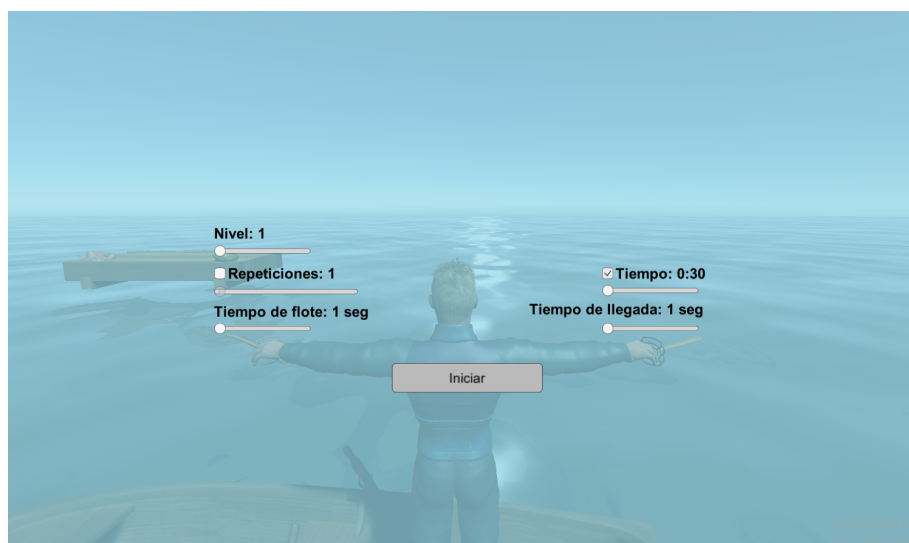


Figura 19: Pantalla de selección de parámetros implementada

- *Criterio de duración del juego:* El terapeuta puede decidir entre realizar una sesión de juego de un número determinado de repeticiones (número de peces a aparecer) o bien de una duración determinada.
- *Tiempo de llegada:* Será el tiempo que demoren los peces en llegar a la posición de corte desde su salida del agua.
- *Tiempo de flote:* Es el tiempo que el pez permanece estático en la posición de corte. Una vez completado el tiempo, si no se ha cortado el pez, éste desaparecerá.

3.4.3.5 Pantalla del minijuego

Es la primera interfaz con la que interactúa el jugador, siendo él el que controla al personaje principal y corta los peces hasta el final de la sesión de juego (Figura 20). Como detalle a resaltar, se incluyeron advertencias que le indican al usuario el inicio y la terminación de la sesión mediante cuentas regresivas con advertencia sonora.

Para dar cumplimiento al aspecto gráfico en implementación del diseño que se estipula en el documento de diseño, se recopilamos algunos assets en sitios web que proporcionan modelos 3d gratuitos y en la tienda que incluye el motor gráfico Unity.

3.4.3.6 Control del personaje

Para el cumplimiento de esta tarea, el jugador deberá posicionarse frente al sensor Kinect a una distancia aproximada de 3 metros, posteriormente, el sistema detectará la presencia del paciente y le otorgará al personaje principal exactamente los mismos movimientos que realice la persona.



Figura 20: Minijuego Sushi Samurai implementado

La lógica que permite que todo esto sea posible fue importada desde el proyecto RUIS (Reality-based User Interface System) de la universidad de Aalto, Finlandia y añadida al personaje principal del minijuego.

3.4.3.7 Pantalla de resultados

Una vez el tiempo o las repeticiones de la sesión de juego finalicen, el juego automáticamente se trasladará a esta pantalla que mostrará el trofeo obtenido por el jugador, su desempeño en la sesión y su desempeño máximo histórico (Figura 21).

El desempeño del jugador es dado en una escala de 0 a 100 y es calculado con $(\text{número de aciertos} / \text{número de repeticiones realizadas}) * 100$.



Figura 21: Pantalla de resultados implementada

3.4.3.8 Almacenamiento de progresos

El proceso de obtención y guardado de los datos de desempeño y de progreso motriz del jugador en sus sesiones de juego se realiza de acuerdo al algoritmo mostrado en la Figura 22

3.4.3.9 Observaciones del terapeuta

Como parte del seguimiento al progreso motriz, el terapeuta tiene la posibilidad de ingresar en un campo de texto las observaciones que considere pertinentes al finalizar la sesión de terapia desde el videojuego [Figura 23](#).



Figura 23: Pantalla de resultados implementada

3.4.4 Detalles de la implementación de la aplicación web

La aplicación web de PlayTherapy, de uso exclusivo de los terapeutas, se realizó para complementar el videojuego puesto que permitirá a los profesionales realizar la revisión del progreso motriz de sus pacientes mediante la visualización de reportes.

3.4.4.1 Pantalla de inicio

La pantalla de inicio ([Figura 24](#)) es la portada de la aplicación web, y se encarga de mostrar información básica del proyecto y de dar acceso a la pantalla siguiente que será la de inicio de sesión.

3.4.4.2 Pantalla de inicio de sesión

Como se muestra en la [Figura 25](#), será aquí el lugar donde los terapeutas realicen su autenticación como usuarios para poder ingresar a realizar las funciones que la aplicación permite realizar. Cada terapeuta tendrá su nombre de usuario y su contraseña asignada previamente por el administrador del sistema para poder ingresar.

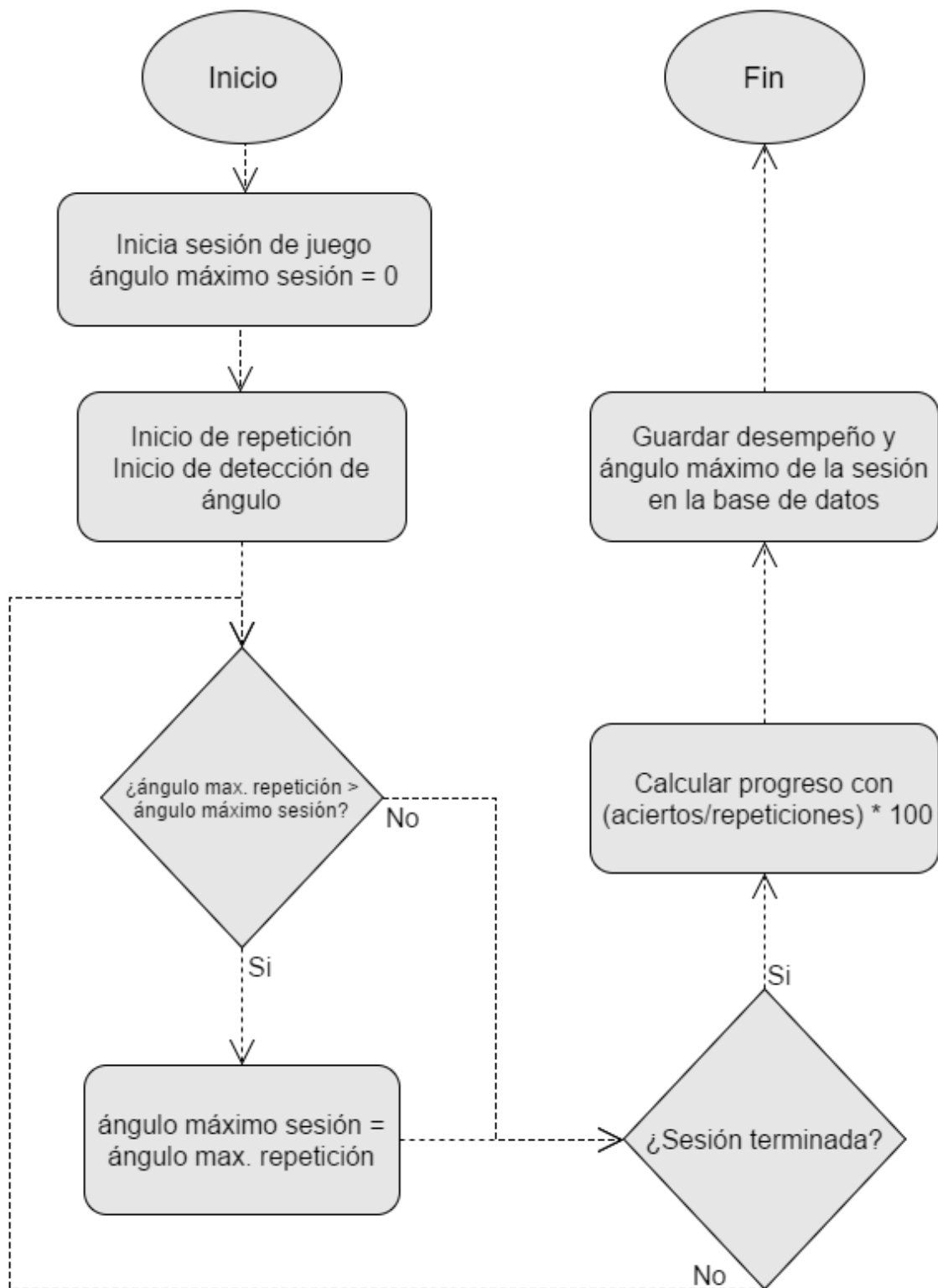


Figura 22: Algoritmo para guardado de progresos

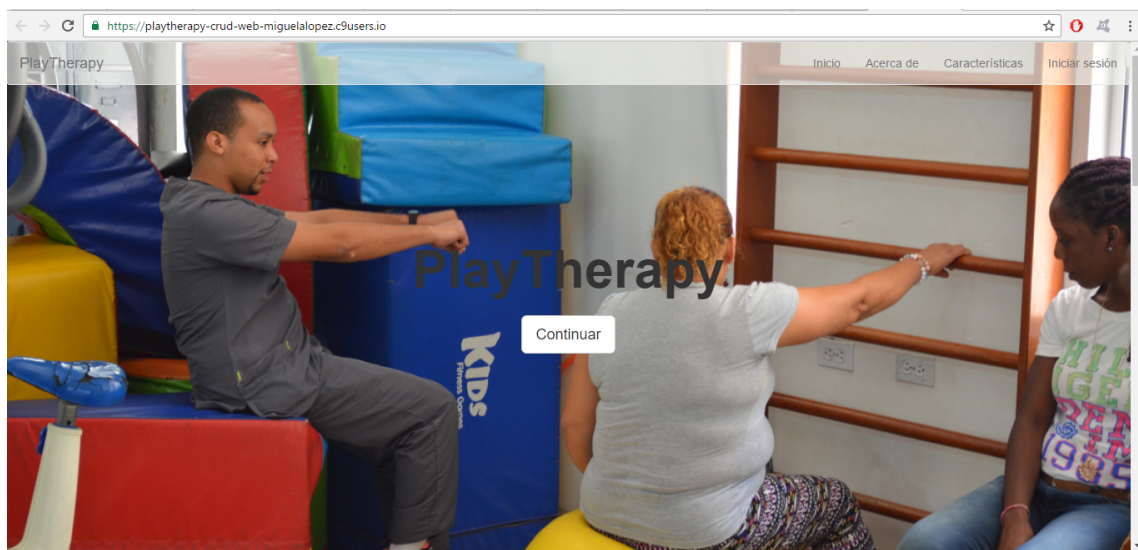


Figura 24: Pantalla de inicio

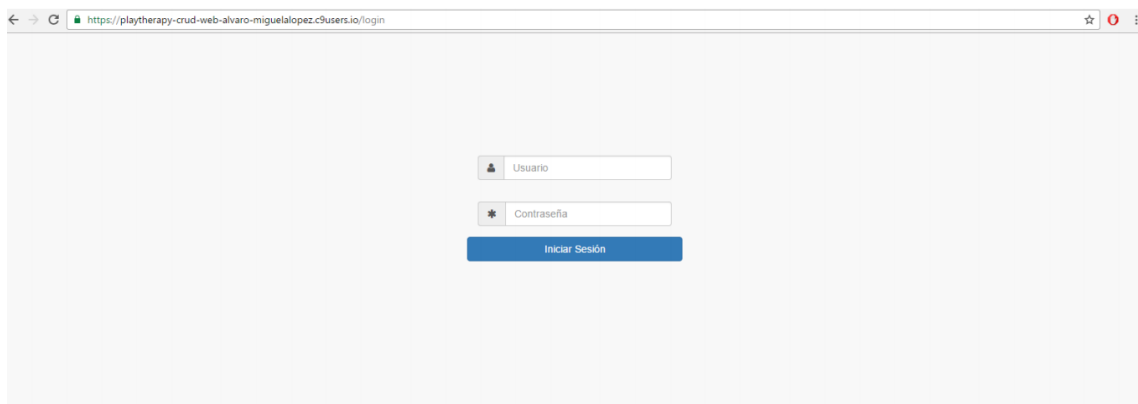


Figura 25: Pantalla de inicio de sesión

3.4.4.3 Gestión de usuarios

Desde aquí (Figura 26), el administrador podrá realizar todas las operaciones del CRUD, es decir, hacer la gestión completa de los terapeutas que tienen acceso a la aplicación.

El administrador será la persona designada por los terapeutas del Hospital Universitario del Valle para que se encargue del manejo del sistema de información.

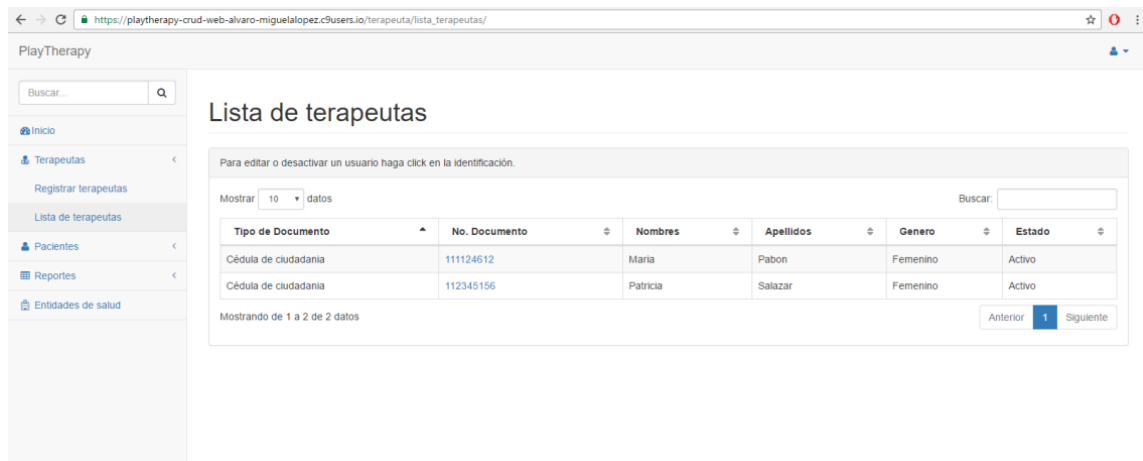


Figura 26: Pantalla de gestión de terapeutas

3.4.4.4 Gestión de pacientes

Interfaz que tiene como función la gestión de los datos de los pacientes que utilicen el videojuego (Figura 27). Cuando un paciente va a usar PlayTherapy por primera vez, su terapeuta tratante deberá hacer el ingreso de sus datos personales y diagnóstico para poder comenzar a realizar los seguimientos que proporciona esta aplicación.

Figura 27: Pantalla de gestión de pacientes

3.4.4.5 Medida de independencia funcional

Los terapeutas tendrán, además, este espacio (Figura 28 y Figura 29) para poder agregar, modificar o eliminar en el momento que consideren pertinente hacerlo los valores de la medida de independencia funcional tomadas en las sesiones de terapia de cualquiera de sus pacientes.

INICIAL		AUTOCUIDADO					
ID	Fecha (Día-Mes-Año)	Comer	Aseo personal	Bañarse/Ducharse	Vestirse/Desvestirse (Sup)	Vestirse/Desvestirse (Inf)	Uso baño
1	01-10-2016	7	3	4	5	6	3
2	11-10-2016	5	4	5	4	5	4
3	22-10-2016	4	5	5	2	1	5
4	03-11-2016	5	5	5	4	5	1

Mostrando 1 a 4 de 4 filas

Figura 28: Pantalla de gestión de FIM, Parte 1

ID	TRASLADARSE			MOVILIDAD		COMUNICACION		RECONOCIMIENTO	
	Silla de ruedas	Baño	Ducha	Marcha, silla de ruedas, gáteo	Gradas	Comprensión	Expresión	Interacción social	Resolver problemas
3	5	3	6	4	2	5	5	6	
1	3	6	7	4	5	3	2	2	
4	4	3	2	3	6	3	2	4	
4	6	7	4	2	5	6	5	5	

Mostrando 1 a 4 de 4 filas

Figura 29: Pantalla de gestión de FIM, Parte 2

3.4.4.6 Reportes

El último paso para la realización del seguimiento al progreso motriz es que los terapeutas tengan la facultad de acceder en cualquier momento a reportes que les permitan observar la evolución de sus pacientes, para esto, se definieron y crearon los siguientes reportes:

1. *Ángulo máximo por movimiento*: Indica el ángulo máximo por movimiento alcanzado en cada sesión de terapia durante el rango de tiempo determinado por el terapeuta a la hora de consultar el reporte.
2. *Ángulo máximo por minijuego*: Indica el ángulo máximo por movimiento alcanzado en un minijuego específico durante el rango de tiempo determinado por el terapeuta a la hora de consultar el reporte.
3. *Nivel máximo por minijuego*: Indica el nivel máximo jugado por un paciente en un minijuego específico durante el rango de tiempo determinado.
4. *FIM de los pacientes*: Se muestran los valores del FIM de un paciente en el rango de tiempo que elija el terapeuta.

Cada uno de los anteriores informes se presenta en forma de gráfico de líneas, en los cuales se muestran los datos solicitados en forma de puntos que representan la intersección entre el valor del eje vertical (dato pedido) y el horizontal (fecha del dato), y los puntos que pertenezcan a una serie se ven unidos mediante una línea.

Algunos de los reportes se ven ejemplificados por la [Figura 30](#), [Figura 31](#) y [Figura 32](#)

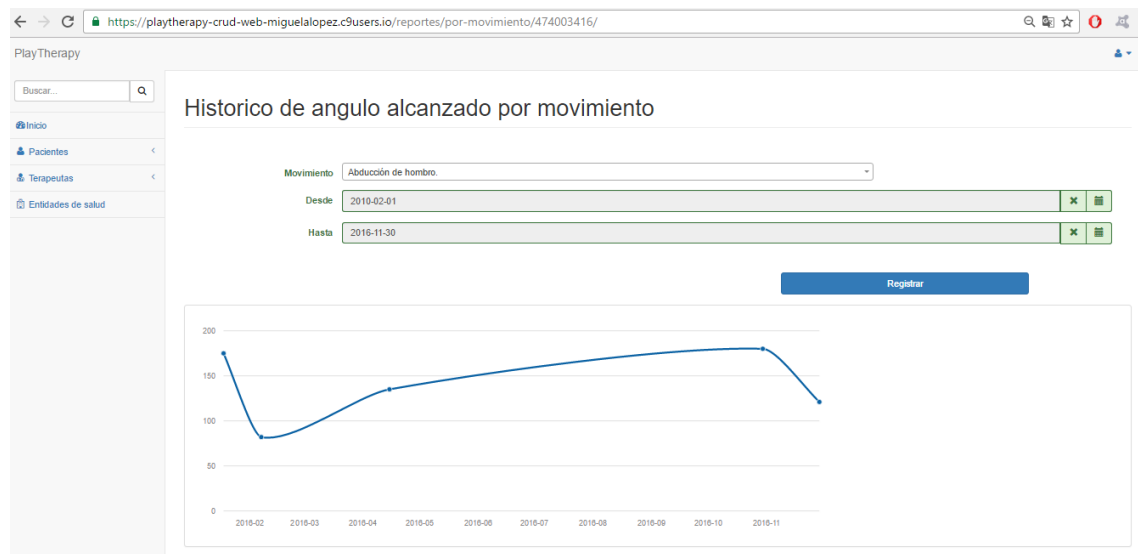


Figura 30: Reporte de ángulo máximo por sesión de terapia

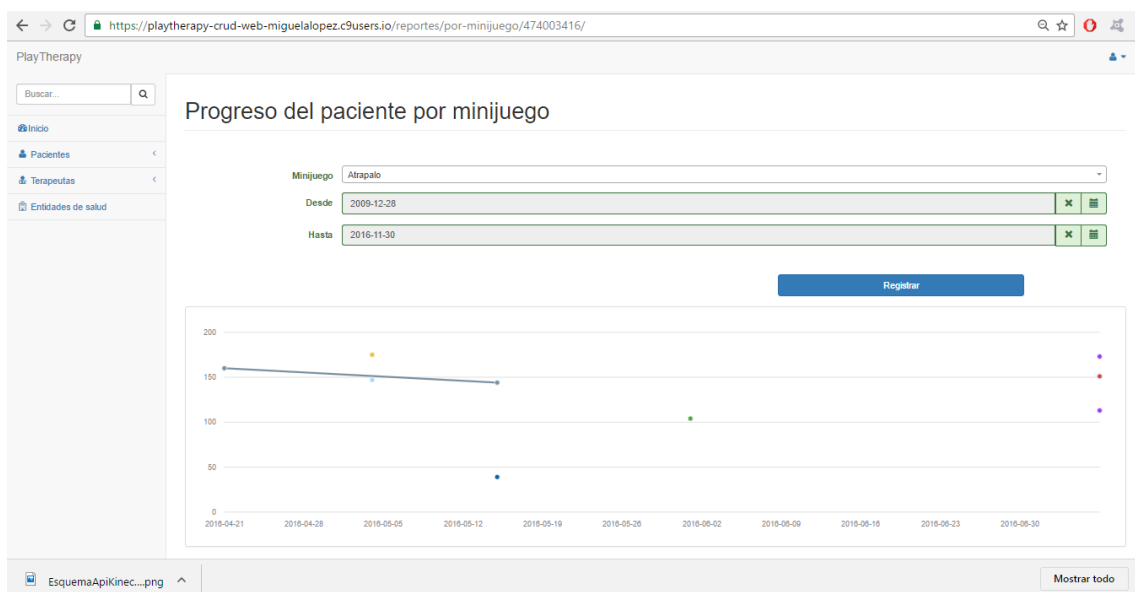


Figura 31: Reporte de ángulo máximo por minijuego

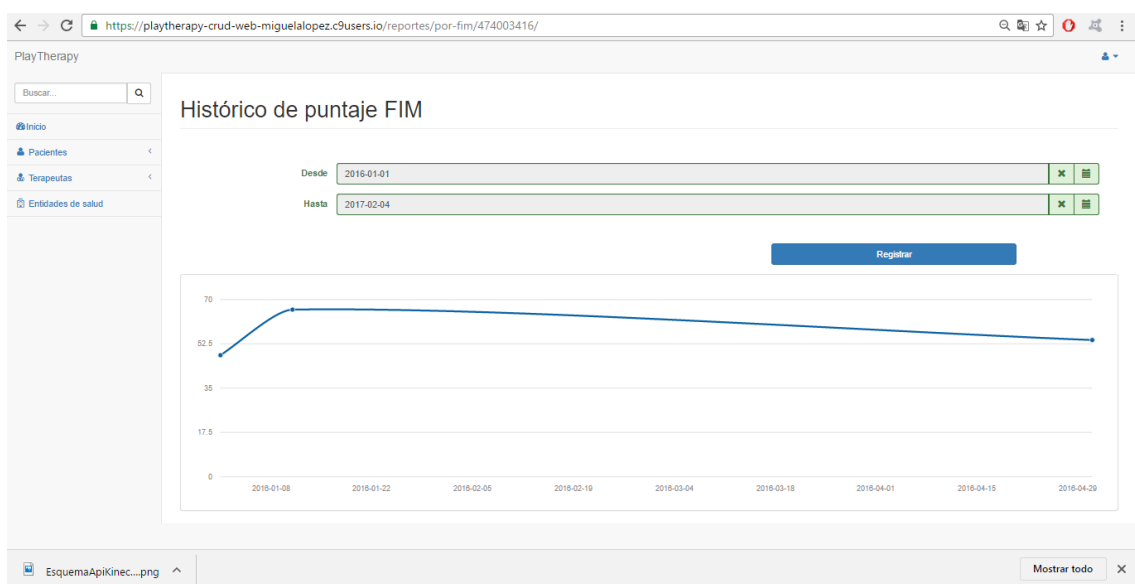


Figura 32: Reporte de valores de FIM

3.4.5 Tecnologías de desarrollo empleadas

En el desarrollo del proyecto se emplearon diversas tecnologías para facilitar la organización, el flujo de trabajo y para realizar algunas funciones especiales:

- Para el control de versiones de la aplicación web, del videojuego y de la librería de detección de movimientos se utilizaron dos repositorios en el sistema GitHub.
- Para el alojamiento temporal y el desarrollo de la aplicación web se empleó el Cloud9, un entorno de desarrollo en la nube que permite realizar programación colaborativa y tener una terminal totalmente funcional en internet.
- Como motor de base de datos de PlayTherapy se empleó PostgreSQL
- Para el seguimiento a las tareas, errores y al product backlog propio de Scrum se empleó, como se mencionó anteriormente, la herramienta online Taiga
- El motor de videojuegos empleado fue Unity 5.4, que cuenta con dos entornos de desarrollo, uno de los cuales (Microsoft Visual Studio) se empleó para la codificación del juego
- Se empleó C# como lenguaje de programación para la programación del videojuego y la librería de detección de movimientos
- Respecto a la aplicación web, se empleó el framework Django en conjunto con otras tecnologías útiles para desarrollo de páginas como JavaScript, Bootstrap y la librería para gráficos Morris

POST-PRODUCCIÓN

Al finalizar la implementación de los componentes de software se procedió a iniciar la fase de Post-Producción, cuyo objetivo principal es realizar las pruebas y validaciones del videojuego entre las que se encuentran pruebas de aceptación, pruebas de juego con los usuarios finales y validación de la medición de los ángulos de los movimientos del cuerpo en contraste con los medidos con especialistas en terapias físicas.

4.1 VALIDACIÓN DE ÁNGULOS

Para la validación del trabajo realizado con la librería de detección de movimientos y comprobar la precisión provista por el sensor Kinect 2 para la evaluación de ángulos de los pacientes durante las sesiones de juego se diseñó una estrategia de prueba con ayuda de los profesionales del Hospital Universitario del Valle.

La prueba consiste en que dos terapeutas diferentes se encarguen de medir el mismo ángulo en el cuerpo de un paciente, y para cada uno de ellos se capturará también el valor arrojado por el Kinect en conjunto con la librería. Al final, se evaluará la diferencia entre los ángulos tomados por los profesionales y los que se recibieron del sensor.

Como resultado de esta prueba se construyó la tabla mostrada en la [Figura 33](#) que contempla toda la información anteriormente descrita.

Como se observa en la tabla, las diferencias promedio que se encuentran en color verde (menores a diez grados) se presentan generalmente en los movimientos que se evalúan en planos frontales y laterales, en cambio, las diferencias que están en rojo (mayores a diez grados) se presentan en movimientos que se ejecutan en otros planos.

	Hombro	Codo	Cadera Rod. Ext	Cadera Rod. Fle	Rodilla	Cervical
Grupo Uno						
Ángulo Evaluado	0	0	20	0	0	30
Kinect con evaluador 1	10	13	13	21	9	6
Kinect con evaluador 2	6	14	22	12	8	18
Diferencia Prom.	8	13.5	4.5	16.5	8.5	18
Grupo Dos						
Ángulo Evaluado	45	30	0	45	45	0
Kinect con evaluador 1	42	30	9	37	26	13
Kinect con evaluador 2	39	37	6	29	35	20
Diferencia Prom.	4.5	3.5	7.5	12	14.5	16.5
Grupo Tres						
Ángulo Evaluado	90	60	45	90	90	20
Kinect con evaluador 1	94	50	25	90	98	20
Kinect con evaluador 2	90	54	55	81	84	25
Diferencia Prom.	2	8	15	4.5	7	2.5
Grupo Cuatro						
Ángulo Evaluado	135	100	90	125	110	
Kinect con evaluador 1	149	98	94	122	116	
Kinect con evaluador 2	138	91	96	124	47	
Diferencia Prom.	8.5	5.5	5	2	34.5	
Grupo Cinco						
Ángulo Evaluado	180	135				
Kinect con evaluador 1	160	123				
Kinect con evaluador 2	160	133				
Diferencia Prom.	20	7				
Diferencia Prom.	8.6	7.5	8	8.75	16.13	12.33

Figura 33: Validación de ángulos

4.2 PRUEBAS FUNCIONALES

Siguiendo los principios de las metodologías de desarrollo ágil, se diseñaron pruebas de aceptación para el minijuego "Samurai Sushi", cuyo resultado después de su revisión en esta fase fue exitoso. Para su ejecución, se contó con el apoyo de los encargados de realizar las pruebas de usabilidad y funcionales del proyecto.

A continuación, desde la [Tabla 9](#) hasta la [Tabla 12](#) se observan algunas las pruebas de aceptación revisadas:

Tabla 9: Test case: Samurai minigame's behavior

NAME	Samurai minigame's behavior
OBJECTIVE	Test if Samurai minigame behaves based on set up parameters previously set
ASSOCIATED USER STORIES	Samurai minigame should behave based on set up parameters (#59); Develop "Samurai"minigame V1 (#22)
TEST STEPS	1. Load the minigame 2. Open configuration panel difficulty level 3. Click open game 4. Test that each parameter are met
CONDITIONS	Each parameter set must be met entirely
EXPECTED RESULTS	Configured parameters are met fully in the samurai minigame.
TEST PASSED	Yes(X) No()

Tabla 10: Test case: Random Fishes

NAME	Random Fishes
OBJECTIVE	Test that fishes out of water randomly
ASSOCIATED USER STORIES	Fishes stop at random positions on the air (#43); Develop "Samurai"minigame V1 (#22)
TEST STEPS	1. Load the minigame 2. Open configuration panel difficulty level and configure 3. Click open game 4. Observe if fishes go out from the water and stop at random positions
CONDITIONS	None
EXPECTED RESULTS	In Samurai minigame is observed that fishes go out from the water and stop at random positions
TEST PASSED	Yes(X) No()

Tabla 11: Test case: Character Inclusion

NAME	Character Inclusion
OBJECTIVE	Test if the character is included into the scene
ASSOCIATED USER STORIES	Character Inclusion (#69); Fish catching (#63)
TEST STEPS	1. Load the minigame 2. Open configuration panel difficulty level and configure 3. Click open game 4. Observe if the character is included into the scene
CONDITIONS	None
EXPECTED RESULTS	RE- Character should be included into the scene and be interactive
TEST PASSED	Yes(X) No()

Tabla 12: Test case: Katanas

NAME	Katanas
OBJECTIVE	Test that the player uses both katanas correctly
ASSOCIATED USER STORIES	Katana use (#68); Fish catching (#63)
TEST STEPS	1. Load the minigame 2. Open configuration panel difficulty level and configure 3. Click open game 4. Observe and test the interaction with both katanas
CONDITIONS	Every movement with the katanas should be reflected on the screen
EXPECTED RESULTS	RE- Player should be able to control two Katanas to catch "fishes"
TEST PASSED	Yes(X) No()

4.3 PRUEBAS DE JUGABILIDAD

Con el objetivo de evaluar la experiencia de los pacientes en un entorno real de terapias físicas y evaluar si el juego podría o no cumplir el objetivo de proporcionar motivación extra durante las sesiones terapéuticas se diseñó y realizó una prueba de jugabilidad con terapeutas y sus pacientes en el Hospital Universitario del Valle.

La estrategia de prueba utilizada fue emplear los métodos *question asking protocol* y *thinking aloud protocol*.

4.3.1 Participantes

Por cuestiones de disponibilidad de los profesionales y de los pacientes sólo fue posible realizar el test de jugabilidad con un fisioterapeuta y dos pacientes.

El niño con el que se realizó la evaluación tiene 12 años de edad y, a pesar de que el presente trabajo de grado tiene como función realizar un videojuego para niños, fue posible evaluar el juego con un paciente adulto de 31 años para estudiar la posibilidad de que el juego fuera igualmente efectivo en edades tempranas como en edades maduras.

4.3.2 Técnicas para pruebas

4.3.2.1 Thinking aloud protocol

La técnica consiste en pedirle a los usuarios que expresen todos sus pensamientos, sentimientos y opiniones mientras interactúan con el producto de software (Jakob Nielsen, 2012).

Se considera una prueba útil ya que se obtiene información confiable, puesto que todos los gestos que realicen los sujetos de prueba son espontáneos, y además, es una técnica económica para obtener retroalimentación.

4.3.2.2 Question Asking protocol

Se basa en una entrevista realizada a los sujetos de prueba en la que se les preguntan aspectos del producto y su experiencia al interactuar con el (Ilikecake, 2016).

Para realizar dicho test se proporciona a las personas el producto de software y un escenario o tareas a realizar para luego responder a preguntas predefinidas o espontáneas.

4.3.3 Diseño de las pruebas

Al inicio se le indicó a los sujetos de prueba que el test era sobre el juego y no sobre ellos, por lo tanto cualquier error o fallo no sería responsabilidad de los usuarios, sino del videojuego mismo.

4.3.3.1 *Test para terapeutas*

El terapeuta debió configurar el minijuego en los dos escenarios propuestos en la [Tabla 13](#):

Tabla 13: Escenarios de juego propuestos

PARÁMETRO	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2
Nivel	3	5
Repeticiones	10	10
Tiempo	2 minutos	4 minutos
Tiempo de llegada	2 segundos	4 segundos
Tiempo de flote	2 segundos	4 segundos

4.3.3.2 *Entrevista a terapeutas*

Una vez terminada la configuración de los juegos, el terapeuta debió responder a una entrevista corta con las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tan fácil fue para usted configurar el minijuego?, ¿Por qué?
2. ¿Considera que Playtherapy cumple su objetivo de apoyo a las terapias de rehabilitación física? ¿Por qué?
3. ¿En general cómo considera que Playtherapy puede impactar las terapias de rehabilitación? ¿Por qué?
4. ¿Qué aspectos positivos encuentra en Playtherapy?
5. ¿Qué aspectos negativos encuentra en Playtherapy?
6. ¿Qué recomendaciones haría para mejorar Playtherapy?

4.3.3.3 *Test para pacientes*

Los pacientes tuvieron como tarea ejecutar el minijuego con los parámetros que el terapeuta tuvo como tarea configurar, posterior a la sesión de juego se hicieron dos entrevistas de manera verbal a los pacientes.

La primera de ellas fue de preguntas demográficas:

1. Edad
2. Género
3. ¿Hace cuánto juega videojuegos?

4. ¿Cuál es su plataforma de videojuegos preferida?
5. ¿Con qué frecuencia juega videojuegos?

El segundo cuestionario fue acerca de la experiencia de uso del juego:

1. ¿Cómo cree usted que Playtherapy puede impactar las terapias de rehabilitación?
2. ¿Considera que se divirtió con el juego? ¿Por qué?
3. ¿Era consciente de su entorno mientras jugaba?
4. ¿Encuentra diferencias entre una terapia con apoyo de un videojuego y una terapia convencional? ¿Cuáles?
5. ¿Considera que el nivel de dificultad del juego era adecuado? ¿Por qué?
6. ¿Considera que las reglas y objetivos del juego eran claros?
7. ¿Le parecieron interesantes los objetivos del juego? ¿Por qué?
8. ¿Sentía que podía cumplir los objetivos del juego? ¿Por qué?
9. ¿Qué opina de la parte gráfica del juego?
10. ¿Cuando terminó el minijuego, sentía que quería continuar jugando? ¿Por qué?
11. ¿Qué le cambiaría algo en el juego? ¿Por qué?
12. ¿Qué aspectos positivos y negativos encuentra en Playtherapy?
13. ¿Qué recomendaciones haría para mejorar Playtherapy?

4.3.4 Resultados obtenidos

Luego de aplicar las entrevistas, realizar una síntesis de ellas y analizar los gestos tanto de los pacientes como del terapeuta en las sesiones de juego, se obtuvieron los siguientes resultados en los distintos aspectos del juego:

1. *Pantalla de configuración:* El terapeuta consideró que la interfaz y parámetros de configuración fueron agradables y fáciles de usar, aunque sugirió que se debería especificar, ya sea con un documento de instrucciones o mediante interfaz gráfica, a qué ángulos de movimiento corresponde cada nivel de dificultad del juego.
2. *Interfaz del minijuego:* Tanto el terapeuta como los dos pacientes estuvieron de acuerdo en que la interfaz del minijuego tenía un buen aspecto gráfico, era clara y comprensible. Sin embargo, sugirieron agrandar los mensajes que indican al jugador el momento de finalización del juego y los indicadores del brazo con el que se deben cortar los peces.

3. *Reglas:* Las reglas y objetivos del juego fueron claras para todos y se hicieron interesantes y motivantes a continuar una vez acabado el juego para los pacientes.
4. *Mecánicas de juego:* El control del personaje principal con el cuerpo del jugador se hizo en un principio interesante, sobre todo para el paciente infantil que nunca había utilizado tecnologías de detección de movimiento como el Kinect, y después motivante y de fácil uso. Durante la sesión de juego los participantes manifiestan haberse concentrado totalmente en el juego y el cumplimiento de sus objetivos, olvidando estar en una sesión de terapia y en el ambiente de un hospital. El terapeuta también se sumergió por momentos en el juego y en otros instantes en los movimientos realizados por el paciente, sugiriendo incluso en ciertas ocasiones la manera en la que se debían realizar los movimientos.

Además, los tres sujetos de prueba opinaron que la inclusión del minijuego durante las sesiones de terapia física convencionales podría mejorar la experiencia de éstas haciéndolas más dinámicas y motivantes. Un comentario a resaltar hecho por el terapeuta fue el hecho de aumentar las posibilidades y la flexibilidad en sus terapias, ya que mientras más herramientas se tengan, mejor podrá ser la preparación de las sesiones. Además, indicó que incluso siendo un juego enfocado a movimientos del hombro y el codo puede servir para apoyar diversas terapias de la cadera y del tronco inferior del cuerpo, ya que para cumplir los objetivos del juego estas partes también deben ser ejercitadas por los pacientes.

4.3.5 Limitaciones en las pruebas

La principal limitación que se tuvo fue el no tener la oportunidad de realizar las pruebas con los dispositivos que se implantarán en el Hospital Universitario del Valle al finalizar el Proyecto. El más importante para las pruebas era un televisor de 40 pulgadas, lo que nos obligó a ejecutar el juego en una pantalla mucho más pequeña (15 pulgadas) en la cual no se alcanzaron a apreciar algunos detalles gráficos por usuarios y terapeutas.

4.4 RESULTADOS DE DIVULGACIÓN

Este proyecto fue aceptado para presentarlo en dos eventos:

1. Jornada de la expresión universitaria: Presentación en la Universidad del Valle - Sede Tuluá, el día 13 de Mayo del 2016, con el objetivo de socializar el proyecto Playtherapy y sobre las metodologías de desarrollo de videojuegos.
2. 9° Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería: presentación de la ponencia titulada "Videojuego de apoyo a terapias de recuperación física" en la semana de la Ingeniería, el día 19 de Octubre del 2016.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 CONCLUSIONES

Se desarrolló un videojuego para el apoyo de las terapias físicas para su uso en el área de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle basado en un sistema interactivo capaz de llevar a cabo el seguimiento al progreso del paciente tanto en aspectos netamente relacionados con el videojuego como en aspectos concernientes a las terapias físicas, que posibilitan al terapeuta la tarea de llevar control a la evolución de las personas que empleen las tecnologías aquí creadas.

Se investigó en el estado del arte de los dispositivos de detección de movimientos, concluyendo que el sensor Kinect 2 es un dispositivo adecuado para el cumplimiento de los objetivos que en este trabajo de grado se plantearon y además se observa el hecho de que hay una gran cantidad de dispositivos en el mercado, que utilizados en conjunto podrían aprovecharse para ofrecer mayor versatilidad en la gama de minijuegos para apoyar terapias físicas.

La metodología de desarrollo de software empleada para el proyecto fue la adecuada, puesto que permitió la flexibilidad necesaria para realizar la implementación con reacción rápida y oportuna a los cambios dados en todo el proceso. Además, permitió que se capturaran efectivamente durante reuniones los requerimientos y retroalimentaciones presentados por los especialistas en terapia física durante las reuniones llevadas a cabo en el hospital. Debido a las iteraciones cortas de desarrollo se facilitó la inclusión de nuevos miembros del equipo de trabajo aunque el proceso de desarrollo se encontraba ya en una etapa intermedia.

Se desarrolló una librería de detección de movimientos, cuya precisión en conjunto con la del sensor Kinect en comparación con las medidas tomadas por los terapeutas se evaluó dando como resultado una diferencia promedio aceptable cuando se trata de movimientos en el plano frontal y lateral, y una no aceptable cuando se miden movimientos en otros planos. Por lo tanto, el registro de los ángulos máximos para el seguimiento al progreso motriz puede ser útil cuando se están guardando movimientos en los planos que tienen mayor confiabilidad. Adicional a esto, dicha librería proporciona un algoritmo universal de detección de movimientos que puede llegar a ser utilizado posteriormente en futuros minijuegos del proyecto PlayTherapy e incluso en otros desarrollos si se requiere identificar dichos movimientos.

La creación de esta librería implicó estudiar y comprender el proceso de medición de ángulos de movimientos realizado por los terapeutas; comprender el funcionamiento de SDK del Kinect a bajo nivel, para la obtención de los datos de posicionamiento de una persona; proponer e implementar una estrategia de medición de ángulos de articu-

laciones basado en los datos arrojados por el SDK y validar con ayuda de un grupo de fisioterapeutas dicha estrategia.

Luego de la implementación y las pruebas del minijuego Sushi Samurai, se concluye gracias a la retroalimentación otorgada por terapeutas que la estrategia de incluir videojuegos en sesiones de terapia físicas sí podría llegar a ser un factor clave en el aumento en la motivación de los pacientes jóvenes sujetos a realizar terapias físicas. Y aunque no es objetivo de este trabajo de grado la población adulta, gracias a la posibilidad que se tuvo de probar el juego en un adulto, se podría utilizar este juego en esta población para el cumplimiento de los mismos propósitos que se tienen con los niños.

En cuanto a experiencias personales, el desarrollo y culminación de este trabajo de grado me permitió expandir mi conocimiento en diversas áreas del saber, por ejemplo fisioterapia. Adicionalmente, expandí mis habilidades profesionales al aumentar mi experiencia en el uso de herramientas como motores gráficos y entornos de desarrollo; en el desarrollo de videojuegos y de software en general.

Por último, el desarrollo del proyecto me permitió conocer la realidad social de la comunidad del Valle del Cauca y sus necesidades al acercarme al Hospital Universitario del Valle y sus pacientes, provenientes de diversas regiones del país.

5.2 TRABAJO FUTURO

Partiendo de la respuesta positiva de pacientes y terapeutas hacia este trabajo de grado, queda como trabajo futuro la realización de una gama mucho más amplia de minijuegos que cubran la realización de todos los movimientos que las tecnologías utilizadas permitan emplear.

Además, aprovechando el trabajo hecho con la librería de detección de movimientos, en un desarrollo futuro se podría implementar un evaluador que analice la correcta realización de un movimiento en específico.

Dentro de los objetivos futuros del proyecto, debido a la imposibilidad momentánea de realizar el apoyo a movimientos en planos que no sean el frontal ni el lateral, está el estudio, la mejora en la detección de los movimientos no capturados adecuadamente y la creación de minijuegos que los acompañen.

Si se lograra la integración de diseñadores gráficos y especialistas en recreación al ya multidisciplinario equipo de desarrollo de PlayTherapy, se podría analizar mejor las reglas, mecánicas y aspectos gráficos que ayuden a aumentar aún más la motivación de los pacientes y aliviar carga a los terapeutas, es decir, mejorar los resultados obtenidos con este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alex Colgan. (2014). How does the leap motion controller work? Recuperado desde <http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>
- Asus. (2016). Xtion pro live. Recuperado desde https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/specifications/
- Bartlett, D. & Palisano, R. (2002). Physical therapists' perceptions of factors influencing the acquisition of motor abilities of children with cerebral palsy: implications for clinical reasoning. *Physical Therapy*, 82, 237-248.
- Bennett, J. P. (2010). *Physical therapy : theory, practices, and benefits*. Nova Science Publishers, Inc. Recuperado desde <http://search.ebscohost.com.bd.univalle.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=376655&lang=es&site=ehost-live>
- Bergeron, B. P. (2006). *Developing serious games*. Charles River Media Game Development Series. Charles River Media.
- Brathwaite, B. & Schreiber, I. (2006). *Challenges for game designers*. Course PTR.
- Brontes Processing. (2011). Kinect rehabilitation with biofeedback. Recuperado desde <http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/>
- Burdea, G. (2012). Key note address: virtual rehabilitation benefits and challenges.
- Godoy, B. (2010). Game-scrum: an approach to agile game development.
- Gonzalez-Pacheco, Malfaz, Fernandez, Salichs. (2013). Teaching human poses interactively to a social robot. Recuperado desde <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/9/12406/htm>
- Gouveia, D. (2013). Game development with unity. Recuperado desde <http://www.slideshare.net/davidluzgouveia/game-development-with-unity>
- Ilikecake. (2016). Thinking aloud: the #1 usability tool. Recuperado desde <http://hci.ilikecake.ie/evaluation/questionasking.htm>
- International Game Developers Association. (2008). Igda curriculum framework. Recuperado desde http://c.ymcdn.com/sites/www.igda.org/resource/collection/odbc56dc-b7cb-4140-bf3a-22a9e92ec63a/igda_curriculum_framework_2008.pdf
- Jakob Nielsen. (2012). Thinking aloud: the #1 usability tool. Recuperado desde <https://www.nngroup.com/articles/thinking-aloud-the-1-usability-tool/>
- Jana, A. (2012). *Kinect for windows sdk programming guide*. Community Experience Distilled. Packt Publishing. Recuperado desde <http://search.ebscohost.com.bd.univalle.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=526177&lang=es&site=ehost-live>
- Keith, C. (2010). *Agile game development with scrum*. Addison-Wessley.
- Michael, D. (2006). *Serious games : games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology.
- Microsoft. (2011). Kinect for windows sensor components and specifications. Recuperado desde <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>

- Microsoft. (2013). Kinect hardware. Recuperado desde <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/hardware>
- Microsoft Inc. (2013). Skeletal tracking. Recuperado desde <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx>
- Mira Rehab. (2015). Mira - product. Recuperado desde <http://www.mirarehab.com/product>
- Montero, S. (2012). Curso django: entendiendo como trabaja django. Recuperado desde <http://www.maestrosdelweb.com/curso-django-entendiendo-como-trabaja-django/>
- Orbbec 3D. (2016). Orbbec - develop. Recuperado desde <https://orbbec3d.com/develop/>
- Primack, B., Carroll, M., McNamara, M., Klem, M., King, B., Rich, M., ... Nayak, S. (2012). Role of video games in improving health-related outcomes - a systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, 42, 630-638.
- Shelton, P. & Scott, R. (2015). Gaming for health. *The Journal of mHealth*, 2, 42-44.
- Sony. (2014). Ps4 technical specifications. Recuperado desde <http://us.playstation.com/ps4/features/techspecs/index.htm>
- Stereolabs. (2016). Zed - depth sensing and camera tracking. Recuperado desde <https://www.stereolabs.com/zed/specs/>
- Stimulant. (2016). Depth sensor shootout. Recuperado desde <https://stimulant.com/depth-sensor-shootout-2/>
- Taboadela, C. (2007). *Goniometría : una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*. Asociart.
- Taylor, C. (2015). Game design document template.
- Thorn, A. (2013). *Game development principles*. Delmar.
- Ubisoft. (2012). Your shape: fitness evolved 2012. Recuperado desde <http://a.co/daRIioK>
- World Confederation for Physical Therapy. (2014). Policy statement. Recuperado desde <http://www.wcpt.org/policy/ps-descriptionPT>

Parte II

ANEXOS

DOCUMENTO DE DISEÑO DEL VIDEOJUEGO

A.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL JUEGO

A.1.1 *Descripción General del Juego*

A.1.1.1 *¿Qué es PlayTherapy?*

PlayTherapy es un juego diseñado para servir como herramienta de apoyo a las terapias físicas, para lograr su objetivo cuenta con una serie de minijuegos interactivos que detectan los movimientos de las personas, con el objetivo de proporcionar una motivación extra a sus jugadores mientras realizan sus sesiones terapéuticas.

A.1.1.2 *¿Por qué crear este juego?*

La razón principal de crear este juego es que algunas investigaciones han demostrado que mediante el uso de un videojuego para apoyar las terapias físicas se puede aumentar la motivación en los pacientes mientras realizan estas terapias, para así conseguir una mejor probabilidad de terminar de restablecer los movimientos objetivos del tratamiento exitosamente y en el tiempo esperado.

A.1.1.3 *¿En dónde toma lugar el juego?*

Los escenarios del juego son espacios ubicados en tiempo presente, es decir, ambientes del siglo 21. Estos espacios les serán cotidianos o muy conocidos a la población objetivo del juego, es decir, sitios como parques, bosques, ríos, casas, supermercados, entre otros lugares de uso frecuente y común.

A.1.1.4 *¿Cuál es el propósito principal?*

Dentro de los objetivos de cada minijuego se encuentran:

- Completar las actividades propuestas en cada minijuego
- El jugador deberá tratar de mejorar su puntaje personal por minijuego en cada oportunidad de jugar que tenga
- A lo largo de toda la terapia superar los niveles fáciles e intentar desafiarse en los complejos

A.2 HISTORIA

A.2.1 *Introducción*

El juego está basado en dos historias, la de un joven y un señor , quienes están interesados en explorar el mundo y sacar provecho del mismo.

A.2.1.1 *Minijuegos para jóvenes*

La historia del juego se basa en Daniel, un adolescente bastante audaz y curioso que siempre está dispuesto a la aventura, que quiere algún día cumplir su sueño de haber visitado los 194 países del mundo. Por eso decide que es hora de comenzar a explorar el mundo, comenzando por visitar los lugares y desafiar los retos que se presentan en su propia comunidad.

A.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El juego se ubica en el mundo real, el cual está lleno de desafíos inquietantes, con ayuda de su personaje podrá recorrer el mundo, y realizar todos los retos que este le tiene aguada. Con ayuda del sensor Kinect el juego capturará los movimientos de la persona y lo ayudará a moverse a través del mundo. Adicionalmente, se debe resaltar que el juego está diseñado en un ambiente con gráficos 3D.

A.4 GAMEPLAY

El juego estará conformado por una serie de minijuegos en los cuales el jugador deberá completar una serie de actividades para obtener puntos. El jugador utilizará su cuerpo como control, pues el juego detectará su cuerpo y movimientos usando el sensor Kinect. Además un instructor guiará al jugador por cada minijuego, explicando las reglas.

A.4.1 *Minijuego 1 - Sushi Samurai*

A.4.1.1 *Descripción del Gameplay*

En este juego Daniel será un samurai ubicado en una balsa en la mitad de un río japonés, que será controlado por el jugador (paciente). El objetivo del samurai es cortar con su katana tantos peces como pueda para convertirlos en deliciosos rollos de sushi, éstos peces aparecerán saltando en distintos lugares del escenario, obligando al jugador a realizar movimientos de abducción, extensión de hombro, desplazamientos frontales y laterales e inclinación lateral. Cada cierto tiempo aparecerá un objeto distinto a un pez que no debe ser cortado, o restará puntos.

La configuración del juego se realizará por los siguientes aspectos: velocidad de los peces, dificultad de alcance de los peces, tiempo de juego o número de peces a mostrar.

A.4.1.2 Controles

En este minijuego será muy importante el movimiento que se realice en los brazos para realizar los cortes, para esto el sensor kinect, mediante la detección del cuerpo y de movimientos, nos mostrará si el jugador movió su brazo en la dirección necesaria.

Por ejemplo, la [Figura 34](#) y la [Figura 35](#), ilustran las fases de una repetición del juego, es decir, desde la aparición de un pez, hasta su corte y desaparición, o hasta su desaparición por tiempo si no es cortado.

A.4.1.3 Interfaces

El minijuego contará con cuatro interfaces:

- La primer es la de configuración del minijuego donde se ponen el nivel de dificultad de juego (Velocidad de los peces, dificultad de alcance de los peces, tiempo de juego o número de peces a mostrar)
- La segunda la interfaz del minijuego en la cual el jugador estará sobre un bote en un río, listo para cortar peces
- La tercera será la pantalla de resultados, en la que se le indicará al jugador su puntuación final, la distinción que obtuvo y si logró o no superar su mejor puntuación.

A.4.1.4 Reglas

El jugador que intente cumplir los objetivos propuestos por el minijuego deberá seguir las siguientes reglas:

- Cortar los peces con la espada usando el brazo y la dirección de movimiento adecuada
- Si se trata de un pez de color naranja, el jugador deberá cortarlo con su brazo izquierdo
- Si se trata de un pez de color fucsia, el jugador deberá cortarlo con su brazo derecho
- El corte se debe hacer antes de que el pez desaparezca
- En todo momento se deben seguir las instrucciones del terapeuta (si se presenta alguna) que dirige la sesión de juego

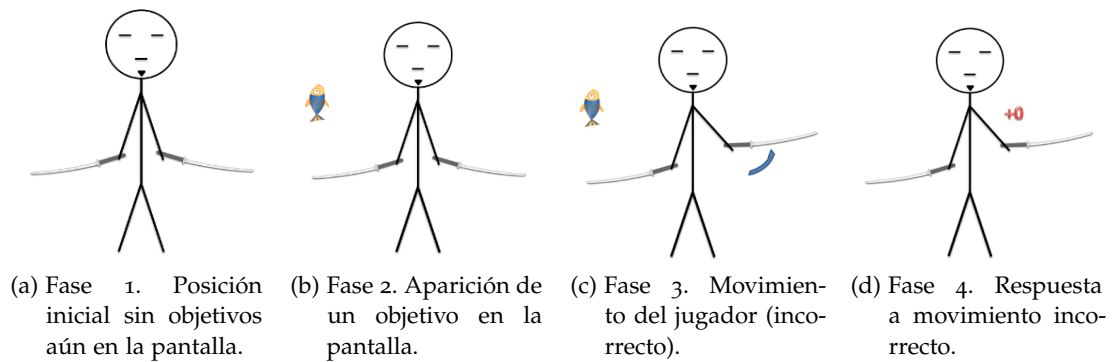


Figura 34: Fases de repetición incorrectas del juego

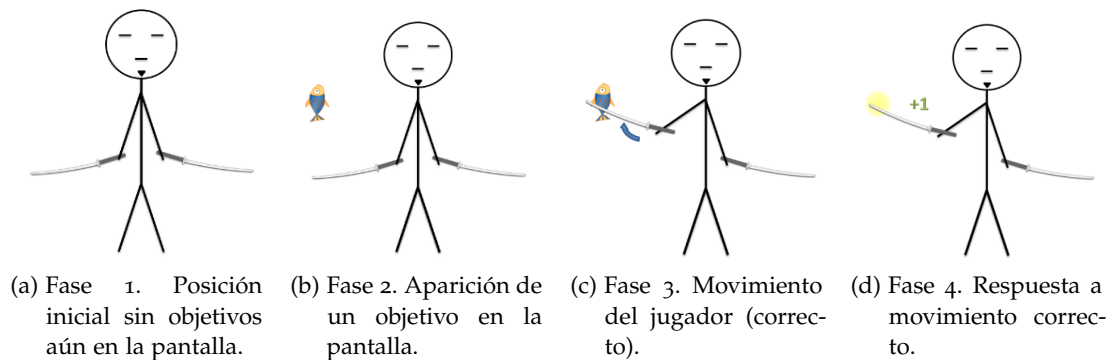


Figura 35: Fases de repetición correctas del juego

A.5 MUNDO DEL JUEGO

A.5.1 Información general del Mundo - Sushi Samurai

El ambiente de este minijuego es un río, sobre el cual se ubica un bote con el jugador. El ambiente debe ser iluminado, y los colores del río y el bote deberán contrastar con el de los peces y los objetos que no serán peces para que el jugador los pueda distinguir plenamente a la hora de jugar. El sonido ambiente deberá ser música de aventura junto con sonidos ambientes de ríos, peces moviéndose y efectos de sonido para los cortes.

A.6 PERSONAJES DEL JUEGO

A.6.1 Personaje principal

Daniel es un niño de 14 años el cual es un aventurero intrépido que tiene el sueño de recorrer todo el mundo, gracias a su personalidad amigable ha conseguido amigos en todo el mundo, los cuales le ayudarán a enfrentar todos los desafíos que le deparen.

A.6.2 Otros personajes

Los únicos personajes con los que interactúa el jugador serán los peces que salen repentinamente desde el río y se deben cortar con las katanas.

A.7 LISTA DE ASSETS

A.7.1 Assets de la Interfaz

- En el menú principal, inicialmente se tendrán las opciones:
 - Iniciar terapia
 - Configuración del Juego
 - Salir del Juego
- Al iniciar una terapia, como se observa en la [Figura 36](#), se pedirá el número de documento de identidad del paciente para validar que se encuentra en la base de datos, esto quiere decir que los pacientes deben de estar registrados antes de que puedan realizar terapias con el videojuego y que sus datos de progreso se guarden.



Figura 36: Pantalla de inicio de sesión

- Si el paciente está registrado entonces se mostrará la ventana con los minijuegos disponibles para que se elija el deseado. Esto se ve ejemplificado en la [Figura 37](#).

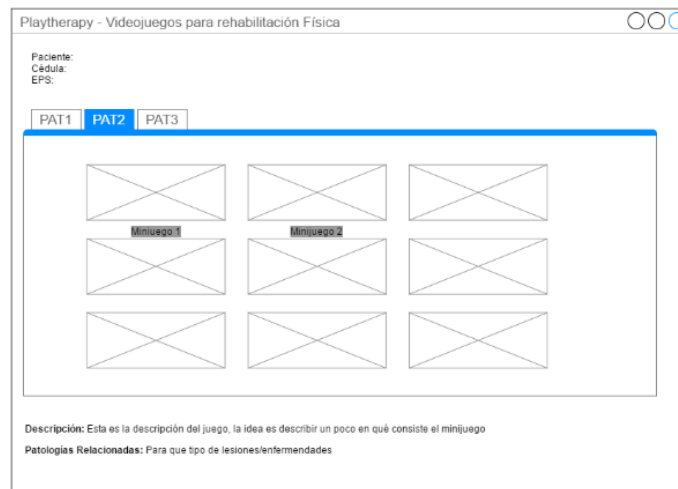


Figura 37: Pantalla de selección de minijuegos

- Después de elegir un minijuego, se mostrará en pantalla una ventana para configurar los parámetros del minijuego como dificultad y tiempo (Figura 38).

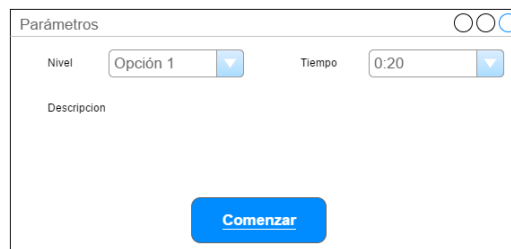


Figura 38: Pantalla de parámetros del minijuego

- Después de la configuración se puede empezar el juego, y cuando finalice la partida se mostrará la pantalla de resultados del minijuego (Figura 39). Esta debe indicar el puntaje y la medalla (oro, plata, bronce) obtenidos en este minijuego y el puntaje general acumulado por el jugador.



Figura 39: Pantalla de resultados del minijuego

A.7.2 Ambientes

Para el juego Sushi Samurai se propone un ambiente en el que el jugador esté en un río de donde puedan aparecer los peces ([Figura 40](#)).



Figura 40: Ambiente del minijuego Sushi Samurai

A.7.3 Personajes

Para el personaje principal, es decir, el que el jugador deberá controlar con su cuerpo se propuso utilizar personajes con proporciones humanas reales ([Figura 41](#)).



Figura 41: Personaje propuesto

A.7.4 Animación

En Sushi Samurai los peces que se deben cortar deben tener su animación de salto (aparición) y corte (transformación en sushi), las katanas que el jugador maneja se deben

de mover con los brazos del jugador. El personaje principal no requiere de animación alguna puesto que se moverá de acuerdo a los movimientos que realice el jugador.

A.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A.8.1 *Análisis de tecnología (riesgos/alternativas)*

Para el desarrollo del videojuego utilizaremos el Kinect 2, pues este permitirá rastrear el cuerpo y movimientos del jugador. El juego utilizará un sistema de medición de ángulos en los movimientos de los cuerpos. Mediante pruebas realizadas con los terapeuta las medidas obtenidas por el Kinect versión 1.0 dieron resultados aceptables. El reconocimiento del cuerpo y exactitud de la medidas estará limitado a las capacidades del Kinect 2. Un riesgo adicional es la baja experiencia del equipo de desarrollo con este tipo de tecnologías y además involucrando el motor gráfico Unity.

A.8.2 *Plataforma y herramientas*

El juego será desarrollado en el motor de videojuegos Unity3D y usará como dispositivo de captura de movimientos el Kinect 2 para Windows, estos se ejecutarán correctamente en un computador que cuente con sistema operativo Windows 8 o posterior.

A.8.3 *Entregables*

El videojuego se entregará como una aplicación de escritorio para Windows, junto con una aplicación web con servidor local. La aplicación se dejará instalada en los equipos a utilizar, además de ser entregada en un DVD como copia. Junto con el computador que se usará se entregarán un televisor y un sensor Kinect para el correcto funcionamiento y uso del juego.

A.8.4 *Motor de videojuegos*

Se usará el motor de Videojuegos Unity3D 5.4 con el Kinect SDK 2.0 para la captura de movimientos.