

**VIDEOJUEGO DE APOYO A TERAPIAS FÍSICAS EN MIEMBROS
INFERIORES PARA PACIENTES ADULTOS DEL HOSPITAL
UNIVERSITARIO DEL VALLE**

ÁLVARO ANDRÉS LOAIZA DUQUE
CÓDIGO 201355982
ALVARO.ANDRES.LOAIZA@CORREOUNIVALLE.EDU.CO

DIRECTORA
ING. YURI MERCEDES BERMÚDEZ, MBA.

CO-DIRECTORES
MARÍA PATRICIA TRUJILLO URIBE, PH.D.
ING. EDWIN RICARDO GAMBOA



Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad del Valle
Cali, Colombia
Diciembre 2017

Álvaro Andrés Loaiza Duque, *Videojuego de apoyo a terapias físicas en miembros inferiores para pacientes adultos del Hospital Universitario del Valle*, © Diciembre 2017

Dedicado a la reina de mi corazón, mi abuelita Flora(*q.e.p.d.*), gracias por abrirme las puertas de su casa y hacer parte de este proceso, brindarme sus palabras de aliento y abrazos llenos de amor, dónde estés, se que estarás muy contenta celebrando esta victoria y dando su bendición por este nuevo reto que comienza.

También a quienes me brindaron la vida, su nobleza, entrega y constancia para lograr que hoy pueda escuchar y comunicarme, por siempre creer en mí. Este esfuerzo también es de ustedes.

A mi hermana Andrea y su esposo Álan, gracias por sus consejos y palabras para insistir en este camino. A mi sobrino Emiliano que está en camino, espero celebrar contigo el día del grado.

A mi tío Hernan, por brindar apoyo e interceder en nuestra familia cuando lo necesitaba, su esposa Johanna por sus charlas, por siempre preguntar cómo voy y dar motivos para seguir adelante.

Primate y colega Jorge, gracias por los consejos profesionales y personales para culminar esta carrera.

A toda mi familia, por estar pendiente de estos años de esfuerzo.

A mis amigos Felipe y Andrés, por siempre estar allí presentes.

A los que creyeron en mí y a los que no, a todos gracias.

*“En vez de intentar producir un programa que simule la mente adulta,
¿por qué no tratar de producir uno que simule la mente del niño?
Si ésta se sometiera entonces a un curso educativo adecuado se obtendría el cerebro de adulto.”*
- Alan Turing

AGRADECIMIENTOS

A mi directora y profesora Ing. Yuri Mercedes Bermúdez, MBA, por guiarme, aconsejarme, por su paciencia y darme a conocer un área de mi carrera que despertó mucho interés en mí: Interacción Persona Ordenador. A la profesora, la doctora Patricia Trujillo, por brindarme la oportunidad de pertenecer a este grupo de investigación y poder participar en el proyecto de investigación del que hizo parte mi trabajo de grado. También, al Ing. Edwin Gamboa, por su templanza, paciencia y guía en este proceso. De igual manera, a los compañeros del proyecto *Playtherapy*: Juan Diego, Álvaro, Camilo, Miguel Ángel, Domenico y Mauricio, por sus aportes. A los otros compañeros del grupo de investigación, Augusto, Juan Salazar, Andrés Martínez, Juan Suaza, a todos, por compartir en los espacios que el laboratorio facilitó.

A María Isabel Pavas y el equipo de trabajo de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, por facilitar el espacio y asesorarnos en todo lo relacionado con las terapias de rehabilitación física.

A los profesores del que hicieron parte de esta carrera, por impulsar a la formación de nuevos profesionales, por compartir su conocimiento y experiencia.

A los compañeros de mi carrera, por compartir estos cinco años de formación.

A la Universidad del Valle y su equipo de trabajo, por brindar la oportunidad de formarme como profesional.

ABSTRACT

The degree project is placed in the setting of a project called "*Playtherapy*" that is led by the Multimedia and Computer Vision Research Group of the University of Valle in collaboration with the Physical Medicine and Rehabilitation Unit of the "Hospital Universitario del Valle". Its main objective is increasing motivation of patients who are in process of physical rehabilitation through interactive tools. Therefore, it developed a mini-game which is called "*Fútbol Libre*". On the one hand, its contribution is increasing the supply of mini-games; on the other hand, as a source of enjoyment and entertainment for users forget that they are in a clinical environment.

The game includes flexion and extension movements for hip and knee. These ones are detected by means of Kinect sensor 2.0. Also, it contributes to the realization of a guidelines and measuring instrument that allows to assess the Player Experience (PX) of the video game based on the playability within an interactive system.

For development, two methodologies were used: *Game Scrum* for the development of videogames and *Usability and Accessibility Engineering Process Model (MPLu+a)* as a strategy of implementing usability and playability as an added value the interactive system.

Finally, it concluded that a proposal of serious videogames within a context such as physical rehabilitation therapy gets good acceptance by users, because tests and interaction with patients and therapists demonstrated this.

Keywords: Videogames, Physical Therapy, Playability, Player Experience, Heuristic Evaluation.

RESUMEN

Este trabajo de grado se encuentra en el marco de un proyecto denominado *Playtherapy* que es liderado por el grupo de investigación en Multimedia y Visión por Computador de la Universidad del Valle en colaboración de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle. El objetivo principal consiste en aumentar la motivación de los pacientes que se encuentran en proceso de rehabilitación física a través de herramientas interactivas. Por ello, se desarrolló un minijuego que se denominó "**Fútbol Libre**". Por un lado, contribuyendo de este modo al aumento de la oferta de minijuegos y por otro lado, como fuente de goce y entretenimiento y que el usuario olvide que se encuentra en un ambiente clínico.

Este juego, incluye los movimientos de flexión y extensión de cadera y rodilla. Estos movimientos son detectados a través del sensor Kinect 2.0. También, se tiene como aporte la realización de una guía de estilo y el uso de un instrumento de medida que permita valorar el grado de la experiencia del jugador (PX) del videojuego en base a la Jugabilidad dentro de un sistema interactivo.

Para el desarrollo, se utilizaron dos metodologías: *Game Scrum* para el desarrollo de videojuegos y el *Modelo de Proceso de la Ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad* como estrategia para implementar la Usabilidad y Jugabilidad como valor agregado al sistema interactivo.

Finalmente, se logró concluir que una propuesta de videojuegos serios dentro de un contexto como la terapia de rehabilitación física, tiene buena aceptación por parte de los usuarios finales, ya que las pruebas y la interacción con los pacientes y terapeutas así lo demostró.

Palabras Claves: Videojuego, Terapia Física, Jugabilidad, Experiencia del Jugador, Evaluación Heurística.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.2. Formulación del Problema	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Justificación	4
1.4. Alcance	5
2. MARCO REFERENCIAL	7
2.1. Marco Teórico	7
2.1.1. Interacción Persona-Ordenador - IPO	7
2.1.2. Diseño Centrado en el Usuario - DCU	7
2.1.3. Usabilidad	8
2.1.4. Jugabilidad	11
2.1.5. Videojuegos	12
2.1.6. Kinect como apoyo a terapias físicas	15
2.1.7. Terapia Física	15
2.2. Estado del Arte	16
2.3. Antecedentes	17
3. PLAYTHERAPY	18
3.1. Descripción General de Playtherapy	18
3.1.1. Descripción del Proyecto	18
3.1.2. Equipo de desarrollo	18
3.2. Metodología	19
3.2.1. Game Scrum	19
3.2.2. Modelo de Proceso de la Ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad (MPIu+a)	20
3.2.3. Game Scrum & MPIu+a	21
3.2.4. Herramientas	21
4. PRE-PRODUCCIÓN	23
4.1. Análisis de Requisitos	23
4.1.1. Entrevista y Observación de Campo	24
4.2. Diseño	26
4.2.1. Selección de Movimientos	26
4.2.2. Idea de Mini-Juego	27
4.2.3. Game Design Document	27
4.2.4. Product Backlog	28

4.2.5.	Selección de Heurísticas	29
4.2.6.	Guía de Estilo	30
4.2.7.	Evaluación Heurística	31
4.3.	Dificultades, Retos y Aprendizajes	34
5.	PRODUCCIÓN	36
5.1.	Prototipado e Implementación	36
5.1.1.	Game Scenario	36
5.1.2.	Interaction Elements	37
5.1.3.	Movement Control	38
5.1.4.	Scoring Systems	38
5.1.5.	Feedback System	40
5.1.6.	Parameters Screen	40
5.1.7.	Game Persistence	42
5.1.8.	Game Tutorial	42
5.1.9.	Final Animation	42
5.1.10.	Results Screen	43
5.2.	Implementación de las características de Usabilidad y Jugabilidad	43
5.3.	Dificultades, Retos y Aprendizajes	44
6.	POST-PRODUCCIÓN	46
6.1.	Evaluación	46
6.1.1.	Pruebas Funcionales	46
6.1.2.	Pruebas de Jugabilidad	47
6.1.3.	Pruebas de Rendimiento	53
6.2.	Lanzamiento	53
6.3.	Dificultades, Retos y Aprendizajes	54
6.4.	Divulgación de Resultados	55
7.	APORTES ADICIONALES	57
7.1.	Playtherapy	57
7.1.1.	Pruebas Funcionales	57
7.1.2.	Evaluación Heurística	57
7.2.	EnglishPlay	58
8.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	59
8.1.	Conclusiones	59
8.2.	Trabajos Futuros	61
	BIBLIOGRAFÍA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Objetivos, Resultados y Contribuciones	4
2.	Interacción Persona-Ordenador	8
3.	Proceso del Diseño Centrado en el Usuario	9
4.	Anatomía de un Videojuego	14
5.	Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad (MPIu+a)	20
6.	Game Scrum & MPIu+a	21
7.	Storyboard	23
8.	Ejemplo Evaluación Heurística	32
9.	Tipos de gráficos	35
10.	Propuestas de Escenarios	36
11.	Propuestas de Personaje	37
12.	Prototipo Cute Male	37
13.	Implementación de Porl en Escenario	38
14.	Panel de Puntos	39
15.	Turnos	40
16.	Prototipo de pantalla de parámetros	41
17.	Pantalla de Parámetros	41
18.	Tutorial	42
19.	Animación Final	43
20.	Pantalla de Resultados	43
21.	Pruebas de jugabilidad	47
22.	Valoración Jugabilidad Fútbol Libre	49
23.	Resultados evaluación heurística por atributos y facetas	52
24.	Prueba de rendimiento	53
25.	Issues	55
26.	Playlist	56

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Relación Objetivos Específicos con Resultados Esperados	3
2.	Resumen de documentos de análisis de requisitos	26
3.	Selección de Movimientos Plano Frontal	27
4.	Implementación de Usabilidad y Jugabilidad	44
5.	Casos de prueba	46
6.	Perfil demográfico de los pacientes	48
7.	Parámetros por paciente	48
8.	Test por Observación	50
9.	Resumen entrevista post-test pacientes	51
10.	Resumen entrevista post-test terapeuta	52
11.	Issues	54

ACRÓNIMOS

IPO Interacción Persona-Ordenador

HUV Hospital Universitario del Valle

MPIu+a Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad

DCU Diseño Centrado en el Usuario

ESE Empresa Social del Estado

ISO International Organization for Standardization

IEC International Electrotechnical Commission

GDD Game Design Document

mmv-lab Laboratorio de Multimedia y Visión por Computador

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de grado está enmarcado dentro del proyecto de investigación "PLAYTHERAPY, VIDEOJUEGO DE APOYO A TERAPIAS DE RECUPERACIÓN FÍSICA" aprobado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle en el año 2016 como parte de la tercera convocatoria interna para la conformación del banco de proyectos de investigación.

El presente documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- En el presente [Capítulo 1](#): que describe el problema, formula la pregunta de investigación, así como los objetivos general y específicos del proyecto, la justificación y el alcance.
- En el [Capítulo 2](#): Marco Referencial, se presentan el marco teórico en donde se realiza resumen a conceptos importantes del presente trabajo de grado, luego el estado del arte donde se exponen algunos videojuegos desarrollados por otras empresas y finalmente los antecedentes, que expone el avance actual de *Playtherapy*.
- En el [Capítulo 4](#): Pre-producción, que presenta la fase análisis de requisitos y el diseño del juego, selección de heurísticas, elaboración de la guía de estilo y finalmente el plan de evaluación heurística
- En el [Capítulo 5](#): Producción, que desarrolla la fase de prototipado e implementación del juego
- En el [Capítulo 6](#): Post-Producción, en la que se realiza la fase de evaluación y lanzamiento.
- En el [Capítulo 7](#): Se presentan los aportes externos al trabajo de grado, pero que es complementario y relacionado con los temas que se desarrollaron en el proceso del trabajo de grado.
- En el [Capítulo 8](#): Que expone las conclusiones y trabajos futuros.

1.1 PROBLEMA

1.1.1 Descripción del Problema

El hospital Universitario del Valle, cuenta con la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación que se encarga principalmente de realizar terapias físicas a la población del suroccidente colombiano (Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño). Los pacientes provienen un 65 % de Cali y el 35 % restante provienen de los municipios aledaños del Valle del Cauca, Chocó,

Nariño y Cauca. (Personería Santiago de Cali, 2015)

Dentro de las actividades que se realizan en el Hospital Universitario, se encuentran las terapias físicas, las cuales tienen como objetivo principal el desarrollo, mantenimiento y la recuperación de la funcionalidad y movimiento de un individuo en sus actividades diarias (World Confederation for Physical Therapy, 2014), sin embargo, para los pacientes estas terapias, se pueden convertir en algo repetitivo, aburrido, doloroso y fatigante, ya que para el éxito del tratamiento se requiere alta disciplina y compromiso.

Una de las principales causas de la falta de motivación por parte del paciente, es quizás, la monotonía de la rutina del ejercicio que requiere para su rehabilitación, ya que normalmente, se basa en repeticiones con fin el de fortalecer una parte del cuerpo. El desafío está en encontrar metodologías y herramientas innovadoras e interactivas que faciliten el trabajo de las terapias físicas y además, motive a los pacientes.

Otra causa de la desmotivación de los pacientes, es que las sesiones de terapia no cuentan con los estímulos adecuados, dando como efecto, una carga adicional para los terapeutas, ya que además de dirigir el tratamiento para que se ejecute correctamente, se debe esforzar para lograr que el paciente se concentre y realice con motivación las tareas asignadas. Lo anterior, ha sido referenciado por varios autores como un gran determinante de cambio en las habilidades motoras de los pacientes, ya que permite que estén más propensos a participar activamente en comparación con los que no están (Bartlett & Palisano, 2002).

Existen estudios sobre el uso de videojuegos como apoyo a las terapias físicas, que han mostrado resultados positivos en términos de aumento de motivación permitiendo que los usuarios perciban cambios con respecto a la monotonía de las tareas a realizar; a la par, la actividad del videojuego ha sido empleada para diversos tipos de terapia (no solo física) y con distintos tipos de pacientes (Burdea, 2012), incluso el uso de estos videojuegos ha demostrado resultados satisfactorios pues los pacientes consideran que las actividades apoyadas con multimedia son agradables y alcanzables (Shelton & Scott, 2015). Por ello, el grupo de Multimedia y Visión por Computador, perteneciente a la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, en apoyo con el Departamento de Medicina física y rehabilitación en la Facultad de Salud, se realiza el proyecto *“Playtherapy, Videojuego de apoyo a terapias de recuperación física”* con el fin de implementarlo en la Unidad de Medicina física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle, Evaristo García ESE.

Actualmente, el proyecto requiere apoyo para aumentar la oferta de juegos, ya que hoy solo cuenta con un par orientados a terapia física de hombro y codo; el objetivo, es ofrecer varios videojuegos, cada uno orientados a movimientos que permitan la rehabilitación de una zona del cuerpo, como columna, cadera, rodilla, etc. Además, se espera *Playtherapy* no solo cumpla con su propósito funcional, sino que asegure una buena experiencia como usuario y como jugador.

1.1.2 *Formulación del Problema*

¿Cómo apoyar el proceso de terapia física de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle a través de metodologías y herramientas interactivas para que los pacientes se sientan motivados?.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 *Objetivo General*

- Desarrollar un videojuego basado en sistemas interactivos, como herramienta de apoyo a terapias físicas en miembros inferiores para pacientes adultos de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle, Evaristo Garcia ESE.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

La [Tabla 1](#) relaciona cada objetivo específico con el capítulo de este documento en donde se exponen los resultados de cada uno de los mismos.

Tabla 1: Relación Objetivos Específicos con Resultados Esperados

OBJETIVO ESPECÍFICO	CAPÍTULO
Construir una historia, reglas y estructura para el videojuego orientada por los fisioterapeutas del Hospital Universitario del Valle	Capítulo 4
Definir las características de Usabilidad y Jugabilidad para el desarrollo del videojuego como apoyo a la rehabilitación física	Capítulo 4
Aplicar mecanismos que apoyen el proceso de interacción entre el usuario y el videojuego, con el fin de mejorar la experiencia del jugador	Capítulo 4
Implementar el ambiente del videojuego de acuerdo a la historia, reglas, estructura, estrategias de interacción y las características de usabilidad y jugabilidad definidas	Capítulo 5
Diseñar una estrategia que permita validar el cumplimiento de las características de usabilidad y jugabilidad del videojuego	Capítulo 4 y Capítulo 6

La [Figura 1](#) resume los aspectos más importantes del proyecto de trabajo de grado.

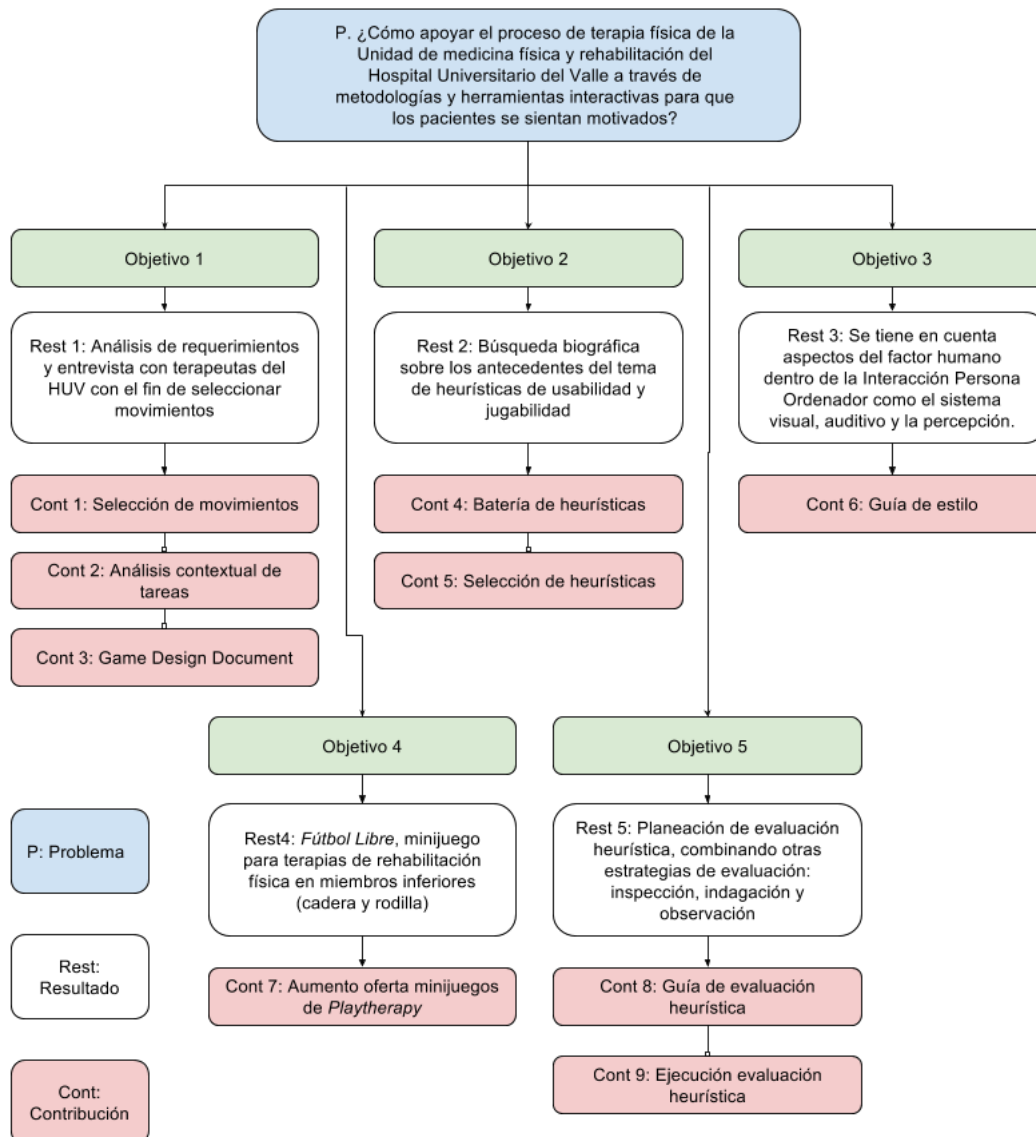


Figura 1: Objetivos, Resultados y Contribuciones

1.3 JUSTIFICACIÓN

El uso de videojuegos como apoyo a la rehabilitación física ya ha demostrado resultados satisfactorios desde dos perspectivas: la primera, en el mundo se ha utilizado este sistema interactivo en este tipo de terapias, ya que se evidencia que el paciente lo encuentra agradable, lo que permite que esté con una mejor disposición, además, para el personal de terapia, les facilita el trabajo. La segunda, los videojuegos también han demostrado ser una buena fuente de motivación, e igualmente, una alternativa que permite disminuir la monotonía de

las sesiones y/o ejercicios; es decir, hay variedad de opciones con el objetivo de realizar un mismo movimiento.

Por lo anterior, un videojuego de apoyo a las terapias físicas en el Hospital Universitario del Valle, podría ser usado por los profesionales de salud, permitiendo aumentar la motivación de los pacientes y facilitar el trabajo de la sesión, ya que podría haber una mayor disposición de realizar las terapias.

Por ello, a través del grupo de Multimedia y Visión por Computador en colaboración con el Departamento en Medicina Física y Rehabilitación de la misma universidad y la Unidad de Medicina Física y de Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle, se realiza el proyecto denominado *“PlayTherapy: Videojuego de apoyo a terapias de recuperación física”*, que consiste en desarrollar un conjunto de minijuegos orientados a ejercicios individuales, como elemento innovador, ya que los videojuegos existentes tales como Virtual Rehab (Virtualware Group, 2014), MIRA (MIRA Rehab, 2014), SeeMe (Brontes Processing, 2016), están orientadas al desarrollo de videojuegos para una terapia particular.

De igual manera, para asegurar que el proyecto cumpla eficazmente con los objetivos de una buena interacción, se le agregarán dos características de las IPO a este videojuego: Usabilidad y Jugabilidad, la primera, permitirá asegurar que el sistema sea fácil de usar, entender y aprender; una razón, se debe a que el personal médico va a utilizar y configurar el juego (es decir, el modo de uso), lo ideal es que sea con una curva de aprendizaje baja y además entienda los parámetros de configuración y asegure unas buenas guías de usuario, por otro lado, el paciente, debe entender los cambios, reacciones e instrucciones que arroje en pantalla. La segunda característica, asegura una buena calidad del videojuego y permite que el paciente realmente disfrute, goce y tenga una buena experiencia como jugador, ya que a la hora del juego, es importante que durante la terapia el jugador no se desmotive.

1.4 ALCANCE

El videojuego tuvo enfoque en terapias físicas para adultos, el área del cuerpo al que se aplicó fueron para los miembros inferiores (cadera y rodilla), se evaluaron movimientos como flexión, extensión, abducción con el fin de establecer una historia, reglas y estructura para el juego, que permita en lo posible reunir la mayor parte de movimientos.

Igualmente se estableció el GDD donde se encuentran los requerimientos de diseño y desarrollo del videojuego y se realizarán pruebas en el área de aplicación (Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del HUV) tanto con profesionales y pacientes, con el fin de verificar si se está cumpliendo con lo establecido en el documento.

Para el desarrollo, se aplicó las tres fases genéricas establecido en el documento de Game Scrum (Godoy & Barbosa, 2010), en cada fase, se tendrá uno o más ciclos internos, que pueden terminar, pausar o trabajar en el ciclo, gracias a la flexibilidad de las metodologías

ágiles y el modelo MPIu+a (Granollers, 2016), que permitirá asegurar el cumplimiento de lo establecido en los documentos de Usabilidad y Jugabilidad.

El entregable es un prototipo de videojuego, ya que el concepto de desarrollo del videojuego es interdisciplinar y el presente proyecto solo se realizará a través de un estudiante, ese minijuego, fue agrupado con los demás juegos que ya están implementados y/o a implementarse, dentro del proyecto global: *Playtherapy*.

Igualmente, este proyecto también tiene la capacidad de almacenar información de la sesión de terapia, aspecto que le permitirá al profesional hacer seguimiento y obtener criterios si realmente la terapia cumple con el objetivo de rehabilitación y progreso.

MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Interacción Persona-Ordenador - IPO.

La interacción persona-ordenador se basa en que la interacción de las personas y los ordenadores, se hace por medio de una interfaz reflejando las propiedades físicas de los que interactúan, las funciones que hay que realizar y el balance de poder y control; por tanto, existe un punto de contacto que permite transmitir información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas. Por ello, se destaca la importancia de reflejar el modelo mental de quienes utilizarían el producto. (Saltiveri, Vidal & Delgado, 2011a)

Por ello, hoy día, ya es adoptado como una disciplina y se tiene la siguiente definición propuesta por el grupo Special Interest Group in Computer Human Interaction (SIGCHI), que ha trabajado en temas de IPO:

"Human-computer interaction is a discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for human use and with the study of major phenomena surrounding them." (Hewett y col., 1996)

Esta disciplina hace énfasis en los aspectos relacionados con el proceso interactivo que se produce entre una o más personas y uno o más ordenadores o sistemas interactivos en general; por tanto, es transcendental el estudio del usuario, en qué condiciones se encuentra, cómo utiliza el dispositivo y las características físicas en la que interviene la interacción (ver Figura 2). Esta importancia incluso es reflejada en las normas ISO 13407, el cual describe el proceso de diseño de sistemas centrados en el usuario para que sean fáciles de aprender y de utilizar.

Otras metas que también hacen parte de la IPO: Desarrollar y mejorar la seguridad, utilidad, eficiencia y usabilidad de sistemas basados en computadoras e incrementar la usabilidad de los sistemas.

2.1.2 Diseño Centrado en el Usuario - DCU.

Se define como Diseño Centrado en el Usuario como un enfoque de diseño cuyo proceso está dirigido por información sobre las personas que van a hacer uso del producto. Este enfoque nos permite observar la gente cómo usa los sistemas y a partir de allí, obtener y ajustar

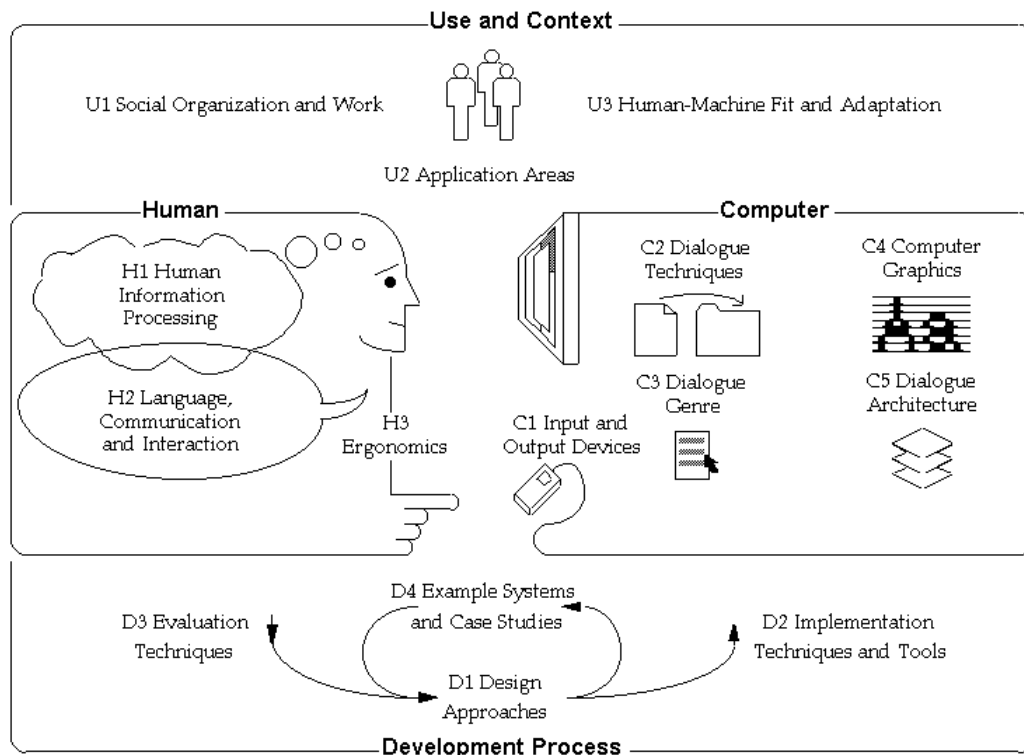


Figura 2: Interacción Persona-Ordenador. (Hewett y col., 2009)

los modelos mentales y conceptuales del proceso de interacción. (Sánchez & Jordi, 2011)

El proceso del DCU es cíclico y se puede dividir en cuatro fases:

1. *Entender y especificar el contexto de uso*: Identificar a las personas a las que se dirige el producto, para qué lo usarán y en qué condiciones.
2. *Especificar requisitos*: Identificar los objetivos del usuario y determinar requerimientos funcionales y no funcionales.
3. *Producir soluciones de diseño*: Esta fase se puede subdividir en diferentes etapas secuenciales, desde las primeras soluciones conceptuales hasta la solución final de diseño.
4. *Evaluación*: Es la fase más importante del proceso, en la que se validan las soluciones de diseño (el sistema satisface los requisitos) o por el contrario se detectan problemas de usabilidad, normalmente a través de test con usuarios.

2.1.3 Usabilidad

Coloquialmente la Usabilidad hace referencia a sistemas fáciles de aprender y de utilizar y está compuesta por dos componentes según Nielsen (2012): primero, de funcionalidad (para

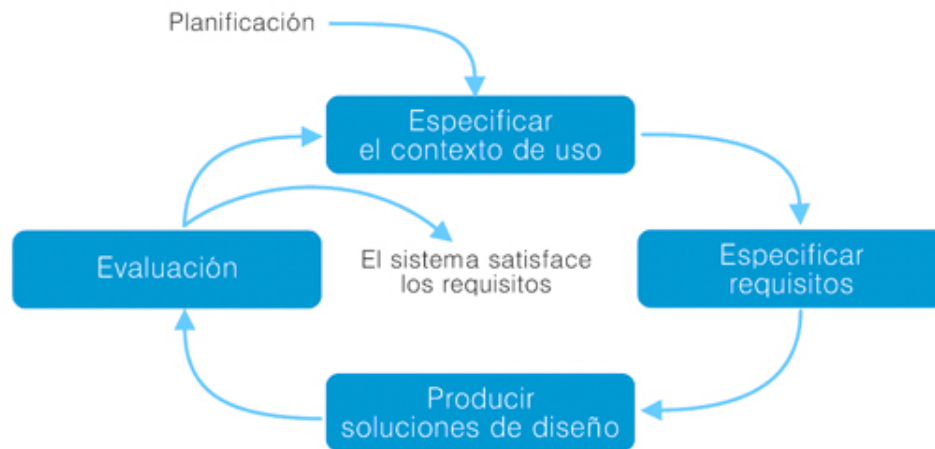


Figura 3: Proceso del Diseño Centrado en el Usuario. (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009)

qué fue desarrollado el sistema) y segundo, el modo en el que los usuarios pueden usar esta funcionalidad, lo que da la razón de interés en el estudio de la usabilidad.

Para la definir este concepto, hay un conjunto de autores e investigadores de reconocido prestigio internacional, cuyas definiciones son:

Jacob Nielsen, pionero de la difusión de la usabilidad. Señala que un sistema usable debe poseer los siguientes atributos: capacidad de aprendizaje, eficiencia en el uso, facilidad de memorizar, tolerante a errores y subjetivamente satisfactorio. (Nielsen, 2012).

De igual manera, *Jenny Preece*, autora de multitud de estudios de usabilidad, propone la definición más corta, pero quizá la más intuitiva. Se refiere a la usabilidad como el “desarrollo de sistemas fáciles de usar y de aprender” (Preece y col., 1994).

Otra ilustración dada por *Niegel Bevan*, como la “facilidad de uso y la aceptabilidad de un sistema o producto para una clase particular de usuarios que llevan a cabo tareas específicas en un entorno específico” (Bevan, 1991).

Finalmente, Redish (1995), reconocida profesional de usabilidad, define que el objetivo de las personas que trabajan no es otro que producir trabajos para sus usuarios (works for its users) proporcionando a los usuarios las herramientas para poder:

- i) Encontrar lo que necesitan,
- ii) Entender lo que encuentran,
- iii) Actuar apropiadamente sobre este entendimiento y,
- iv) Hacer todo esto con el tiempo y esfuerzo que ellos creen necesario.

Igualmente podemos encontrar definiciones en ISO (Saltiveri, Vidal & Delgado, 2011b):

ISO 9241-11 (Guidance on Usability - 1998): Proporciona la definición de usabilidad que se utiliza en estándares ergonómicos:

"La medida en la que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado".

Efectividad como precisión y plenitud en la que los usuarios alcanzan objetivos especificados, tales como la facilidad de aprendizaje, baja tasa de errores y facilidad del sistema para ser recordado. *Eficiencia* hace referencia a los recursos empleados en la relación con la precisión y plenitud con la que los usuarios alcanzan los objetivos. Y *Satisfacción* como ausencia de incomodidad y la actitud positiva en el uso del producto.

ISO/IEC 9126 (Software engineering – Product quality - 2001) Define la usabilidad como una contribución independiente a la calidad del software asociado con el diseño y la evaluación de la interfaz de usuario y la interacción.

"Un conjunto de atributos que influyen en el esfuerzo necesario para el uso, y en el asesoramiento individual de cada uso para un conjunto de usuarios definidos o implicados".

Los siguientes son los atributos que se pueden aplicar a un sistema interactivo para mejorar su usabilidad (Granollers, 2016):

- **Facilidad de aprendizaje:** Se refiere a que la curva de aprendizaje debe ser mínima, la ayuda que requiera el usuario durante el aprendizaje sea bajo y puedan llegar a un nivel de conocimiento alto.
- **Sintetizable:** Cuando hay cambios de estado en un sistema interactivo, es importante que la transición sea captada por el usuario final.
- **Familiar:** Definido como correlación que existe entre el conocimiento que posee el usuario y el que requiere para la interacción con un nuevo sistema.
- **Consistencia:** Hace referencia a que todos sus mecanismos se usan siempre de la misma manera, sea cual sea el momento y la forma en la que se haga.
- **Flexibilidad:** Se define como las múltiples maneras en que el usuario y el sistema pueden intercambiar información.
- **Robustez:** Característica que le permite al usuario poder cumplir con sus objetivos y el asesoramiento necesario para ello.
- **Recuperabilidad:** Habilidad que permite al usuario corregir una acción una vez éste ha reconocido un error.
- **Tiempo de respuesta:** Se define generalmente como el tiempo que necesita el sistema para expresar los cambios de estado del usuario, cabe destacar que es importante que el tiempo de respuesta sea soportable al usuario.

- **Adaptación de tareas:** Los servicios que el sistema brinda para dar soporte al usuario en sus tareas que requiere y deben estar adaptadas a su modelo mental, no al del desarrollador.
- **Disminución de la carga cognitiva:** Los usuarios tienden a confiar más en lo que reconocen que en lo que recuerdan, por tanto, la interfaz debe proporcionar los mecanismos que permitan reconocer las acciones y no tengan que recordar su realización.

2.1.4 Jugabilidad

En la literatura sobre Jugabilidad, se puede encontrar dos definiciones o énfasis:

1. Conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador (PX) utilizando un sistema de juego específico cuyo objetivo principal es proporcionar disfrute y entretenimiento, por ser creíble y satisfactoria, cuando juega solo o en equipo (González Sánchez, Padilla Zea & Gutiérrez, 2009).
2. Término utilizado en análisis y diseño de videojuegos que describe la calidad de un videojuego en términos de sus reglas, mecánica, metas y su diseño (J. L. G. Sánchez, Vela, Simarro & Padilla-Zea, 2012).

Existen siete atributos que permiten medir la jugabilidad y caracterizar la experiencia del jugador a la hora de interactuar con un videojuego:

- **Satisfacción:** Hace referencia a la gratificación o placer que obtiene el jugador.
- **Facilidad de Aprendizaje:** Capacidad para entender, dominar el juego (como sistema) y mecánica.
- **Eficacia:** Tiempo y recursos necesarios con el fin de ofrecer experiencia divertida y entretenida.
- **Inmersión:** Capacidad del contenido del videojuego para ser creíble, es decir, lograr que el jugador se sienta involucrado en el mundo virtual
- **Motivación:** Características que incitan al jugador realizar acciones específicas y lleve a continuar hasta que haya completado la tarea.
- **Emoción:** Impulsos involuntarios del jugador en respuesta a los estímulos del juego
- **Socialización:** Dimensión social.

La siguiente descomposición permite identificar y medir más fácilmente los atributos de jugabilidad, y a la vez, permite relacionarlos con los elementos concretos del videojuego, por ello, el proceso de análisis ya está centrado en los distintos elementos que pueden aparecer en el videojuego, estas son, las facetas de jugabilidad (J. L. G. Sánchez, 2010a):

- **Jugabilidad Intrínseca:** Medida en la naturaleza del juego y cómo se presenta al jugador (reglas, objetivos, ritmo y mecánicas).
- **Jugabilidad Mecánica:** Asociada a la calidad del juego como software (fluidez de las escenas, cinemática, iluminación, sonido, gráficos y entorno).
- **Jugabilidad Interactiva:** Todo lo relacionado con la interacción del jugador (Uso e interfaz).
- **Jugabilidad Artística:** Referente a la calidad y adecuación artística y estética (calidad gráfica y visual, efectos sonoros, melodías y banda sonora, narración y ambientación).
- **Jugabilidad Intrapersonal o Personal:** Perspectivas individuales, percepciones y sensaciones que produce el juego, esta faceta tiene alta valoración subjetiva.
- **Jugabilidad Interpersonal o Social:** Sentimientos o percepciones de los usuarios cuando se juega en compañía.

2.1.5 Videojuegos

Se define como videojuego, un programa informático creado expresamente para divertir, basado en la interacción entre una persona y una máquina donde se ejecuta el videojuego. Estos recrean entornos virtuales en los cuales el jugador puede controlar a un personaje o cualquier otro elemento de dicho entorno, para conseguir uno o varios objetivos por medio de unas reglas determinadas (J. L. González, Cabrera & Gutiérrez, 2007).

Las características que debe cumplir los videojuegos son (J. L. G. Sánchez, 2010b):

- Existencia de un héroe o protagonista con el cual el jugador debe identificarse sin provocarle rechazo.
- Existencia de antagonistas o retos que proponen nuevos desafíos a superar.
- Proporcionar una realimentación constante, sobre todo si los avances son significativos.
- Crear un efecto inmersivo que permita al jugador insertarse en la mecánica del juego. Esto, a veces, se ha visto como algo negativo al ser considerado, en muchos casos, un factor “adictivo”.

2.1.5.1 Clasificación de los Videojuegos

A continuación se muestran los factores que permiten clasificar el videojuego (J. L. G. Sánchez, 2010c):

- **Juego individual o en grupo:** Hace referencia al modo social del juego. Para el caso de juegos grupales, pueden ser competitivos, colaborativos o cooperativos.

- **Género:** Especifica qué tipo de videojuego será, es decir, cuál es la temática central. Algunos géneros más representativos son: Acción, Aventura, De rol, Estrategia, Simulación, Educativos/Mentales, Carreras, Musicales, Bélicos, Deportivos, Lucha.
- **Contenido:** Es la forma cómo se va a mostrar el contenido interactivo al jugador, que puede ser:
 1. *Intrínsecos:* El contenido se ajusta con precisión a la acción del juego, en estos casos, los juegos debe corresponder a su propia naturaleza.
 2. *Extrínsecos:* En este tipo de juego, a diferencia del ítem anterior, el contenido se inserta a la estructura del juego por una entrada solicitada al usuario.
 3. *A ritmo propio:* Son aquellos que el tiempo puede ser detenido o que no se tiene en cuenta, permitiendo al jugador pensar su ejecución o evaluar qué acción realizar.
 4. *A ritmo externo:* A diferencia del anterior, el tiempo sí cuenta, por ende el jugador se ve en la necesidad de medir su rapidez y agilidad ante una respuesta o estímulo del juego.

2.1.5.2 Anatomía de los Videojuegos

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

2.1.5.3 Arquitectura del Videojuego

La arquitectura de un videojuego está definido por una serie de capas de la siguiente forma (McShaffry & Graham, 2013):

1. **Capa de aplicación:** Esta es la capa que conecta nuestro juego con la máquina en la cual se ejecutará.

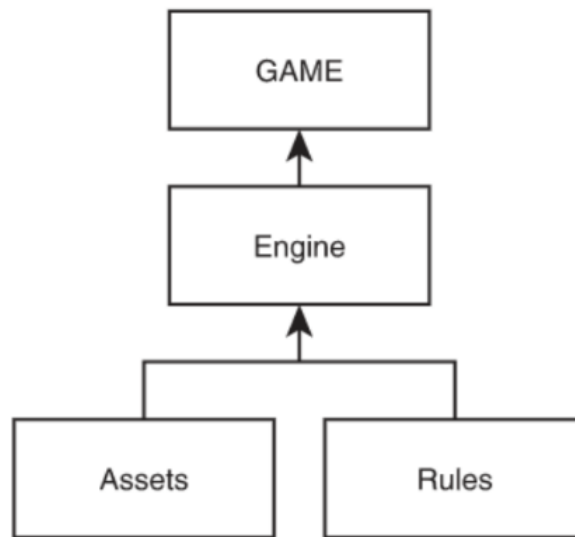


Figura 4: Anatomía de un Videojuego. (Thorn, 2013)

2. **Capa de lógica del juego:** Este es el juego como tal. El código que contiene el funcionamiento del videojuego y que en lo ideal se pudiera correr en cualquier máquina
3. **Capa del videojuego:** Es el encargado de hacer la interacción con el jugador y otros posibles actores. Presenta y recibe los comandos para ser enviados a la lógica del videojuego. Se puede decir que existen tres tipos de vistas la del jugador, de la inteligencia artificial, y la del jugador remoto.

2.1.5.4 Desarrollo de Videojuegos

El videojuego, a pesar de ser considerado como un software, no existe una metodología estándar que asegure un buen desarrollo y calidad, ya las empresas adoptan una mística para sus procesos de ingeniería de software aplicado a desarrollo de videojuegos, pero autores como Rollings y Adams (2003), Callele, Neufeld y Schneider (2005) y Bethke (2003) proponen segmentar el ciclo de vida en tres fases: Pre-producción, Producción y Post-producción y va de la mano con lo propuesto en artículo *Game Scrum* escrito por Godoy y Barbosa (2010).

Pre-Producción: Esta fase se define de idea del juego, involucrando aspectos como: género, historia, bocetos, gameplay. De esta fase surgen las primeras especificaciones del videojuego e igualmente existe un documento denominado "Game Design Document"(GDD) que contiene lo siguiente: *Género, Jugadores, Historia, Look & Feel, Interfaz de Usuario, Objetivos, Reglas, Características, Gameplay, Diseño de niveles y Requerimientos Técnicos*.

Producción: Es la etapa más importante, en donde ya empieza la diseño y producción del videojuego y donde se invierte el mayor esfuerzo. El GDD se fortalece con: *Diseño del juego, Diseño Artístico, Diseño Mecánico, Motor del Juego, Diseño Técnico, Implementación, Pruebas, y*

Lanzamiento.

Post-Producción: Ya es la puesta en marcha y utilización por parte del público objetivo, puesto en el mercado.

2.1.6 *Kinect como apoyo a terapias físicas*

El Kinect es un dispositivo de detección de movimiento y que fue originalmente desarrollado para la consola de videojuegos Xbox 360 (Pagliari & Pinto, 2015). Este dispositivo cuenta con los siguientes componentes principales:

- **Cámara de color:** Esta es la cámara responsable de capturar los datos de vídeo de color(RGB). Soporta una velocidad de 30 frames por segundo en una resolución de 1920 x 1080 píxeles y cámara 16:9, los valores de los frames por segundo pueden variar según la resolución escogida. El rango de visibilidad es de 60 grados vertical y 70 grados horizontal.
- **Emisor de infrarrojos y sensor de profundidad:** El sensor de profundidad consiste en dos emisores de rayos infrarrojos que emiten y calculan la profundidad con distancias de 0.5 a 4.5 metros.
- **Micrófonos:** El Kinect cuenta con cuatro micrófonos, en un orden lineal, que funciona a 48KHz.
- **Led:** Está situado entre la cámara y proyector infrarrojo e indica el estado del Kinect.

2.1.7 *Terapia Física.*

La confederación mundial para la terapia física define que esta se ocupa de proveer servicios a individuos y población para desarrollar, mantener y restaurar el movimiento máximo y habilidad funcional durante la vida. Esto incluye proveer servicios en donde el movimiento y la funcionalidad que han sido causados por el envejecimiento, lesiones, dolores, enfermedades, desórdenes o factores ambientales. Los movimientos funcionales son la base para tener un estado saludable. («The World Confederation for Physical Therapy», 2011)

Además, las terapias físicas se encuentran bajo supervisión y la dirección del terapeuta físico, que incluye en sus actividades:

- **Evaluación y valoración:** Se realizan pruebas a los individuos, y se sintetizan todos los datos verificando limitaciones en los pacientes.
- **Diagnóstico:** En base a los resultados de la valoración se define el caso clínico del paciente categorizando su limitación.
- **Pronóstico:** Se define el tratamiento a seguir, negociando con el paciente los objetivos de este.

- **Intervención y tratamiento:** Se implementan actividades con el fin de alcanzar el objetivo: ejercicio terapéutico, entrenamiento funcional en el autocuidado, manejo de casa, trabajo, comunidad, técnicas de terapia manual, modalidades electroteraputicas, etc.
- **Reevaluación:** Etapa donde se evalúan los resultados del tratamiento.

2.2 ESTADO DEL ARTE

En Colombia, según lo investigado a través del laboratorio de Multimedia y Visión por computador, 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:

- **Virtual Rehab:** Es un producto desarrollado por la empresa VirtualWare que permite el tratamiento de diferentes funciones para las siguientes patologías: enfermedades neurodegenerativas, (esclerosis múltiple, enfermedad de Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica (ALS), enfermedad de Alzheimer), trastornos neuromusculares (Distrofias, las miopatías, amiotrófica un Neuropatías), neurovascular trastornos mentales Trauma (trazo y lesiones cerebrales traumáticas), y movilidad para las personas mayores. Existe un módulo llamado virtualrehab body el cual utiliza la tecnología Kinect para el manejo de terapias, además de permitir el seguimiento de cada paciente con una evaluación y análisis gráfico de los pacientes, monitoreo de cada paciente. (Virtualware Group, 2014)
- **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 mini-juegos 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. (MIRA Rehab, 2014)

- **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. (Brontes Processing, 2016)

2.3 ANTECEDENTES

Al comenzar el trabajo de grado, el proyecto *Platherapy* contaba con dos minijuegos que permiten movimientos para hombro y codo; estos, contienen un par de módulos: el primero, reconoce el seguimiento al progreso motriz del paciente, con el fin de evidenciar el avance terapéutico del paciente. El segundo, permite hacer seguimiento del estado del jugador, pero faltan elementos que permita mejorar la experiencia de uso y de juego.

Finalmente, el videojuego desarrollado durante el trabajo de grado, no sólo apoyará terapias físicas en miembros inferiores para pacientes adultos del HUV, sino que también contó con elementos de que permitan al desarrollador aplicar buenas características de calidad en el videojuego, gracias a las guías y modelos de evaluación de usabilidad y jugabilidad. Estas pautas que surgieron durante la ejecución del presente trabajo, también serán de utilidad para *playtherapy*, ya que se podrán aplicar en los implementados, los desarrollados al mismo tiempo y los que se desarrollarán a futuro.

PLAYTHERAPY

Este capítulo permite conocer el contexto del proyecto de investigación del que hizo parte el trabajo de grado, ¿Cuál es su objetivo?, el equipo de trabajo, las metodologías con las que se trabajó y como se relacionaron sus fases y etapas y finalmente, algunas herramientas empleadas durante el desarrollo del juego.

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE PLAYTHERAPY

3.1.1 Descripción del Proyecto

Playtherapy, videojuego de apoyo a terapias de recuperación física es un proyecto aprobado por la vicerrectoría de investigaciones durante la tercera convocatoria de proyectos de investigación de la Universidad del Valle en el año 2016, es ejecutado por el grupo de investigación en Multimedia y Visión por computador, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, liderado por la profesora Patricia Trujillo, Ph.D. Este proyecto, tiene como objetivo principal el desarrollo de un videojuego interactivo que consiste en un conjunto de minijuegos orientados a movimientos específicos.

Playtherapy está compuesto por dos principales aplicaciones: el primero, el videojuego, en el cuál el terapeuta seleccionara uno o varios minijuegos con el fin de que el paciente interactúe y realice la sesión terapéutica. El segundo, una aplicación web con fines administrativos de uso para el terapeuta y profesionales involucrados en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, en él se podrá ingresar y consultar la historia clínica e igualmente el progreso del paciente.

Este proyecto inició en Agosto del 2016 y espera culminar en el año 2018.

3.1.2 Equipo de desarrollo

El equipo de Playtherapy actualmente cuenta con seis estudiantes de últimos semestres de Ingeniería de Sistemas (Camilo Ruiz, Miguel López, Domenico Di Mambro, Mauricio Castillo, Andrés Cortés y Álvaro Loaiza) encargados del desarrollo de videojuegos y de la aplicación web. Igualmente se cuenta con un estudiante de Maestría en Ingeniería de Sistemas, Ing. Edwin Gamboa, que se encarga de coordinar al equipo de desarrollo y cuenta con el liderazgo de la profesora Patricia Trujillo Ph.D. Igualmente, se cuenta con un equipo de Usabilidad/Jugabilidad encargado de plantear, gestionar y desarrollar las pruebas de su competencia a los minijuegos y aplicación web, integrado por la profesora Ing, Yuri Bermúdez.

dez, Ing. Edwin Gamboa y el autor de este documento, Álvaro Loaiza. En cuanto al tema de terapia física, se cuenta con el apoyo de la estudiante de fisioterapia Andrea Coral.

3.2 METODOLOGÍA

El presente trabajo, siguió la metodología descrita en [Subsección 3.2.1](#) y modelo en la [Subsección 3.2.2](#); con el fin de cumplir los objetivos, en especial, mejorar la motivación y disfrute por parte del paciente en el uso del videojuego, y paralelamente cumplir con los criterios de Usabilidad y Jugabilidad.

3.2.1 *Game Scrum*

Esta metodología es tomar las ideas de Scrum y eXtreme Programing (XP). La primera metodología se basa en pequeñas iteraciones llamadas sprints, en el cual se realiza seguimiento y evaluación del estado de la tareas asignadas en el sprint. Las reuniones que se realizan en esta metodología son: planificación, acompañamiento, revisión e inspección. La segunda metodología, generalmente utilizada para desarrollo de videojuegos y creación de contenido multimedia, se basa en cinco principios o valores: comunicación, valor, retroalimentación, respeto y simplicidad (Godoy & Barbosa, 2010).

Game Scrum está dividido en tres fases:

1. **Pre-Producción:** Es la fase en la que se define en forma, el concepto, los objetivos y diseño del juego; igualmente, se definen aspectos técnicos como lenguaje de programación, plataforma, hardware.

En esta etapa está el prototipo y el "*Game Design Document*" que permitió definir el alcance, desarrollo y prueba del videojuego, con el fin de pasar a la siguiente fase para darle desarrollo al proyecto.

2. **Producción:** Una vez definida la idea y alcance del juego a desarrollar a través del GDD inicial, se comienza la implementación de los productos del proyecto subdividido por actividades, se irá iterando e incrementando hasta obtener un videojuego con suficiente madurez para ser lanzado.
3. **Post-Producción:** Una vez completo el juego, se pasa a las pruebas tanto de expertos como implicados o usuarios finales, con el fin de hacer retroalimentación y ajustes al proyecto.

Después de las pruebas, el videojuego ya tiene una madurez suficiente para realizar el lanzamiento o puesta en marcha hacia la empresa o público objetivo, en caso de uso comercial, se realizan campañas de marketing y divulgación masiva.

3.2.2 Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad (MPIu+a)

La idea central de este modelo es poder concatenar el proceso de desarrollo de sistemas interactivos con la ingeniería de usabilidad y accesibilidad proporcionando herramientas que permitan guiar el proceso de implementación de un sistema interactivo. (Granollers, 2016)

Este esquema esta compuesto por tres pilares que permite determinar en que fase del desarrollo se encuentra una actividad específica:

- **Ingeniería de Software:** Comprende las etapas genéricas del ciclo de vida del software: *Análisis de requisitos, diseño, implementación y lanzamiento.*
- **Prototipado:** Engloba las técnicas que permitirán la posterior fase de evaluación.
- **Evaluación:** Caracteriza las técnicas de evaluación existentes.

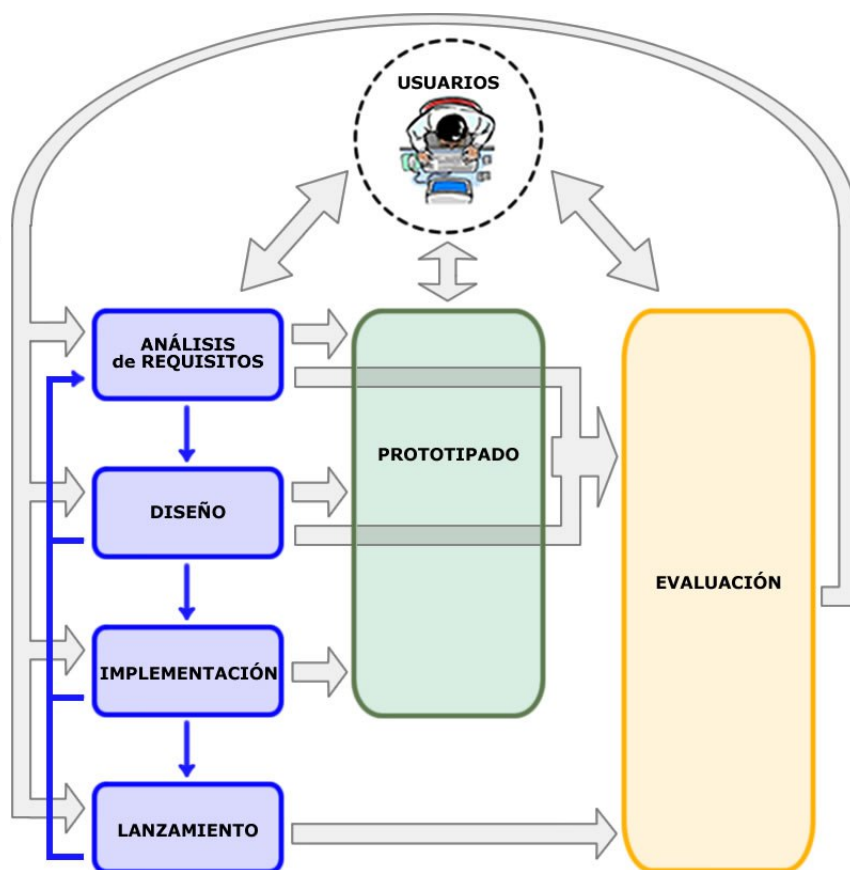


Figura 5: Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad (MPIu+a). (Granollers, 2016)

Este paradigma, propone un modelo iterativo como se puede ver en la [Figura 5](#), que establece procesos repetitivos, e invita a la participación activa del usuario en todas las etapas

del desarrollo del proyecto. Igualmente, este modelo es flexible, es decir, no es necesario realizar las fases de manera lineal o en cascada, sino que el proyecto particular, las reuniones de planeación son la que definirá la cantidad de iteraciones necesarias para cumplir con lo propuesto.

3.2.3 *Game Scrum & MPIu+a*

El siguiente gráfico, se muestra cómo se dividieron las fases del modelo MPIu+a dentro de las etapas de Game Scrum.

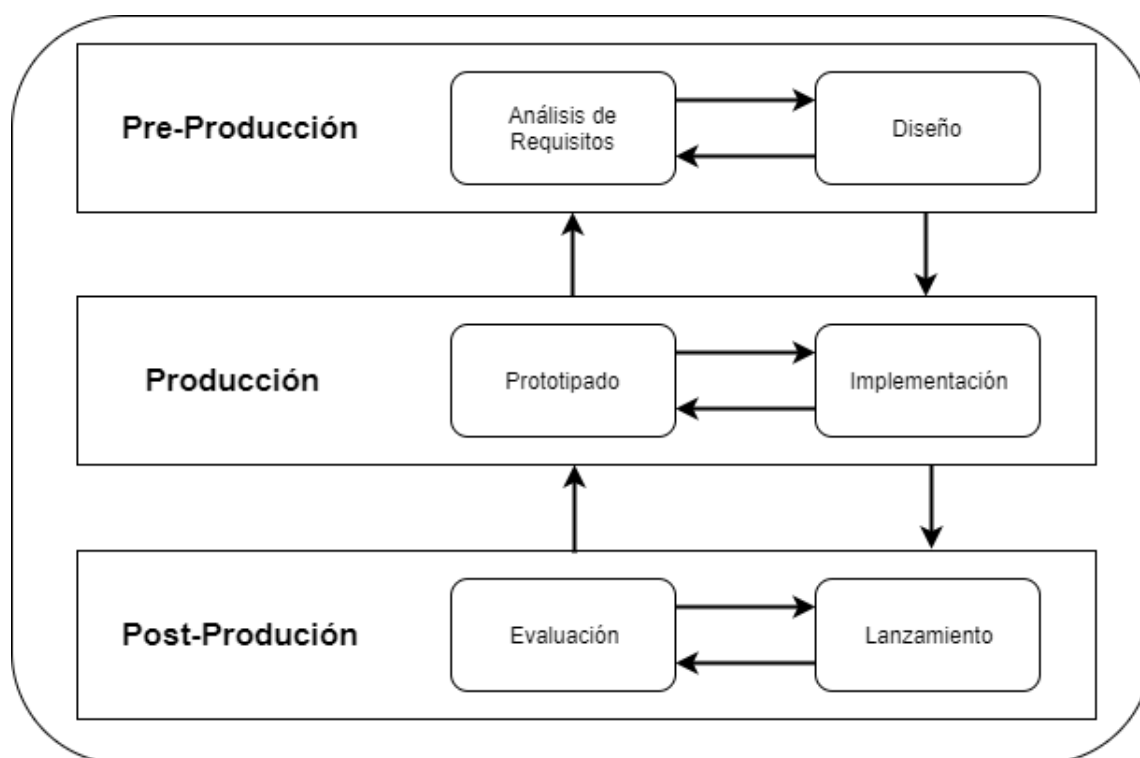


Figura 6: Game Scrum & MPIu+a

3.2.4 *Herramientas*

A continuación se relacionan las principales herramientas que se utilizaron para el desarrollo del trabajo de grado.

- **Taiga:** Es una herramienta de código abierto para gestión de proyectos ágiles, startups, bajo Scrum o Kanban, permitiendo administrar historias de usuario, sprints, tareas e issues.
- **Unity:** Es un motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma en 2D y 3D (web, PC, móviles, Smart TV, consolas y realidad virtual) desarrollado por Unity Technologies.

- **Unity Collaborate:** Permite almacenar, compartir y guardar los proyectos de Unity en la nube.
- **C Sharp:** Es un lenguaje de Programación Orientado a Objetos desarrollado por Microsoft, es uno de los lenguajes soportados en Unity para el desarrollo de scripts.

PRE-PRODUCCIÓN

Este capítulo de Pre-producción expone las fases de análisis de requisitos y diseño de la metodología MPIu+a propuesto por Granollers, 2016; en esta etapa, se realizó reconocimiento del ambiente de terapia física e igualmente una propuesta de minijuego para miembros inferiores en pacientes adultos en el Hospital Universitario del Valle Evaristo García, ESE; paralelamente, se realiza una selección de heurísticas de jugabilidad para desarrollar la guía de estilo y el plan de evaluación heurística.

4.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS

Esta fase corresponde al análisis del ambiente de terapia física dentro del Hospital Universitario del Valle, con el fin de hacer reconocimiento de cómo los terapeutas y los pacientes realizan las tareas, con el fin de capturar sus necesidades y la experiencia real durante la sesión terapéutica.

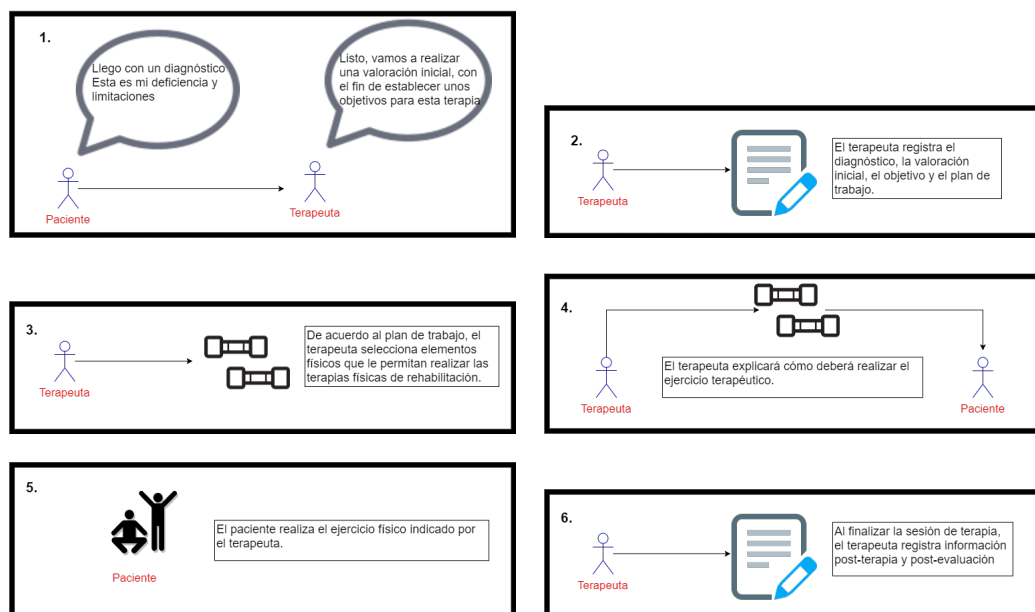


Figura 7: Storyboard

4.1.1 *Entrevista y Observación de Campo*

Con el fin de caracterizar la metodología de Diseño Centrado en el Usuario descrito en la [Subsección 2.1.2](#) para tener concordancia entre los requisitos fijados y la consecución de los mismos, se realizaron reuniones con el personal de la Unidad de Medicina Física del Hospital Universitario del Valle, realizando entrevistas y retroalimentación de propuesta de minijuego.

Inicialmente consistió en realizar entrevistas y observación de campo, para la primera parte, el equipo de Usabilidad y Jugabilidad en Playtherapy, conformado por la Ing. Yuri Bermúdez, MBA; el Ing. Edwin Gamboa y el estudiante Álvaro Loaiza en reunión interna definieron realizar una entrevista semi-estructurada, formulando las siguientes preguntas como guía:

1. ¿Cuál es el proceso que se sigue antes de iniciar una sesión de terapia?
2. ¿Qué tipo de terapias son las más frecuentes?
3. ¿Cómo es la disposición del paciente para realizar la terapia al inicio de la sesión? ¿en las primeras sesiones?, ¿En las últimas?
4. ¿Cuáles considera que son las principales dificultades y emociones a las que se enfrentan los pacientes cuando realizan las terapias?, ¿Son las mismas dificultades para jóvenes y para adultos?
5. ¿Qué cantidad de pacientes no culminan la cantidad de sesiones recomendadas para su terapia? ¿De 100 cuántos?
6. ¿Podría describir el proceso que se lleva a cabo durante una sesión de terapia?, ¿Quiénes intervienen?, ¿Cuánto tiempo dura?, ¿Se recoge alguna información durante la terapia?
7. ¿Cómo se realiza el seguimiento de los pacientes a lo largo de las terapias?

Esta entrevista fue realizada a dos terapeutas de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del HUV, los resultados de la entrevista (audio y resumen de respuestas) se puede encontrar en los anexo Pre-producción/Análisis de Requisitos/EntrevistaUno

Una segunda entrevista se realizó con las siguientes preguntas:

Caracterización de los pacientes:

- Niños (5-12 años)
- Jóvenes (12-18 años)
- Adultos Edad Temprana (18-35 años)

- Adultos Edad Media (35-60 años)
 - Adultos Mayores (>60 años)
1. Caracterización: Nivel educativo, estrato social, género (De acuerdo a sus experiencias e impresiones)
 2. Disposición para realizar terapias (**Por caracterización del paciente**)
 3. Existen terapias específicas para estos tipos de pacientes
 4. Preferencia de ejercicios: ¿Cuales les gustan?, ¿Por qué?, ¿Cuales no?, ¿Por qué?

Relación y conocimiento frente a TIC's

1. ¿Qué tan familiarizado está con las tecnologías? ¿Aplicaciones en la web? ¿Videojuegos? ¿Qué tipo de videojuegos?, ¿Sobre qué temáticas?, Dar ejemplos de aplicaciones.
2. ¿Qué esperaba que le permita realizar el videojuego a usted como terapeuta?
3. ¿Qué esperaba que le permita realizar el videojuego a los pacientes?
4. ¿Qué esperaba que le permita realizar la aplicación web? Sugerencia: Podría darle algunos ejemplos de funcionalidades para empezar

Terapia

1. ¿Cuáles son las tareas específicas que realizan los auxiliares en cada terapia? Si tienen o no autonomía para asignar ejercicios?
2. ¿Qué rol podría cumplir los auxiliares cuando se use el videojuego para apoyar las terapias físicas?
3. ¿Qué función considera que debería cumplir Playtherapy dentro de las terapias físicas?, ¿Cuándo y cómo sería conveniente usarlo? (Importante aclarar que Playtherapy no es un sustituto)

Preguntas adicionales

1. ¿Podría indicar en qué consisten los ejercicios de calentamiento? Ejemplos? Difieren de acuerdo al tipo de Terapia?
2. ¿Qué similitudes y diferencias hay en la terapia ocupacional frente a las terapias físicas? (Con el objetivo de determinar si Playtherapy podría apoyar terapias ocupacionales)

En esta oportunidad se tuvo oportunidad de entrevistar a tres terapeutas de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, se omitieron preguntas adicionales debido a dificultades con el tiempo. Los resultados de la entrevista dos (audio y resumen de respuestas) se puede encontrar en los anexos Pre-producción/Análisis de Requisitos/EntrevistaDos.

Una vez realizadas las entrevistas, se procede a realizar el análisis de información recolectada, generándose los siguientes documentos resumidos en la siguiente [Tabla 2](#):

Tabla 2: Resumen de documentos de análisis de requisitos

NÚMERO	DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN EN ANEXOS
1	Análisis Etnográfico	Documento que describe el contexto del lugar de trabajo y cómo el personal realiza las tareas y sus responsabilidades y expectativas	Pre-producción/Análisis de requisitos
2	Análisis de implicados (stakeholders)	Documento que identifica los usuarios, el impacto en el proyecto, sus expectativas e intereses	Pre-producción/Análisis de requisitos
3	Análisis contextual de tareas	Documento que describe cómo realizan las tareas en el ambiente de trabajo	Pre-producción/Análisis de requisitos
4	Storyboards	Historieta que muestra cómo es el proceso de interacción antes del proyecto y cómo se pretende una vez se implemente en la Unidad de Medicina Física del HUV	Pre-producción/Análisis de requisitos/Storyboards

4.2 DISEÑO

En esta etapa comprende la selección de movimientos, la creación de una historia, reglas y estructura para el minijuego, la selección de características de Usabilidad y Jugabilidad y finalmente el diseño de una guía de estilo que comprende los mecanismos que permitirán mejorar la experiencia de juego.

4.2.1 Selección de Movimientos

Se realiza identificación de los movimientos en miembros inferiores con asesoría de la estudiante de fisioterapia Andrea Carolina Coral y validación con la coordinadora de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle Mg. María Isabel Pavas, requiriendo los siguientes movimientos resumidos en [Tabla 3](#). Para mayor detalle, se puede remitir al documento ubicado en los anexos: Pre-producción/Análisis de Requisitos/-Selección de Movimientos.

Tabla 3: Selección de Movimientos Plano Frontal

DESCRIPCIÓN MOVIMIENTO	IMAGEN
■ Flexión de cadera con flexión de rodilla (plantiflexión neutro o dorsiflexion) ■ Extensión de cadera, extensión de rodilla, tobillo neutro	
■ Flexión de cadera, extensión de rodilla y dorsiflexión de tobillo ■ Extensión de cadera, extensión de rodilla y tobillo a neutro	

4.2.2 Idea de Mini-Juego

Con el fin de crear una historia, reglas y estructura para el videojuego, se cita a una reunión al equipo de Playtherapy para realizar y socializar una lluvia de ideas y concretar una representación de juego llegando a un concepto concreto que se detallará en la siguiente sección.

4.2.3 Game Design Document

Siguiendo la metodología de desarrollo de videojuegos Game Scrum (Godoy & Barbosa, 2010) y con el fin de concretar la idea de juego en un documento formal, se elabora en el Ga-

me Design Document (ver anexo: Preproducción/Game Design Document). A continuación, se resume la idea de mini-juego:

- **Nombre:** Fútbol Libre
- **Ambiente:** Parque
- **Personaje:** Adulto joven que desea practicar fútbol libre
- **Objetivo Principal:** Mantener pelota de fútbol en el aire
- **Miembros del cuerpo involucrados:** Cadera, Rodilla y Pie
- **Planos:** Frontal
- **Configuraciones:**
 - Ángulo Mínimo y Máximo (Flexiones)
 - Tiempo rebote de la pelota
 - Rápido: Resistencia
 - Lento: Potencia
- **Reglas:**
 - Mantener la pelota en el aire levantando la rodilla o el pie según lado que corresponda
 - La cantidad de rutinas correctas determinará la victoria del jugador

4.2.4 *Product Backlog*

Dentro de las reglas de trabajo de Playtherapy, se considera que todo mini-juego debe contener las siguientes historias de Usuario (**Nota:** Es importante resaltar que que la documentación del desarrollo del proyecto se realiza en inglés, por ende, cada HU se presentará en el idioma definido de desarrollo):

1. **Game Scenario:** Son los elementos del ambiente de juego, que puede ser un parque, una casa, una playa y demás objetos que acompañen el escenario.
2. **Movement Control:** Hace referencia a los movimientos que debe ejecutar el avatar de acuerdo a las entradas del sensor de movimiento (Kinect 2.0).
3. **Interaction Elements:** Son los elementos con los que interactuará el personaje del juego.
4. **Scoring System:** El sistema de puntos de acuerdo a las características y naturaleza del juego, debe existir dos módulos: Repeticiones y tiempo.
5. **Feedback System:** El juego debe contar con un sonido de ambiente, aciertos, desaciertos e igualmente indicaciones para que el jugador sepa que movimientos debe ejecutar.

6. **Parameters Screen:** Son los parámetros/reglas para que el terapeuta pueda configurar el modo de juego, elementos como tiempo, repeticiones, ángulos, partes del cuerpo a trabajar, etc.
7. **Game Persistence:** El juego debe contener una base de datos con el fin de que pueda almacenar información como ángulos, desempeño, etc.
8. **Game Tutorial:** En él debe estar contenidas las instrucciones para poder interactuar con el juego.
9. **Final Animation:** Una vez finalizado el juego, debe contener una animación creativa antes de desplegar la pantalla de parámetros.
10. **Results Screen:** Es la pantalla en la que se mostrará el nivel de desempeño del jugador.

4.2.5 Selección de Heurísticas

Con el fin de definir cuáles son las características de Usabilidad y Jugabilidad para el desarrollo del proyecto Playtherapy, inicialmente se realiza una revisión de los antecedentes relacionado a la evaluación heurística y los principios desarrollados por expertos en el tema.

Del estado del arte, se seleccionaron las siguientes lecturas:

- **Heuristic And Usability Guidelines For The Creation And Evaluation Of Fun In Video Games (Federoff, 2002):** Propone una lista estándar de heurísticas para desarrolladores de videojuegos, comparándolos con los principios heurísticos de Nielsen, 2005 y finalmente define una batería de heurísticas a partir de un estudio exploratorio con un equipo que estaba en la fase inicial (pre-producción) de un videojuego.

Las batería de Heurísticas propuestas por Federoff se pueden ver en los anexos: Pre-producción/Análisis de Requisitos/Batería de heurísticas.

- **Game Usability Heuristics (PLAY) For Evaluating And Designing Better Games: The Next Iteration (Desurvire & Wiberg, 2009):** Este trabajo toma como base *Heuristic Evaluation for Playability (HEP)* (Desurvire, Caplan & Toth, 2004), pero debido a que es limitado, desean ampliar y generar conjuntos heurísticos y que sea útil en todo el proceso de desarrollo de videojuegos. Estos principios fueron desarrollados a través de voluntarios que colaboraron en el proyecto durante una conferencia anual de videojuegos, llenando un cuestionario acerca del juego seleccionado a partir de una lista. Los resultados de la encuesta, permitieron a los investigadores seleccionar una lista de heurísticas que denominaron PLAY.

Las batería de Heurísticas propuestas (Heuristics of Playability - PLAY) se pueden ver en los anexos: Pre-producción/Análisis de Requisitos/Batería de heurísticas.

- **Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos (J. L. G. Sánchez, 2010a):** Este documento define la jugabilidad como un elemento inherente a

un sistema interactivo que son los videojuegos, por tanto, se define como un conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante la interacción con el juego, ya que los mismos, tienen como objetivo de divertir y entretener “de forma satisfactoria y creíble” a nivel personal o social. Esta tesis doctoral plantea una herramienta para el análisis y evaluación de jugabilidad guiado por heurísticas.

El autor genera una batería de heurísticas y se puede encontrar en el anexo: Pre-producción/Análisis de Requisitos/Batería de heurísticas.

Con base a las anteriores lecturas, se revisó cada una de las baterías de heurísticas por los miembros del equipo de Usabilidad/Jugabilidad, hallando que las heurísticas recopiladas por J. L. G. Sánchez, 2010a son tomadas en base a las de Federoff, 2002 y de Desurvire y Wiberg, 2009; por lo que se decide dejar únicamente, las que se encuentran en la tesis doctoral. Posteriormente, se hizo revisión de cada principio tomando como base la características del proyecto Playtherapy, si aplican o no. Junto con el equipo de Usabilidad/Jugabilidad se realizó una reunión con el fin de concretar cuáles harían parte de las guías de estilo y test heurístico. Las heurísticas que finalmente quedaron seleccionadas se puede ver en la hoja de cálculo “Selección de Heurísticas” que se puede hallar en el anexos: Pre-producción/Análisis de Requisitos/Batería de heurísticas.

4.2.6 Guía de Estilo

Con el fin de que se pueda aplicar mecanismos que apoye el proceso de interacción entre el usuario y el videojuego y mejorar la experiencia del jugador, se diseñó una guía de estilo que toma los siguientes tópicos:

1. **Estructura del juego:** El equipo de Playtherapy definió unos requerimientos mínimos que deben contener la estructura de juego
2. **Pantalla de configuración/Parámetros:** En ella se plasma los principios de agrupación o distribución de elementos Gestalt en la pantalla de parámetros, se define que significa cada distribución con un prototipo de cómo usarlos y advertencias de configuración inadecuada de los elementos. Se explica en detalle los que más se adecúan al proyecto:
 - *Proximidad:* Hace referencia al uso de patrones horizontales y/o verticales, manteniéndose de manera ortogonal y escalable (mayor-menor).
 - *Similitud:* Ante la variedad de objetos, permite agruparlos bajo el principio de semejanza o que son parecidos dentro de sus propiedades, que permite percibirlos como un todo conceptual.
 - *Región Común:* Permite que los elementos sean vistos como un grupo o un conjunto a través de rasgos o eventos comunes.
 - *Conexión entre los elementos:* Permite minimizar la diferencia entre los elementos, que permite percibir que el elemento anterior o el siguiente están correlacionados.

3. **Juego:** Dentro del juego, se dan recomendaciones generales frente al correcto uso de colores dentro de la interfaz, información visual, sonido, percepción, que debe tener como mínimo el tutorial y qué es Low Poly y sus razones de uso en el proyecto.
4. **Jugabilidad:** En este ítem se relacionan los principios heurísticos que se adecúan para una buena experiencia del juego y de usuario.

Este documento se puede encontrar en el anexos: Pre-Producción/Análisis de requisitos.

4.2.7 Evaluación Heurística

Para este proyecto, con esta evaluación se busca verificar la calidad de un sistema interactivo con una serie de principios llamados “heurísticas” previamente establecidos. Se llevó a cabo por un evaluador experto en el tema (para este caso en jugabilidad) que actúa en representación del usuario final al interactuar con el sistema que se está evaluando. Esta evaluación tiene como objetivo medir la calidad del sistema interactivo (videojuego) en relación al funcionamiento del juego, su diseño y la caracterización de la experiencia del jugador durante la interacción (M. P. González, Pascual & Lorés, 2001).

La evaluación heurística tiene como ventaja ser de bajo costo para su aplicación, pero a la vez tiene como principal desventaja la opinión subjetiva a la está sometida la valoración del experto y no de los propios usuarios del sistema. Siguiendo lo afirmado o definido por J. L. G. Sánchez, 2010d, el equipo de Usability/Playability de Playtherapy dividió la evaluación heurística y a la vez integró cada heurística relacionando o aplicando tres estrategias de evaluación de los sistemas interactivos definidos dentro de la Interacción Persona Ordenador: Inspección, Indagación y Observación de Campo (Abascal, Cafias, Gea, Gil & Lores, 2006).

1. **Inspección:** Consiste en que el evaluador inspecciona o examina unos aspectos relacionados con el tema de jugabilidad, dentro de los métodos de inspección se encuentra la evaluación heurística, que se encarga de analizar la conformidad del sistema interactivo con los principios reconocidos por expertos en el tema.
2. **Indagación:** Consiste en obtener la información a través del diálogo con los usuarios mediante preguntas verbales o escritas, para este fin, se preparará previamente una entrevistas semi-estructurada.
3. **Observación de Campo:** Consiste en ejecutar el sistema interactivo en el ambiente real en la cual los usuarios finales interactuarán, los evaluadores observarán sus interacciones, reacciones e identificar incidentes críticos, para preguntarles a los usuarios qué ocurrió y complementar la información.

4.2.7.1 Planificación de Evaluación Heurística

Con las heurísticas seleccionadas en [Subsección 4.2.5](#), se realizó una pre-selección de cada principio heurístico con la respectiva justificación del porque se debe evaluar bajo uno de los

tres métodos seleccionados previamente, una vez terminado, llevó a cabo una reunión con el equipo de Usabilidad/Jugabilidad para concretar la selección de heurísticas en cada uno de los métodos. La batería de heurísticas agrupadas por cada método de evaluación se puede ver en el anexo: Pre-producción/Análisis de requisitos/Evaluación Heurística.

Con las heurísticas agrupadas por las distintas estrategias de evaluación, se procede a elaborar la plantilla de Evaluación Heurística, en dos formatos: primero en Hoja de Cálculo de Google y una versión para descargar y usar en Microsoft Excel que se encuentran en el anexo: Pre-producción/Análisis de requisitos/Evaluación Heurística.

4.2.7.2 Puesta En Marcha De La Evaluación Heurística

Se elabora el documento “Guía de Evaluación Heurística Playtherapy” con el fin de orientar al evaluador encargado el paso a paso de la puesta en marcha de la evaluación heurística, que se encuentra en los anexos: Pre-producción/Análisis de requisitos/Evaluación Heurística. A continuación se relacionan los aspectos más importantes:

El perfil de los evaluadores pueden ser:

- Especialistas de Jugabilidad
- Consultores de desarrollo de videojuegos con experiencia en Jugabilidad
- Personas del equipo de trabajo con conocimiento del tema de Jugabilidad

1. **Evaluación por Inspección:** Para la ejecución de esta evaluación, el evaluador analiza, contrasta y valida el conjunto de principios heurísticos definido mediante la observación e interacción del juego. A cada principio, el evaluador agrega un valor entero entre 1 y 5; 1 como **poco o nada** y 5 como **Mucho o bastante**. Ejemplo:

1	Se puede jugar al juego sin hacer uso del manual o libreto	5
2	El juego dispone de distintos niveles de dificultad y/o un sistema de dificultad que se adapta a las habilidades del jugador	4
3	El juego no penaliza con repetir la misma acción hasta superar un reto	3

Figura 8: Ejemplo Evaluación Heurística

2. **Evaluación por Indagación:** Para la ejecución de esta evaluación, el evaluador realizará una entrevista en la que indaga aspectos claves en la jugabilidad mediante una entrevista semi-estructurada a los usuarios potenciales del sistema (Pacientes y Terapeutas).

La ejecución de esta evaluación cuenta con los siguientes pasos:

- a) **Pre-test:** En ella, se le hará un perfil demográfico
- b) **Test:** Interacción del jugador con el juego en ejecución
- c) **Post-test:** Realización de entrevista semi-estructurada

El documento para la realización del test se encuentra en el anexo: Pre-producción/Evaluación Heurística

Una vez realizado el test, el evaluador se remite a la plantilla de evaluación heurística, agregando los valores enteros de 1 a 5 como en el ítem anterior, en los principios heurísticos que corresponda.

3. **Evaluación por Observación:** Para la ejecución de esta evaluación, el evaluador realizará una observación de campo del comportamiento de los usuarios del videojuego, tomando en cuenta las reacciones, pausas y su modo de interacción con el sistema interactivo.

Aspectos a tener en cuenta durante la observación:

- a) Entendimiento del terapeuta en la configuración del juego
- b) El tiempo de uso del juego, completo o desiste en seguir jugando antes de acabarse
- c) El paciente entiende las acciones del juego (precisión)
- d) Intentos exitosos y fallidos (Las veces que el usuario debe realizar una acción frente al juego)
- e) El tiempo que el paciente demora por reto (tiempo suficiente para realizar la acción)
- f) Uso de los retos/objetivos secundarios
- g) Uso del juego posterior al tutorial (memorización del juego y sus reglas)
- h) Uso repetido de tutorial
- i) Tiempo entre retos (Sea suficiente para un nuevo reto)
- j) Comportamiento del usuario (agrado, concentración, frustración, interés, etc.)

Una vez realizada la observación, el evaluador se remite a la plantilla de evaluación heurística, agregando los valores enteros de 1 a 5 como en el ítem anterior, en los principios heurísticos que corresponda.

Los principios heurísticos para test por observación solo aplican para una única faceta de jugabilidad: personal

4.2.7.3 Resultados

El evaluador debe brindar informe de sus resultados, dando a conocer:

- Los principios heurísticos con valores críticos (1,2) y las razones por la que tuvo esos valores
- Los principios heurísticos con valor aceptable (3,4) y las razones por la que tuvo esos valores
- Recomendaciones generales, comentarios y sugerencias

Igualmente, la plantilla mostrará una valoración promedio por Atributos, Facetas de Jugabilidad y general.

El valor promedio se interpretará de la siguiente manera:

- Valor crítico: entre 1.0 a 2.9
- Valor Medio: entre 3.0 a 3.9
- Valor Aceptable: 4.0 a 4.4
- Valor Excelente: 4.5 a 5.0

Igualmente, por facetas, por atributos y combinado, brindando tres tipos de gráficos que se pueden ver en la [Figura 9](#):

- a. Gráfico de radar
- b. Gráfico de columnas
- c. Gráfico de torta

El gráfico de radar permite visualizar de manera compartida cómo es la relación frente a los atributos y las facetas, entre los valores 1 a 5 mostrando la relación entre la situación actual frente a la deseada (Encima de 4). Con el gráfico de barras se podrá observar de manera cuantitativa los aspectos más valorados y los que se podrían mejorar y finalmente, el gráfico de pastel permite conocer cómo es la relación porcentual y su proporción entre los distintos elementos que fueron evaluados.

4.3 DIFICULTADES, RETOS Y APRENDIZAJES

En esta primer etapa, a nivel personal se tuvieron las siguientes dificultades, retos y aprendizajes:

- Se aprendió a relacionar el modelo mental de los involucrados con el modelo conceptual existente en la bibliografía y reconocer su importancia en la disciplina de Interacción Persona-Ordenador.
- Se aprendió a desarrollar entrevistas con los involucrados, cómo se debe dialogar con ellos con el fin de obtener información relevante para el proyecto.
- Con las entrevistas, se fortalece el conocimiento para lograr el perfil de analista funcional o de requerimientos, mejorando la comunicación con el fin de que los involucrados entiendan la pregunta, cómo lograr que ellos den información indispensable y sean conscientes que son parte del proceso. Igualmente, lograr comunicarse con profesionales de otras áreas para llegar a un acuerdo con el producto a desarrollar.

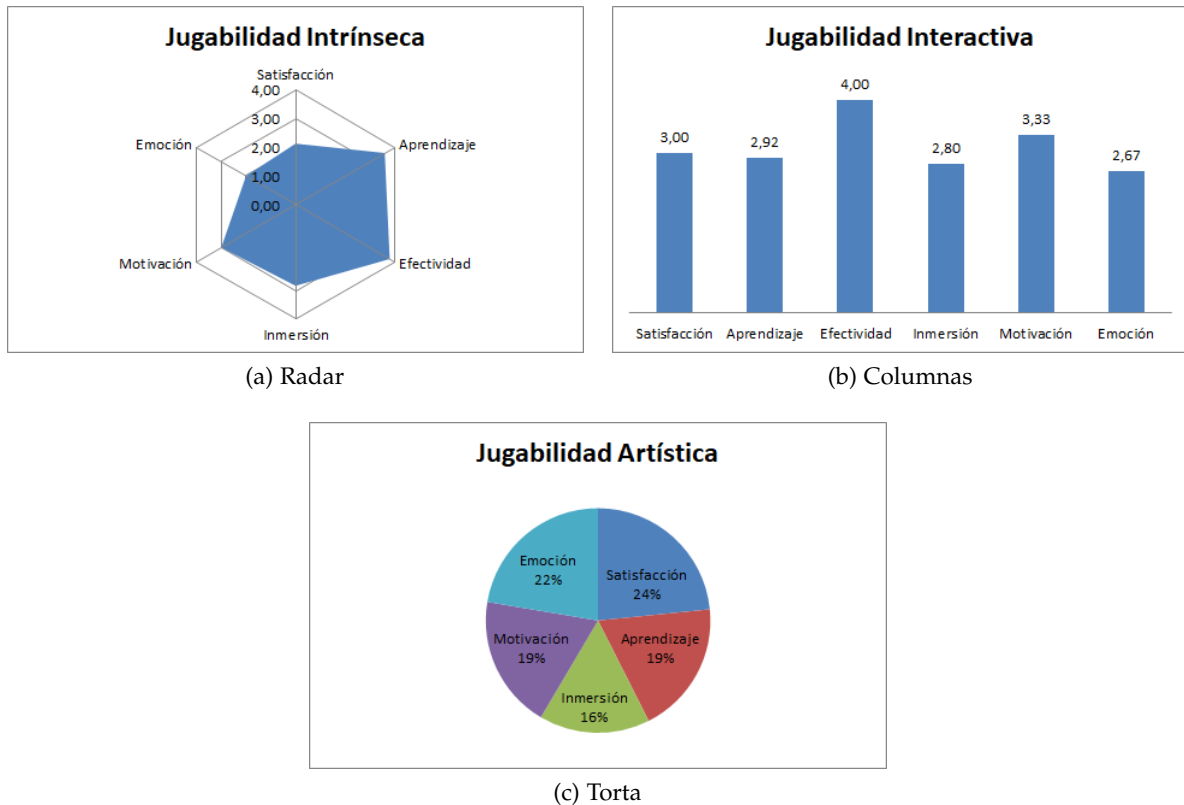


Figura 9: Tipos de Gráficos

- Hubo dificultades con la disponibilidad de los terapeutas como de la coordinadora e igualmente al momento de realizar las entrevistas, ya que, las entrevistas fueron realizadas en el ambiente laboral. Por tanto, es mejor buscar un lugar como una sala de juntas, que sea independiente del lugar de trabajo.
- Se aprende a realizar documentación de diseño del juego, concretamente Game Design Document.
- Se aprende a cómo se deben crear buenas historias de usuario para posteriormente ser aplicada y administrada en una herramienta: Taiga.
- Se conoce el estado del arte de jugabilidad y sus dos principales enfoques: primero, como una forma de caracterizar la experiencia del jugador (PX) y segundo, como una medida de calidad del videojuego como software.
- El ambiente del proyecto de investigación permite de alguna manera enfrentarse a lo que sería un ambiente al laboral, el reto de trabajar en equipo. A través de ello, se logra identificar dificultades de manejo de tiempo y comunicación grupal.

PRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las fases de prototipado e implementación en MPIu+a, en la cual se codifica y se da cumplimiento a las Historias de Usuarios definidas en el Product Backlog propuesto durante la etapa anterior, se realizara por cada HU y sus evidencias del cumplimiento de las tareas. El desarrollo fue a través de Unity versión 2017.1 y la administración de tareas de Scrum con Taiga.

5.1 PROTOTIPADO E IMPLEMENTACIÓN

5.1.1 *Game Scenario*

Para el cumplimiento de la presente Historia de Usuario, se realizaron dos propuestas: primero, el escenario fuera en un estadio de fútbol y segundo, un parque.



(a) Soccer Stadium



(b) Park

Figura 10: Propuestas de Escenarios

Durante la realización de la presente historia de usuario, el equipo de Playtherapy concretó el uso el concepto gráfico de Low-Poly, con el fin de optimizar el rendimiento del hardware y el desarrollo del juego, por lo que se opta por utilizar la segunda propuesta, ya que cumple con los requerimientos técnicos.

El escenario se obtuvo a través del Asset Store de Unity.

5.1.2 *Interaction Elements*5.1.2.1 *Personaje*

Una vez organizado el escenario y la escena, se procede a realizar una búsqueda de Assets de tipo personajes, optando por dos propuestas para ser validadas con Andrea Coral (asesora en terapia física) y María Isabel Pavas (Coordinadora de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación) y con asesoría del equipo de Playtherapy que fueron:

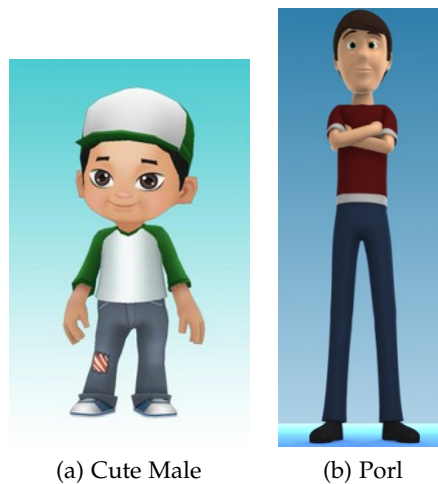


Figura 11: Propuestas de Personaje

Se decide dejar el personaje Porl, ya que cuenta con un piernas más largas, dando más visibilidad a los movimientos seleccionados a diferencia de Cute Male.

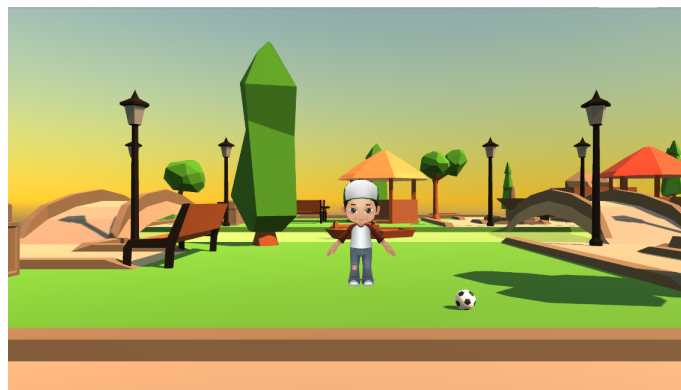


Figura 12: Prototipo Cute Male

Para la implementación, siguiendo la recomendación de la guía de estilo desarrollada en [Subsección 4.2.6](#), se cambia los colores predefinidos inicialmente creando contraste medio y con poco nivel de brillo. La implementación de Porl se puede ver en [Figura 13](#)

5.1.2.2 *Balón*

Con el fin de ser acorde a los modelos mentales de los usuarios, se opta por buscar e implementar un balón de fútbol genérico, no usar modelos modificados en eventos especiales como Copa Mundial de la FIFA o la Champions League.



Figura 13: Implementación de Porl en Escenario

5.1.3 *Movement Control*

La implementación de esta historia de usuario se requiere:

1. Hacer uso del hardware Kinect 2
2. Implementar el esqueleto para el personaje
3. Hacer uso de la librería de detección de movimientos implementada por dos desarrolladores de Playtherapy
4. Hacer lectura de los ángulos acorde a los movimientos seleccionados en la [Subsección 4.2.1](#)

Para el caso del esqueleto, ya se encontraba implementado por el equipo de desarrollo, por lo que se hace reutilización de los Game Objects y Assets disponibles y se prueba que funcionen correctamente. De la librería de detección de movimientos, se realiza reconocimiento del código fuente y se utilizan de los siguientes métodos para realizar la lectura de los ángulos:

- *kneeRigthMovement* y *kneeLeftMovement* para detectar el ángulo de flexión de rodilla.
- *hipRigthFlexMovement* e *hipLeftFlexMovement* para detectar el ángulo de flexión de cadera.

5.1.4 *Scoring Systems*

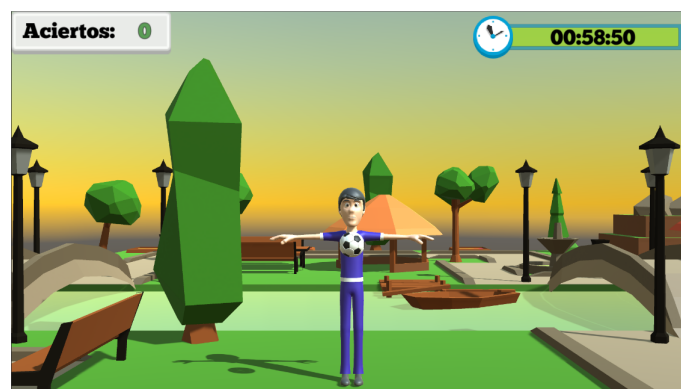
Para el sistema de puntos, se dividen por dos sistemas:

1. **Repeticiones:** Se basa en la cantidad de levantamientos correctos de pelota, el número de repeticiones será configurado previamente por el terapeuta, el nivel de desempeño será la razón entre los levantamientos correctos sobre el número de repeticiones predefinidas.
2. **Tiempo:** Se basa en un tiempo por minutos configurado previamente por el terapeuta, el punto será por el número de levantamientos que pueda realizar durante el tiempo configurado. El número de repeticiones esperado será la razón entre el tiempo total sobre el tiempo de rebote y el nivel de desempeño será la razón entre los levantamientos correctos sobre los levantamientos esperados.

Para cada sistema de puntos se implementa un par de interfaces para diferenciar entre repeticiones y puntos en la esquina superior derecha y ambas tienen el número de aciertos en la esquina superior izquierda (ver [Figura 14](#)):



(a) Repeticiones



(b) Tiempo

Figura 14: Panel de Puntos

Estos paneles siguen la guía de estilo de la [Subsección 4.2.6](#) usando contrastes altos y usando cajas (ítem 3.2).

5.1.5 Feedback System

5.1.5.1 Sonido

Se realiza búsqueda de recursos gratuitos y libres por internet, a través de la página web **Free Sound** seleccionando tres tipos de sonido:

- Ambiental: **Game Show Theme Tune**
- Golpe Pelota: **soccer football ball sounds**
- Pelota al suelo: **Game Sound Wrong**

5.1.5.2 Turnos

Para la gestión de turnos, se configuró que las rutinas programadas (rodilla, pie, izquierda, derecha) sean aleatorias, mientras que para una única rutina (rodilla izquierda o derecha o pie izquierdo o derecho), no es necesario gestionar los turnos. Para indicar la rutina a realizar, se hará una iluminación en la parte correspondiente como se puede ver a continuación:

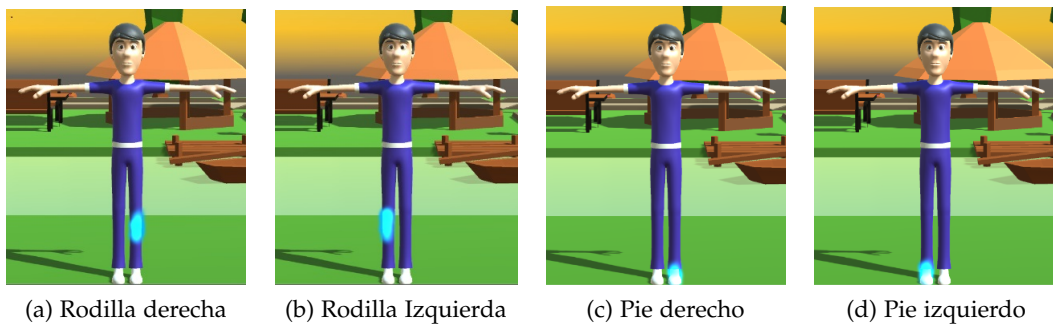


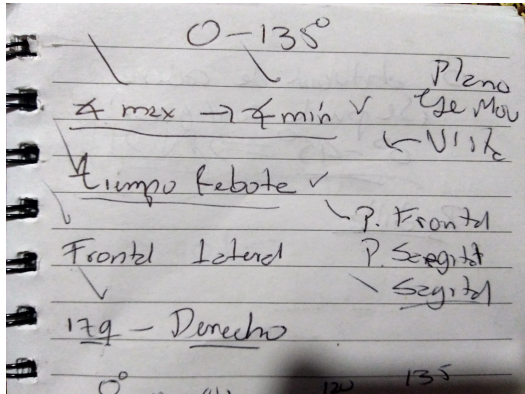
Figura 15: Turnos

5.1.6 Parameters Screen

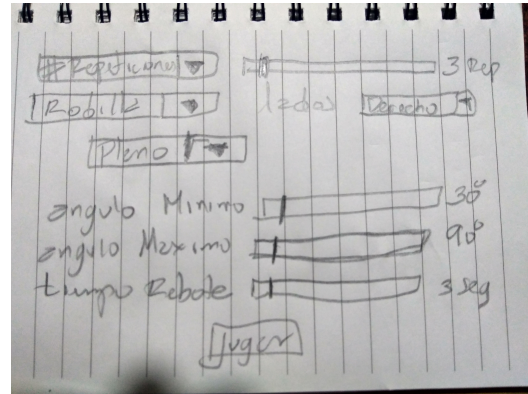
Para la elaboración de la pantalla de parámetros se contó con la asesoría de la estudiante de Fisioterapia *Andrea Cora* y la Coordinadora de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación *Mg. María Isabel Pavas* indagando cuáles son los parámetros que se deben configurar de acuerdo a la estructura del juego y se elabora un prototipo de papel que se puede ver en la [Figura 16](#).

- Modo de juego por tiempo o repeticiones
- Rodilla, pie o mixto
- Lado derecho, lado izquierdo o ambos

- Plano Frontal
- Ángulo Mínimo (desde 30°)
- Ángulo Máximo (hasta 135°)
- Tiempo de rebote



(a) Parámetros



(b) Prototipo

Figura 16: Prototipo de pantalla de parámetros

Con el visto bueno de las terapeutas, siguiendo el estilo sugerido por el equipo de Playtherapy (fuentes, colores, etc) y siguiendo las recomendaciones de la [Subsección 4.2.6](#) ítem 2.1 (Distribución de elementos), se implementa la pantalla de parámetros que se puede ver en la [Figura 17](#).



Figura 17: Pantalla de Parámetros

5.1.7 *Game Persistence*

Para la persistencia, se hace el uso de tres métodos de la clase *TherapySessionObject* desarrollada por el equipo de Playtherapy, que permiten almacenar los datos necesarios del juego que son:

- **fillLastSession:** Almacenando las repeticiones totales, la cantidad de aciertos y el tiempo de juego.
- **saveLastGameSession:** Almacenando los datos del paciente y la sesión terapéutica.
- **savePerformance:** Almacenando los ángulos y movimientos realizados.

5.1.8 *Game Tutorial*

Para el desarrollo de la HU se tiene en cuenta dos tópicos: objetivo del juego y cómo se debe cumplir (movimientos a ejecutar). En la [Figura 18](#) se detalla las instrucciones y el tutorial implementado.



Figura 18: Tutorial

5.1.9 *Final Animation*

Para la animación final, se implementó un script que permitiera duplicar el número de balones y los posicionarlos aleatoriamente en toda la vista de juego, una vez desplegados en la pantalla, se encuentran en caída libre y rebotan.

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE USABILIDAD Y JUGABILIDAD

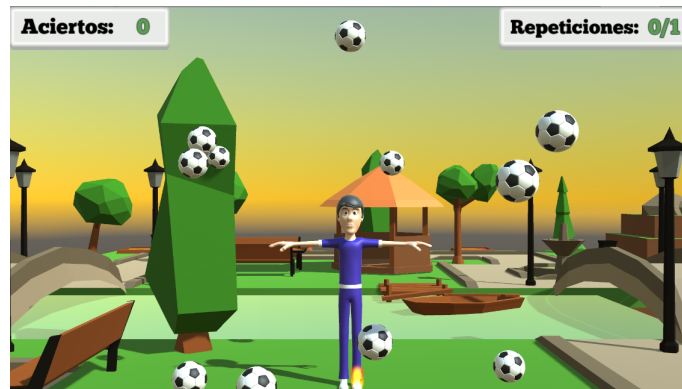


Figura 19: Animación Final

5.1.10 Results Screen

La pantalla de parámetros sigue el estándar del equipo de Playtherapy, por tanto, se reutilizan los Game Objects disponibles para el fin, el nivel de desempeño será reflejado de acuerdo con lo establecido en la sección [Subsección 5.1.4](#)



Figura 20: Pantalla de Resultados

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE USABILIDAD Y JUGABILIDAD

La guía de estilo mencionada en [Subsección 4.2.6](#) en el ítem 4, se encuentran las heurísticas que se seleccionaron durante la fase de diseño en [Subsección 4.2.5](#). En la [Tabla 4](#) se presenta un resumen de las recomendaciones para la implementar la Usabilidad y Jugabilidad en el juego.

Tabla 4: Implementación de Usabilidad y Jugabilidad

HEURÍSTICA	RECOMENDACIONES
Permitir al jugador desempeñarse en el juego sin necesidad de manual o libreto; por tanto, debe ofrecer un tutorial claro, entendible y fácil de aprender	El tutorial debe explicar las reglas y objetivo del juego, además los movimientos que se debe aplicar tanto textual como visual
El nivel de dificultad se adapta de acuerdo a las necesidades de la terapia física y de las habilidades del jugador (no confundir con capacidad)	El juego debe contar con una pantalla de parámetros configurable por el terapeuta, que decidirá el modo de juego
El juego no debe penalizar al jugador con repetir una misma acción hasta superar el reto	La mecánica del juego debe permitir que el jugador siga jugando independiente del ítem correcto, tampoco penalizarlo restando puntos
El juego no debe presionar al jugador sin frustrar con experiencias negativas	Por el contexto de terapia física, los ítem incorrectos no deberían estar restando puntos, mantienen neutral
Los gráficos y texturas se deben mostrar de manera correcta	Las imágenes, texturas u otros gráficos no deben mostrarse pixelados
La interfaz del juego debe ser lo menos intrusiva posible	La pantalla de parámetros deben seguir los principios de agrupación presentes en la guía de estilo
Las reglas del juego son adecuadas a la naturaleza del juego y al contexto de terapia física	El juego debe cumplir con los movimientos seleccionados en asesoría con los fisioterapeutas del HUV y estar relacionados con el ambiente del juego

5.3 DIFICULTADES, RETOS Y APRENDIZAJES

Como dificultad se tuvo con la implementación del plano sagital debido a que el Kinect trabaja en modo de seguimiento como se puede evidenciar en los otros juegos implementados dentro del proyecto *Playtherapy* y no en modo de “Mirroring/Espejo” requiriendo que el personaje se encuentre de frente y no del mismo plano en el que se encuentra el usuario, se pidió ayuda tanto al equipo de *Playtherapy* como en foros de desarrolladores de Unity sin resultados satisfactorios.

El principal reto en esta etapa fue en esencia aprender a programar videojuegos a través de Unity; de igual manera, se puede destacar que durante la etapa de desarrollo es indispensable desarrollar prototipos y realizar validaciones con los usuarios finales, con el fin de disminuir la necesidad de hacer cambios en fases posteriores, caso como ocurrió con el personaje que se planteó inicialmente, a pesar de ser llamativo, era “pequeño” para los movimientos seleccionados a diferencia del que quedó implementado.

POST-PRODUCCIÓN

6.1 EVALUACIÓN

6.1.1 Pruebas Funcionales

Para las pruebas funcionales, el equipo de *Playtherapy* se encargó probar y ejecutarlas. A continuación se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 5: Casos de prueba

CASO DE PRUEBA	RESULTADO
Create game scenario	Aprobado
Movement control	Aprobado
Interaction elements	Aprobado
Scoring system	Aprobado
Implement Feedback system	Aprobado
Implement parameters screen	Aprobado
Save game state in BD	Aprobado
Create game tutorial	Aprobado
Final animation	Aprobado
Results screen	Aprobado

La plantilla de las pruebas funcionales se puede encontrar en los siguiente anexo: Postproducción/Pruebas funcionales.



Figura 21: Pruebas de jugabilidad

6.1.2 Pruebas de Jugabilidad

6.1.2.1 Pre-test

Siguiendo las pautas del plan de evaluación heurística descrita en la [Subsubsección 4.2.7.2](#), se procede realizar un pre-test a los pacientes que participaron de la prueba del minijuego. Los datos recolectados se pueden observar en la [Tabla 6](#).

Tabla 6: Perfil demográfico de los pacientes

INFORMACIÓN	PACIENTE 1	PACIENTE 2	PACIENTE 3
Edad	26	40	49
Género	Masculino	Femenino	Masculino
¿Hace cuánto juega videojuegos?	6-10 años	No juega	No juega
¿En qué plataforma de juegos ha jugado?	Playstation, Xbox, Tetris y máquinas	N/A	N/A
¿Frecuencia de uso de videojuegos?	Semanal	N/A	N/A
¿Alguna vez le han realizado terapias de rehabilitación física?	Sí/Rodilla y Pie	Si/Rodilla y cadera	Si/Rodilla

6.1.2.2 Test

Para la ejecución del test, se realizan los siguientes parámetros de configuración por paciente validado por el fisioterapeuta Luis Hurtado con el fin de probar el minijuego, se pueden ver en la [Tabla 7](#).

Tabla 7: Parámetros por paciente

PARÁMETRO	PACIENTE 1	PACIENTE 2	PACIENTE 3
Movimientos	Pie	Rodilla y pie	Rodilla
Lados	Derecha	Izquierda y derecha	Izquierda y derecha
Tiempo o Repeticiones	2 min	25 rep	25 rep
Ángulo Mínimo	30	40	30
Ángulo Máximo	70	90	60
Tiempo de Rebote	8 seg	5 seg	6 seg

6.1.2.3 *Post-test*

A continuación se relacionan los principales resultados arrojados por cada una de las tres estrategias descritas en la [Subsubsección 4.2.7.2](#)

1. **Evaluación por Observación**

De acuerdo con los diez aspectos dados en la **Guía de Evaluación Heurística Playtherapy** en el ítem III para tener en cuenta durante la evaluación por observación en la interacción paciente-juego, se concluyen los siguientes resultados resumidos en la [Tabla 8](#).

2. **Evaluación por Indagación**

Una vez finalizada la interacción entre el paciente y el minijuego, se procede a realizar una entrevista semi-dirigida con las preguntas que se encuentran **Guía de Evaluación Heurística Playtherapy** ítem II, descrita en la [Subsubsección 4.2.7.2](#). En la [Tabla 9](#) y [Tabla 10](#) se resume el resultado de la entrevista a pacientes y terapeuta. Los audios de la entrevista completa se encuentra en el anexo: Postproducción/Entrevista post-test.

3. **Evaluación por Inspección**

Valoración General del juego: **4.64** (Ver [Figura 22](#)).

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivación	Emoción	Promedio
Jugabilidad Intrínseca	5,00	4,80	3,00	4,83	4,33	5,00	4,49
Jugabilidad Mecánica	5,00	4,33	5,00	5,00	5,00	5,00	4,89
Jugabilidad Interactiva	5,00	4,67	5,00	4,80	4,67	4,83	4,83
Jugabilidad Artística	5,00	5,00	NA	5,00	5,00	5,00	5,00
Jugabilidad Personal	4,50	4,00	3,25	4,11	3,50	4,67	4,00
Media	4,90	4,56	4,06	4,75	4,50	4,90	4,64

Figura 22: Valoración Jugabilidad Fútbol Libre

La inspección heurística fue realizada por el compañero del proyecto *Playtherapy* Camilo Ruiz e igualmente, se relacionan los anteriores tests en la plantilla de Evaluación Heurística descrita en [Subsubsección 4.2.7.1](#) con los siguientes resultados agrupados por atributos y facetas de jugabilidad que se pueden ver en la figura [Figura 23](#).

De acuerdo con los resultados y la guía de evaluación heurística, la caracterización en base a la jugabilidad de **Fútbol Libre** se encuentra dentro del rango de una excelente experiencia de juego por parte del jugador (entre 4.5 a 5). De igual modo, deja unas recomendaciones generales con el fin de seguir mejorando algunas facetas y atributos:

- **Jugabilidad intrínseca y personal/Atributo efectividad:** Se recomienda agregar retos secundarios/alternativos para que la mecánica del juego no solo sea únicamente mantener golpear el balón y mantenerlo en el aire.

Tabla 8: Test por Observación

USUARIO	RESUMEN DE LA OBSERVACIÓN	PLAN DE MEJORA
Paciente 1	Entendió las reglas del juego, presentó dificultades con el tema del equilibrio debido a sus limitaciones, igualmente, problemas en golpear el balón, ya que era rápido el rebote, prueba superada al insertar más segundos en el tiempo de rebote	Sincronizar mejor el balón, ya que algunos golpes elevan mucho la pelota hacia arriba, se notó que gozaba el juego
Paciente 2	Entendió las reglas del juego una vez observó el tutorial, presentó dificultades con el resaltado en los pies o rodillas, por lo que en ocasiones no lograba golpear la pelota; se notó interés con el juego	Sincronizar la pelota y aumentar el contraste y brillo del resaltado en las rodillas y pies, lo bueno,
Paciente 3	Comprende las reglas del juego, tuvo algunos golpes fallidos debido a la poca visibilidad en el resaltado en las rodillas y pies; en general, concentrado y le llamó la atención el videojuego	Mejorar el contraste y brillo del resaltado en las rodillas y pies
Terapeuta	El terapeuta logra captar los parámetros y distintos valores que son configurables en el juego, comprende la velocidad de reacción del paciente y con el mismo criterio aplicar si mermar o aumentar el tiempo de rebote, muestra disgusto con la sincronización de la pelota durante el juego	Sicronizar la pelota

- **Jugabilidad intrínseca y personal/Atributo motivación:** A pesar de haber un buen puntaje (4,33), se observó que existe un único reto de mantener el balón en el aire y no retos alternativos, puede hacer que se vuelva rutinario lo que puede afectar el factor sorpresa en el juego.
- **Jugabilidad mecánica y personal /Atributo aprendizaje:** Debido a que la coordinación entre el golpe al balón y el movimiento ejecutado por el paciente, es

Tabla 9: Resumen entrevista post-test pacientes

PREGUNTA	PACIENTE 1	PACIENTE 2	PACIENTE 3
¿Interés y diversión?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Conciencia de entorno?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Tutorial claro?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Reglas del juego claras?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Objetivos del juego claros?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Acciones del juego a realizar?	Regular	Regular	Regular
¿Objetivos alcanzables?	A veces	SÍ	SÍ
¿Interfaz gráfica agradable?	Me gustaría un nuevo fondo	SÍ	SÍ
¿Interés en volver a jugarlo?	SÍ	SÍ	SÍ
Aspectos Positivos	Excelente herramienta interactiva	Propuesta diferente	Terapia divertida
Aspectos Negativos	Ninguno	En ocasiones no se lograba golpear el balón	Mejorar sincronía del balón
Recomendaciones, comentarios y sugerencias	Nuevo fondo, casas, gente	Quizás hacer más lento el balón para golpear	Ninguna

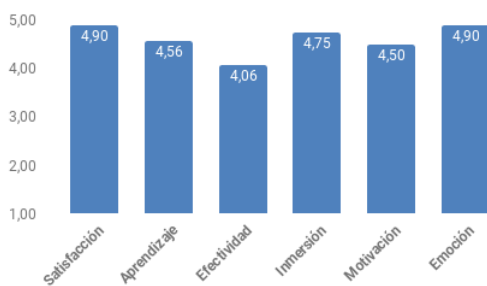
afectada durante el juego, se requiere aprender la táctica configurando el tiempo de rebote más lento. Por ende, se puede mejorar optimizando la sincronización (tiempo de respuesta entre el movimiento y el kinect).

- **Jugabilidad Personal/Atributo Inmersión:** En ocasiones se presentó la pérdida de sincronía para ejecutar el golpe al balón por parte del paciente, lo que puede elevar el nivel de frustración durante el juego, por ende se recomienda dialogar con los fisioterapeutas qué tan viable es el uso de estímulos visuales que indiquen al

Tabla 10: Resumen entrevista post-test terapeuta

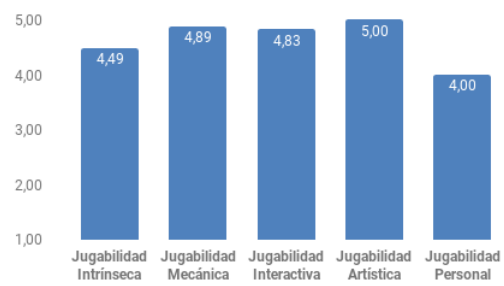
PREGUNTA	TERAPEUTA
¿Qué tan fácil fue configurar el minijuego?	Fue fácil
¿Cómo consideró la pantalla de parámetros?	Buena, agradable y fácil de usar
¿Opinión frente a una propuesta de uso de videojuegos en rehabilitación física?	Buena propuesta, podría trabajarse con pacientes avanzados e inclusive cambiar de rutina
¿Impacto del uso de videojuegos en rehabilitación física?	Lo mejora, porque permitiría cambiar la monotonía, fuente motivador importante y mejorar la rehabilitación
Aspectos positivos	Permite trabajar aspectos como coordinación, equilibrio, ubicación temporo-espacial
Aspectos negativos	El paciente en ocasiones no realiza los ítems correctos y se puede frustrar
¿Recomendaciones, comentarios y sugerencias?	Sincronía de pelota

Jugabilidad: Atributos



(a) Atributos

Jugabilidad: Facetas



(b) Facetas

Figura 23: Resultados evaluación heurística por atributos y facetas

jugador cuándo es el momento de realizar los movimientos, ya que ellos previamente han manifestado que los videojuegos también pueden ser utilizados para trabajar la coordinación motora.

6.1.3 Pruebas de Rendimiento

Para la prueba de rendimiento, con el fin de detectar que el juego funcione de manera fluida y sin problemas de lentitud o caídas en las animaciones. Para ello, se utilizó un equipo con Windows 10 de 64 bits, procesador Intel Core i5 de 2.6 GHz y 6GB de memoria RAM, los resultados se pueden observar en la [Figura 24](#).



Figura 24: Prueba de rendimiento

De acuerdo con la prueba, el juego trabaja en promedio 30 frames por segundo, que es la medida recomendada por el equipo de *Playtherapy*, por tanto, se concluye que el juego cumple con las condiciones técnicas de rendimiento. Sin embargo, lo ideal es que los picos que se muestran en la gráfica no superen los 30 FPS.

6.1.3.1 Mejoras a minijuego post-pruebas

Gracias al conjunto de pruebas, se tuvo un conjunto de issues que permitieron mejorar el juego, en la [Tabla 11](#) se relacionan los principales que se tuvieron para el minijuego y en la [Figura 25](#) se muestran las evidencias de las mejoras realizadas.

6.2 LANZAMIENTO

Para la fase de lanzamiento, el minijuego de fútbol libre ya se encuentra integrado en el menú principal del juego y del playlist desarrollado por parte del equipo de desarrollo.

Se prevé que durante el primer semestre del año 2018 ya se encuentre todos los minijuegos desarrollados e integrados dentro del menú principal, e igualmente, la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del HUV ya cuenta con el espacio adecuado para el desarrollo de terapias físicas mediante *Playtherapy*, con el televisor, equipo de cómputo y Kinect instalados.

Tabla 11: Issues

ISSUES	RESULTADO
Tutorial destruido	Se arregló el bug
Botón reiniciar no funciona	Se adicionó el método correspondiente al botón
Resaltado de los pies se ve separado	Se mejora disminuyendo la distancia del efecto (Particle effect)
Error de ortografía en pantalla de parámetros	Se realiza corrección
Ángulo mínimo con 30° por defecto	Se deja 30° por defecto
Las estrellas y nivel de desempeño no se muestran en la pantalla de resultados	Se arregla el bug
Cambio de color para el resaltado en pies y rodilla	Se cambia de color a naranja sugerido por los terapeutas
Ayuda dinámica que oriente al jugador el momento a realizar los movimientos y golpee la pelota correctamente	Se agrega la ayuda visual
Agregar nueva página del tutorial sobre la ayuda dinámica (flecha)	Se agrega nueva página en el tutorial que explica la mecánica
Agregar a la pantalla de parámetros Limpiar assets no usados	Se eliminaron assets no usados

La [Figura 26](#) evidencia la integración del minijuego en *Playtherapy*.

6.3 DIFICULTADES, RETOS Y APRENDIZAJES

En esta etapa como principal dificultad se tuvo de concretar una cita en el HUV con el fin de hacer las pruebas y retroalimentación final del juego, por un lado, se aplazaron las reuniones varias semanas y por otro, disponibilidad del personal encargado de la Unidad de Medicina Física brindaran el espacio y tiempo. El reto que se enfrenta en las pruebas es la realización de las entrevistas, lograr que el entrevistado entienda la pregunta, en caso contrario, reformular las preguntas con el fin de obtener la información necesaria. Igualmente, que los usuarios den sus respuestas sin ningún tipo de compromiso o por no quedar mal.



(a) Panel de resultados



(b) Panel de parámetros



(c) Resaltado Naranja



(d) Ajuste tutorial



(e) Nueva página tutorial

Figura 25: Issues

Como aprendizaje queda la importancia de hacer pruebas durante todo el proceso de desarrollo de software: primero, que el producto final se encuentre con un mínimo de errores y segundo, que el juego cumpla con la expectativas de los terapeutas y pacientes. De igual manera, no basta con hacer una única prueba sino de un conjunto de pruebas suficiente para asegurar que el programa ya se puede lanzar.

6.4 DIVULGACIÓN DE RESULTADOS

Este proyecto fue divulgado en los siguientes eventos:



Figura 26: Playlist

- **XXI Semana de la Expresión Universitaria - 22-26 Mayo/2017, Universidad del Valle, Sede Tuluá:** Socialización del proyecto *Playtherapy, videojuego de apoyo a terapias de rehabilitación física*.
- **VI Encuentro Departamental de Semilleros de Investigación - Nodo Valle del Cauca - 25 Mayo/2017, Unidad Central del Valle, Tuluá(Valle):** Ponencia: *Videojuego de apoyo a terapias físicas en miembros inferiores para pacientes adultos del Hospital Universitario del Valle*. Clasificado para presentar en el encuentro regional en Manizales.
- **VII Encuentro Regional de Semilleros de Investigación - Manizales (Caldas) - 18-19 Octubre/2017, Escuela de Carabineros Alejandro Gutierrez:** Ponencia: *Videojuego de apoyo a terapias físicas en miembros inferiores para pacientes adultos del Hospital Universitario del Valle* Puntaje 96/100.
- **V Jornada de Investigadores y Semilleros de Investigación en Fisioterapia. Octubre 13-15/2017:** PlayTherapy presentación Póster en Universidad Mariana de Pasto. Ganadores en Categoría: Póster proyecto en curso.
- **Second International Seminar on Technological Innovation for the Support of Health. Octubre 13/2017, Universidad del Valle, Cali(Valle):** Proyecto *Playtherapy* Invitado.

APORTES ADICIONALES

El presente capítulo es parte complementaria del trabajo de grado, como monitor del grupo de investigación en Multimedia y Visión por Computador, a continuación se relacionan las principales actividades realizadas:

7.1 PLAYTHERAPY

7.1.1 *Pruebas Funcionales*

Como parte de la ejecución del proyecto Playtherapy se brindó apoyo al desarrollo de pruebas funcionales a dos minijuegos: Atrapalo V1 y Sushi Samurai e igualmente a la aplicación web que acompaña el proyecto. Las evidencias de las pruebas se pueden ver en los anexos (Aportes adicionales/Pruebas); una vez finalizadas las pruebas, aquellas que no fueron aprobadas, se les informa agregando el plan de mejora o corrección (Issues).

7.1.2 *Evaluación Heurística*

Se realizó la evaluación heurística a los siguientes minijuegos:

- **Dulce Hogar:** El juego tuvo una valoración global de 4.41.

Principales recomendaciones: Ampliar el tutorial con información de los objetivos y estructura del juego, no solo la mecánica (control de movimientos); Agregar ayuda contextual o dinámica durante el juego y eliminar la penalización a través de puntos negativos con el fin de eliminar las experiencias negativas.

- **Cavano:** El juego tuvo una valoración global de 4.36.

Principales recomendaciones: Ampliar el tutorial con información de los objetivos y estructura del juego, no solo la mecánica (control de movimientos); Agregar ayuda contextual o dinámica durante el juego y mejorar los sonidos de ítem correctos e incorrectos, ya que no son perceptibles a nivel sonoro.

- **El Gran Viaje:** El juego tuvo una valoración global de 4.81.

Principales recomendaciones: Agregar ayuda contextual o dinámica durante el juego y eliminar la penalización con puntos negativos.

- **Topos:** El juego tuvo una valoración global de 4.58.

Principales recomendaciones: Agregar ayuda contextual al juego y agregar objetivos secundarios.

- **Tiro Libre:** El juego tuvo una valoración global de 4.60.
Principales recomendaciones: Eliminar la penalización con puntos negativos.
- **Rieles:** El juego tuvo una valoración global de 4.65.
Principales recomendaciones: Usar contrastes con los elementos de interacción, que no sea similar al color el ambiente y mejorar la perspectiva de los rieles.
- **Piano:** El juego tuvo una valoración global de 4.69.
Principales recomendaciones: Eliminar la penalización con puntos negativos y agregar objetivos secundarios.
- **Vecinos Invasores:** El juego tuvo una valoración global de 4.65.
Principales recomendaciones: Eliminar la penalización con puntos negativos y agregar objetivos secundarios.
- **Figuras Mágicas:** El juego tuvo una valoración global de 4.64.
Principales recomendaciones: Usar mejores contraste entre la línea de figura y ofrecer ayuda dinámica durante el juego

7.2 ENGLISHPLAY

EnglishPlay es una herramienta interactiva que implementa la tecnología de las TIC's en el aula de Lectura de Textos Académicos en inglés I, para la Universidad del Valle, sede Tuluá. Mediante el uso de esta herramienta se pretende reforzar los temas que se enseñan en la asignatura de una manera dinámica y más entretenida, en donde el estudiante se olvidará del rol alumno-profesor y pasará a ser un jugador que conforme avanza dentro del juego, aprenderá. Este proyecto está conformado por cuatro estudiantes de últimos semestres de Ingeniería de Sistemas y cuentan con la asesoría de la profesora Ing. Yuri Bermúdez y el Ing. Edwin Gamboa, ambos con experiencia en temas de desarrollo de videojuegos, gamificación y jugabilidad.

Gracias a la experiencia adquirida con el proyecto Playtherapy, se brindó ayuda con la aplicación de la metodología de Game Scrum a los miembros del equipo de Englishplay, realizando reuniones de planeación (Release Plan y Sprint Planning), orientación para la redacción de historias de usuario, criterios de aceptación y estimación de tiempo para HU (estimación póker), capacitación en el uso del framework **Taiga** para la gestión tareas bajo Scrum. De igual manera, se brindó apoyo para aplicar el tema de Jugabilidad para el proyecto (Guías de estilo, selección de heurísticas y plan de evaluación heurística).

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se presentan las conclusiones y trabajos futuros con respecto al proceso de desarrollo de desarrollo del **Fútbol Libre**, guías de estilo y evaluación heurística.

8.1 CONCLUSIONES

El uso de videojuegos como apoyo a terapias de rehabilitación física tiene un impacto social, de aprendizaje y laboral. El primero, se debe a que se usa un sistema interactivo de uso masivo con fines de ocio y entretenimiento en un contexto real donde hay unas necesidades específicas de mejorar la motivación y recuperación del paciente, de igual manera, estos juegos permiten dar un valor agregado, comenzando porque cuenta con una alternativa para realizar las sesiones distintas a las tradicionales, permitiendo de este modo, poder que el usuario no se encuentre muy consciente del ambiente clínico y tenga motivos para volver y terminar su tratamiento. Segundo, un impacto de aprendizaje a nivel personal, ya que no solo se aprende a la rama de desarrollo de videojuegos, sino también de aplicarlos en un ambiente real, donde hay que aprender conceptos de terapias físicas, juegos serios, emociones y cómo lograr que el juego tenga un impacto positivo en el lugar de aplicación, distinto al proceso creativo que tienen las propuestas comerciales y que logre una aceptación masiva del público. Finalmente, se tiene un impacto laboral para los terapeutas de la Unidad de Medicina y Rehabilitación del HUV, ya que les permitirá facilitar su trabajo desde el punto de vista que ya no requiera motivar al paciente de manera verbal, sino también, cuenta con unos elementos que permitirá salir de la rutina con el paciente y despierte su interés por terminar las sesiones.

La metodología Game Scrum fue apropiada para el desarrollo del proyecto Playtherapy, primero, por contar con una planeación inicial de las actividades a realizar, un plan de seguimiento de las tareas y reunión con los usuarios finales, igualmente, su propuesta de división por tres etapas (pre-producción, producción y post-producción) fue adecuado, primero, porque se hace un proceso creativo y verificación de requerimientos antes de ir a la implementación del juego con ideas concretas de lo que se pretende desarrollar.

El modelo MPIu+a también fue adecuado para el desarrollo del sistema interactivo, ya que inicialmente contó con un plan de conocer el ambiente real, los usuarios potenciales, la forma en cómo se realizan las tareas, conocer el modelo mental y contrastarlo con el modelo conceptual, una vez clara las ideas para el proyecto, se procede al desarrollo y su verificación final, con test heurístico y las pruebas funcionales, e igualmente, concatenar este modelo con Game Scrum no fue traumático, sino que permitió mejorar el proceso.

El diseño centrado en el usuario permitió la asesoría, negociación y la construcción de la historia, estructura y reglas del juego acorde con la expectativas de los usuarios finales, verificar que los movimientos seleccionados cumplan con las terapias físicas en miembros inferiores, las instrucciones dadas en el tutorial sean claras por parte de los terapeutas y pacientes.

En relación al modelo conceptual y el modelo mental, fue posible concatenarlos y aplicarlo en este trabajo de grado como en *Playtherapy* separando la terapia física en tres etapas: Evaluación y diagnóstico; Sesión Terapéutica; Seguimiento y Evaluación, permitiendo de este modo, integrar la sesión de juego paralelo en la sesión terapéutica. La evidencia de esto se puede ver en anexos: Pre-producción/Análisis de Requisitos/Análisis contextual de tareas y en Pre-producción/Análisis de Requisitos/Storyboards.

El presente trabajo tuvo como artefactos la guía de estilo, batería de heurísticas y el plan de evaluación heurística, no solo es aplicable a los demás juegos propuestos en *Playtherapy*, sino también en otros proyectos del laboratorio de Multimedia y Visión por Computador como *EnglishPlay*, *Strong Shot 2* e inclusive, también aplicarlo para nuevas propuestas de juegos serios y mejorar los ya implementados.

El desarrollo de videojuegos a través de Unity es una excelente opción, ya que es multiplataforma (PC, móvil, Web, TV), el proceso es ágil, permite reutilización de recursos y tiene un alto soporte. Además, cuenta con un excelente gestor de versiones (Unity Collaborate) para el trabajo en equipo y controlar el código fuente.

Esta propuesta de juegos para terapias de rehabilitación física se puede aplicar para ser un producto de uso masivo vendiendo licencias a clínicas de rehabilitación y/o hospitales, inclusive, ofrecer los minijuegos a usuarios específicos de acuerdo a sus necesidades de rehabilitación. Esto, gracias a la buena aceptación tanto de los terapeutas como de los pacientes en el HUV.

Es necesario crear conciencia a los equipos de desarrollo de tener en cuenta la usabilidad en sistemas interactivos y jugabilidad en videojuegos como valor agregado de calidad, ya que los mismos permiten una buena probabilidad de que el sistema sea aceptado por los usuarios finales. El primero, permite que los sistemas sean fáciles de aprender y de usar y el segundo, permite a través de un conjunto de propiedades (atributos y facetas) disfrute y entretenimiento como experiencia de juego (PX). Por tanto, se hace necesario desde el inicio de los proyectos capacitar a los integrantes sobre la importancia del tema, no durante el intermedio o al final.

Las pruebas demostraron que una propuesta de desarrollo de videojuegos serios tiene una buena aceptación por parte de los usuarios finales, también se evidenció que los pacientes se divirtieron y estaban concentrados, que es una buena fuente de motivación y sentir que

podrán salir de la rutina frente a las terapias tradicionales.

Tener en cuenta desde el inicio del desarrollo de videojuegos los principios de Usabilidad y Jugabilidad, e inclusive, a los usuarios finales permitieron que el producto final tuviera una buena valoración en relación a la experiencia del jugador y de igual manera, que el producto fuera aceptado por los pacientes y terapeutas.

8.2 TRABAJOS FUTUROS

Actualmente, **Playtherapy** cuenta con doce minijuegos finalizados y uno en proceso de desarrollo, lo que evidencia la necesidad de seguir ampliando la ofertas de juegos, primero, los movimientos que aún no se encuentran cubiertos y segundo, los ya cubiertos, con el fin de ofrecer variabilidad y no sean los mismos juegos para realizar los ejercicios terapéuticos.

El juego desarrollado en este trabajo de grado (Fútbol Libre) sólo cubre miembros inferiores (rodilla y cadera), pero las características del juego y del código fuente, permiten ampliar los movimientos a miembros superiores y asemeje más al Fútbol de estilo libre cubriendo hombro, cabeza y tronco.

Una de las dificultades tecnológicas son la precisión de movimientos, por ende, se requiere un interpretador o evaluador de movimientos que permita predecir y manejar mejor los movimientos, cuya estrategia puede ser implementada con algoritmos de Inteligencia Artificial o Procesamiento de Imágenes.

Uno de los requerimientos solicitados por el equipo de trabajo de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación del HUV para el juego fue plano sagital y que no se logró desarrollar debido a la dificultad de encontrar modelos que cumplan con el efecto *Mirroring*, se requiere desarrollarlo con ayuda del diseñador gráfico y su posterior implementación con el desarrollador de videojuegos.

Integrar personal como Diseñadores Gráficos, de Medios Interactivos, en Comunicación Gráfica, profesionales en Recreación, Terapeutas y Psicólogos permitiendo de este modo, mejorar la precisión de movimientos, la calidad gráfica, las mecánicas del juego, la motivación acorde al modelo de emociones y a la vez, sea más acorde a disciplinas de desarrollo de videojuegos e interacción persona-ordenador, que se caracterizan por ser multidisciplinarias.

La propuesta de videojuegos serios también se pueden ampliar para el área de ejercicios de calentamiento, aeróbicos y de coordinación motora, inclusive, optar por nuevas tecnologías de control de movimientos como Oculus Rift para realidad virtual.

BIBLIOGRAFÍA

- Abascal, J., Cafias, J., Gea, M., Gil, A. & Lores, J. (2006). Libro Interaccion Persona Ordenador - Capítulo 4: Evaluación.
- Bartlett, D. J. & Palisano, R. J. (2002). Physical Therapists' Perceptions of Factors Influencing the Acquisition of Motor Abilities of Children With Cerebral Palsy: Implications for Clinical Reasoning. *Physical Therapy*, 82(3), 237-248. Recuperado desde <http://ptjournal.apta.org/content/82/3/237>
- Bethke, E. (2003). *Game Development and Production*. Wordware game developer's library. Wordware Pub. Recuperado desde <https://books.google.com.co/books?id=m5exIODbtqkC>
- Bevan, N. (1991). What is Usability? Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/6ebb/d15d.pdf>. [Accesado 12-Nov-2016].
- Brontes Processing. (2016). *SeeMe Rehabilitation*. Disponible en: <http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/products/seeme/what-is-seeme>. [Accesado 15-Nov-2016].
- Burdea, G. (2012). *Key Note Address: Virtual Rehabilitation, Benefits and Challenges*. Disponible en: http://ti.rutgers.edu/publications/papers/2002_vrmhr_burdea.pdf. [Accesado 15-Nov-2016].
- Callele, D., Neufeld, E. & Schneider, K. (2005). Requirements engineering and the creative process in the video game industry. En *13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05)* (pp. 240-250). doi:10.1109/RE.2005.58
- Desurvire, H., Caplan, M. & Toth, J. A. (2004). Using heuristics to evaluate the playability of games. En *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 1509-1512). ACM.
- Desurvire, H. & Wiberg, C. (2009). Game usability heuristics (PLAY) for evaluating and designing better games: The next iteration. En *International Conference on Online Communities and Social Computing* (pp. 557-566). Springer.
- Federoff, M. A. (2002). *Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games* (Tesis doctoral, Indiana University Bloomington).
- Godoy, A. & Barbosa, E. F. (2010). Game-scrum: An approach to agile game development. *Proceedings of SBGames*, 292-295.
- González Sánchez, J. L., Padilla Zea, N. & Gutiérrez, F. L. (2009). From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. En *Proceedings of the 1st International Conference on Human Centered Design: Held As Part of HCI International 2009* (pp. 65-74). HCD 09. San Diego, CA: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-642-02806-9_9
- González, J. L., Cabrera, M. & Gutiérrez, F. L. (2007). Diseño de Videojuegos aplicados a la Educación Especial. Recuperado de <http://aipo.es/articulos/1/12410.pdf>.
- González, M. P., Pascual, A. & Lorés, J. (2001). Evaluación heurística. 2001). *Introducción a la Interacción Persona-Ordenador*. AIPO: Asociación Interacción Persona-Ordenador.

- Granollers, T. (2016). Modelo de Proceso de la Ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad. Disponible en: <http://www.grihotools.udl.cat/mpiua/>. [Accesado 25-Nov-2016].
- Hassan-Montero, Y. & Ortega-Santamaria, S. (2009). Informe APEI sobre usabilidad.
- Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, ... Verplank. (1996). ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. Disponible en: <http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html>. [Accesado 5-Nov-2016].
- Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, ... Verplank. (2009). Human-Computer Interaction. Tomado de: http://old.sigchi.org/cdg/figure_1.pdf. [Accesado 18-Dic-2016].
- McShaffry, M. & Graham, D. (2013). Game Coding Complete. (Vol. 4th ed, pp. 26-28). Course Technology PTR.
- MIRA Rehab. (2014). MIRA. Disponible en: <http://www.mirarehab.com>. [Accesado 15-Nov-2016].
- Nielsen, J. (2005). Ten usability heuristics. <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (accessed December 19, 2013).
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. [Accesado 5-Nov-2016].
- Pagliari, D. & Pinto, L. (2015). Calibration of Kinect for Xbox One and Comparison between the Two Generations of Microsoft Sensors. *Sensors*, 15(11), 27569. doi:10.3390/s151127569
- Personería Santiago de Cali. (2015). Frente al seguimiento adelantado por la Personería Municipal a la situación del HUV, se recomienda habilitar servicios en los hospitales de baja complejidad que cuentan con estructura para ser habilitados en mediana complejidad. Disponible en: <http://www.personeriacali.gov.co/noticias/frente-al-seguimiento-adelantado-por-la-personer%C3%ADa-municipal-la-situaci%C3%B3n-del-huv-se>. [Accesado 5-Nov-2016].
- Preece, J., Carey, T., Rogers, Y., Holland, S., Sharp, H. & Benyon, D. (1994). *Human-Computer Interaction*. Ics Series. Addison-Wesley Publishing Company. Recuperado desde <https://books.google.com.co/books?id=BfFQAAAAMAAJ>
- Redish, J. (1995). Are We Really Entering a Post-usability Era? *SIGDOC Asterisk J. Comput. Doc.* 19(1), 18-24. doi:10.1145/203586.203590
- Rollings, A. & Adams, E. (2003). *Andrew Rollings and Ernest Adams on game design*. New Riders.
- Saltiveri, T., Vidal, J. & Delgado, J. (2011a). Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. (Cap. 1, pp. 23-49). Formació de postgrau (Universitat Oberta de Catalunya). Castellà. Editorial UOC, S.L.
- Saltiveri, T., Vidal, J. & Delgado, J. (2011b). Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. (Cap. 1, pp. 96-97). Formació de postgrau (Universitat Oberta de Catalunya). Castellà. Editorial UOC, S.L.
- Sánchez, J. L. G. (2010a). *Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos* (Tesis doctoral, Universidad de Granada).
- Sánchez, J. L. G. (2010b). *Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*. (p. 57).

- Sánchez, J. L. G. (2010c). Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos. (pp. 67-72).
- Sánchez, J. L. G. (2010d). Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos. (pp. 356-357).
- Sánchez, J. L. G., Vela, F. L. G., Simarro, F. M. & Padilla-Zea, N. (2012). Playability: analysing user experience in video games. *Behaviour & Information Technology*, 31(10), 1033-1054. doi:10.1080/0144929X.2012.710648. eprint: <http://dx.doi.org/10.1080/0144929X.2012.710648>
- Sánchez & Jordi. (2011). En busca del Diseño Centrado en el Usuario (DCU): definiciones, técnicas y una propuesta. *No Solo Usabilidad Journal*, (10), 1-21.
- Shelton, P. & Scott, R. (2015). Gaming for health. *The Journal of mHealth*, 2(4), 42-44. Recuperado desde https://issuu.com/journalofmhealth/docs/the_journal_of_mhealth_vol_2_issue__5554ae4413af6e
- The World Confederation for Physical Therapy. (2011). Disponible en: <http://www.wcpt.org/policy/ps-descriptionPT>. [Accesado 25-Nov-2016].
- Thorn, A. (2013). Game Development Principles. (pp. 11-16). EBSCO ebook academic collection. Cengage Learning PTR. Recuperado desde <https://books.google.com.co/books?id=6SULAAAQBAJ>
- Virtualware Group. (2014). *VirtualRehab*. Disponible en: <http://www.virtualrehab.info/es/>. [Accesado 15-Nov-2016].
- World Confederation for Physical Therapy. (2014). Policy statement: Description of physical therapy. Disponible en: <http://www.wcpt.org/policy/ps-descriptionPT>. [Accesado 5-Nov-2016].