



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS Y
COMPUTACIÓN**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL,
RECONOCIMIENTO DE FORMAS E IMAGEN DIGITAL**

**TRABAJO FINAL DE MÁSTER
VIRTUAL MINDFULNESS SYSTEM DESIGNED FOR PATIENTS
OF A PALLIATIVE CARE CENTER**

Ángel Sanchis Cano

Valencia, Julio 2015



Departamento de Sistemas Informáticos y Computación

Máster Universitario en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital

Virtual Mindfulness System designed for Patients of a Palliative Care Center

- Director del proyecto: José Antonio Gil Gómez
- Autor del proyecto: Ángel Sanchis Cano

Valencia, 10 de julio de 2015

Fdo: Ángel Sanchis Cano

***Agradecimientos:** Universitat Poliècnica de València, Instituto de automática e informática Industrial (ai2), Hospital San José, Hermenegildo Gil, José Antonio Gil.*

Resumen

En el presente documento se expone la realización del trabajo final de máster de Ángel Sanchis Cano del Máster Universitario en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital (MUIARFID), centrado en el desarrollo y validación de una aplicación Android para la mejora de la calidad de vida de personas en la unidad de paliativos del hospital San José de Teruel. El objetivo de este trabajo es mejorar la conciencia física y emocional de los pacientes convalecientes en la unidad de paliativos. Para lograr este objetivo se busca inducir relajación en los pacientes mediante el uso de estímulos visuales y auditivos controlados por el terapeuta. En la presente memoria en primer lugar se realiza una introducción al trabajo realizado y un estudio del estado del arte de las técnicas de rehabilitación cognitiva empleadas hasta la fecha que hacen uso de realidad virtual. En segundo lugar se describe la metodología empleada para lograr los objetivos propuestos, entre los cuales está la creación de una aplicación sobre la plataforma Android de Paseos Virtuales en entornos familiares personalizables a cada paciente. En tercer lugar se describen los resultados obtenidos para la aplicación empleando el cuestionario SEQ (Suitability Evaluation Questionnaire), obteniendo una puntuación excelente en el mismo (59.46/65). Finalmente se concluye el trabajo con la descripción de los problemas que han surgido durante el desarrollo del mismo, así como las soluciones encontradas a las mismas, así como recomendaciones para futuros trabajos y un pequeño estudio de costes del producto de cara a una hipotética comercialización del mismo en el futuro.

Abstract

The document contains the final master thesis by Ángel Sanchis Cano of the Masters Degree in Artificial Intelligence, Pattern Recognition and Digital Image (Máster Universitario en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital). The thesis is focused on the development and validation of an Android application for improve the quality of life of the patients residing in a palliative and convalescent unit on the hospital San José in Teruel. The main goal of this work is improving the physical and emotional awareness in the patients residing in the palliative and convalescent care unit. To achieve the proposed objectives we have developed an Android application to induce relaxation using visual and auditory stimuli controlled by therapists. In this document first of all we show an introduction of the work done and a review of the state of the art in cognitive rehabilitation using virtual reality. Secondly we explain the methodology used to achieve the proposed goals, including the development of an Android application of virtual walks in familiar environments. Thirdly we show the obtained results of the system for the SEQ (Suitability Evaluation Questionnaire). The SEQ final score of the system is 59.46, an excellent result considering that SEQ score ranges from 13 (poor suitability) to 65 (excellent suitability). Finally we conclude the document with the description of all the problems encountered during the work and the solutions for this problems as well as recommendations for future works and a brief study of costs face a hypothetical product commercialization in the future.

Palabras Clave

Relajación, Paseos Virtuales, Rehabilitación, Realidad Virtual, Paliativos, Mindfulness, Salud Integra, Dependencia, Sistema Rehabilitación Virtual, Android, Tablet, Low-cost.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.2. Objetivos	3
2. Revisión del Estado del Arte	5
2.1. Introducción	5
2.2. Materiales y Métodos	5
2.3. Estado del arte	6
2.3.1. Ventajas de la Rehabilitación Virtual	6
2.3.2. Tendencias en el Estado del Arte	8
2.3.3. Rehabilitación cognitiva/psicológica	10
2.3.4. Rehabilitación motora	10
2.4. Marco del proyecto	11
3. Diseño	13
3.1. Planificación del proyecto	13
3.2. Opciones de desarrollo	16
3.2.1. Elección del dispositivo	16
3.2.2. Elección del Sistema Operativo	18
3.3. Orientación del proyecto	21
3.3.1. Enfoque Principal	21

3.3.2. Población Diana	21
4. Desarrollo	23
4.1. Desarrollo	23
4.1.1. Etapas del Desarrollo	23
4.1.2. Fase Inception	23
4.1.3. Fase Elaboration	29
4.1.4. Fase Construction	40
4.2. Herramientas utilizadas	49
4.2.1. AndroidStudio v1.0	49
4.2.2. Lenguaje de programación:	49
4.2.3. Dispositivo BQ Edison 2 QuadCore	50
5. Evaluación	51
5.1. Control de Usabilidad	52
5.1.1. Metodología	52
5.1.2. Resultados	52
6. Discusión/Conclusiones	55
6.1. Análisis de resultados	55
6.2. Divulgación y Contribuciones	55
6.3. Dificultades en el desarrollo	56
6.4. Trabajos Futuros	57
6.5. Valoración Personal	57
7. Presupuesto	59
A. Anexo I: Manual de Usuario	3
A.1. Introducción	3
A.2. Acceso a la aplicación	4

A.3. Selección de paseo	5
A.4. Realizar Paseo	7
A.4.1. Evento Camino	8
A.4.2. Evento Foto Normal	12
A.4.3. Evento Panorámica 360	12
A.4.4. Vídeo Estático con y sin bucle	12
B. Anexo II: Manual de Desarrollo de Contenidos	3
B.1. Introducción	3
B.2. Estructura de Ficheros	4
B.3. Tipos de Eventos	5
B.3.1. Camino	5
B.3.2. Foto Normal	5
B.3.3. Foto Panorámica 360	5
B.3.4. Vídeo Estático con y sin bucle	6
B.4. Creación de un nuevo paseo	7
B.4.1. Fichero <i>config.xml</i>	8
B.4.2. Ejemplo Fichero <i>config.xml</i> Jardín de Monforte	10

Lista de Tablas

2.1. Ventajas de la rehabilitación usando sistemas de realidad virtual	8
2.2. Resumen de las principales tendencias en el área de la RV	9
3.1. Ventajas e Inconvenientes PC Sobremesa	16
3.2. Ventajas e Inconvenientes Ordenadores Portátiles	17
3.3. Ventajas e Inconvenientes Tabletts	17
3.4. Ventajas e Inconvenientes Teléfonos Inteligentes	18
3.5. Ventajas e Inconvenientes de Android	19
3.6. Ventajas e Inconvenientes de iOS	20
3.7. Ventajas e Inconvenientes de Windows RT	20
4.1. Tabla resumen caso de uso: Crear Paseo	27
4.2. Tabla resumen caso de uso: Realizar Paseo	27
4.3. Tabla resumen caso de uso: Modificar Velocidad	27
4.4. Tabla resumen caso de uso: Mirar hacia los lados	27
4.5. Tabla resumen caso de uso: Seguir Camino	28
4.6. Tabla resumen caso de uso: Vídeo Estático	28
4.7. Tabla resumen caso de uso: Vídeo Estático Bucle	28
4.8. Observar Fotografía	28
4.9. Observar Panorámica	29
4.10. Especificación expandida caso de uso Crear Paseo	31
4.11. Especificación expandida caso de uso Realizar Paseo	32

4.12. Especificación expandida caso de uso Modificar Velocidad	32
4.13. Especificación expandida caso de uso Mirar hacia los lados	33
4.14. Especificación expandida caso de uso Seguir Camino	34
4.15. Especificación expandida caso de uso Vídeo Estático con/sin Bucle	35
4.16. Especificación expandida caso de uso Observar Fotografía	36
4.17. Especificación expandida caso de uso Observar Panorámica	37
5.1. Resultados del test de usabilidad SEQ	53
7.1. Presupuesto desglosado del sistema de RV	59
A.1. Tabla resumen opciones de selección de caminos	7
B.1. Resumen tipos de eventos y ficheros necesarios	5

Lista de Figuras

3.1. Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt	15
4.1. Etapas de Desarrollo de un proyecto de Ingeniería del Software según el modelo del Proceso Unificado. Fuente: http://www.microsoft.com	24
4.2. Diagrama simple de casos de uso	26
4.3. Diagrama de casos de uso tras la fase Elaboration	30
4.4. Diagrama Estructurado de los casos de uso	38
4.5. Clases del Análisis	39
4.6. Diagrama de bloques general del sistema	41
4.7. Diagrama extendido bloque “Cargar Paseos”	43
4.8. Diagrama extendido bloque “Selección de Paseos”	44
4.9. Diagrama extendido bloque “Realizar Paseo”	45
4.10. Diagrama extendido bloque “Gestor de Eventos Visuales”	46
4.11. Método empleado para permitir el desplazamiento lateral de la visión	48
5.1. Usuario durante una prueba de la aplicación	53
5.2. Resultados del test de usabilidad SEQ	53
A.1. Icono de acceso a la aplicación	4
A.2. Pantalla de inicio	4
A.3. Ventana de selección de paseos	5
A.4. Ventana de inicio de paseo	6
A.5. Interfaz Evento Camino	8

A.6. Interfaz Terminar Paseo	9
A.7. Áreas para el control táctil de velocidad y de posición	10
A.8. Interfaz de selección de ruta	11
B.1. Icono de acceso a la aplicación	4
B.2. Grafo de referencia: Paseo Monforte	7
B.3. Estructura simplificada del fichero <i>config.xml</i>	8
B.4. Estructura interna de un paseo en el fichero <i>config.xml</i>	9

Capítulo 1

Introducción

1.1. Justificación

El presente proyecto nace gracias al gran crecimiento que está experimentando el área de lo que vamos a llamar Rehabilitación virtual o simplemente RV y como fruto de una estrecha colaboración entre la UPV y el hospital San José de Teruel.

Podemos definir Rehabilitación virtual como la unión de los ámbitos de la Rehabilitación y de la Realidad Virtual. Uno de los principales motivos por los que se decidió realizar este proyecto es porque el área de conocimiento en el que se encuentra enmarcado está en un momento ideal: la tecnología para el desarrollo de productos comerciales ya se encuentra disponible, existen multitud de publicaciones que avalan la validez del uso de técnicas de realidad virtual en rehabilitación, aunque en esto se profundizará más en el punto sobre el estado del arte y, finalmente, la sociedad ya está preparada para un cambio en las metodologías clásicas de rehabilitación y está familiarizada con las nuevas tecnologías [1] de las que hace uso la realidad virtual. En este contexto, la implantación de la RV en la sociedad puede provocar un importante impacto socioeconómico: Por un lado se reducen considerablemente los costes de los tratamientos de rehabilitación, por otro lado se obtienen resultados iguales e incluso mejores que los obtenidos mediante los tratamientos clásicos. Esta mejora en los resultados repercute de forma directa en un incremento de la calidad de vida de los pacientes. Una de las causas que permiten estos beneficios es la posibilidad de extender el tratamiento hasta los hogares de los pacientes, aunque también a la posibilidad de realizar tratamientos a pacientes que en la situación económica actual no podrían recibir (como es el caso de los pacientes de cuidados paliativos).

En los pacientes en situación de enfermedad avanzada, ya sea motivada por procesos crónicos o enfermedades oncológicas, su calidad de vida y bienestar global frecuentemente se ve mermado por situaciones de dependencia severa, inmovilidad, aislamiento, soledad e incapacidad de realizar las actividades previas de la vida diaria. Es habitual encontrar en estos pacientes falta de motivación, depresión, pasividad, ansiedad y dificultad de adaptación a la situación en la que se encuentran. En el ámbito de la medicina es conocido que mediante técnicas de relajación y visualización es posible mejorar el bienestar físico y psíquico del paciente, ayudándole en el control corporal y emocional (mindfulness), mejorando así la forma en la que el paciente se enfrenta a la enfermedad [2], no obstante este tipo de técnicas requieren mucha dedicación individual para ser enseñadas y para habituar al paciente trabajar con ellas, lo que no se pueden permitir la mayoría de centros por falta de recursos humanos y de financiación.

La realización de un proyecto destinado a la mejora de la calidad de vida de los pacientes en una unidad de cuidados paliativos supone un doble reto: por un lado el trabajar en una área completamente distinta a la que es habitual para la formación recibida, formando para ello un equipo multidisciplinar y por otro lado el hacer uso de los conocimientos adquiridos durante la formación y las nuevas tecnologías para crear un sistema que cumpla con los requisitos definidos por los terapeutas. Ambos problemas suponen un reto personal que me permitirá conocer en profundidad el área en la que se enmarca el trabajo así como algunos de los dispositivos existentes en el mercado sobre los que se va a desarrollar el sistema.

El desarrollo del proyecto ha sido posible gracias a los avances en las tecnologías de las que se hace uso, así como el abaratamiento de las mismas como ya hemos mencionado anteriormente. Para que esta reducción de costes fuera posible han sido necesarias grandes inversiones iniciales que se encontraron, entre otros, en el ejército, debido a la necesidad de reducir costes en el entrenamiento de sus pilotos [3]. Por otro lado la constante mejora en la escala de integración predicha por Moore [4] y la popularización del PC permitieron que los costes se redujeran aún más, aunque el verdadero auge no se produjo hasta la aparición de los smartphones y las tabletas, pensados en primer lugar para las comunicaciones y el entretenimiento, pero que en la actualidad ofrecen un inmenso abanico de posibilidades que están sin explotar, y entre ellas se encuentra la rehabilitación cognitiva.

1.2. Objetivos

El presente proyecto que forma parte del plan de estudios del Máster en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital pretende desarrollar una aplicación para el aumento de la calidad de vida de los pacientes de una unidad de paliativos y convalecencia mediante la mejora del control físico y emocional por medio de técnicas de realidad virtual.

El principal objetivo de nuestro trabajo es poder aplicar las técnicas de relajación y visualización descritas anteriormente a los pacientes de la unidad de paliativos y convalecencia mediante un sistema que les permita recibir un tratamiento personalizado con un bajo coste y con la posibilidad de aumentar el tiempo de tratamiento mediante la utilización del sistema de forma no supervisada.

Para llevar a cabo el objetivo que persigue este proyecto se ha desarrollado una aplicación para tableta en la que se puedan integrar diferentes paseos virtuales, personalizados y dirigidos en los que los pacientes puedan relajarse a través de una serie de estímulos visuales y auditivos controlados. El sistema se ha planteado como una aplicación completa y funcional que permita realizar rehabilitación cognitiva personalizada. Una aplicación de estas características puede quedarse obsoleta en muy poco tiempo debido a que los requerimientos de los pacientes son muy diversos, la tecnología evoluciona de forma muy rápida y es muy costoso desarrollo del software. Para lidiar con dichos problemas en el proyecto actual se ha decidido implementar el sistema haciendo uso del paradigma de la programación orientada a objetos. Este paradigma permite la creación de bloques independientes y con un grado de acoplamiento mínimo entre ellos. La ventaja de este enfoque es que los bloques pueden ser sustituidos por bloques más complejos en cualquier momento, o pueden añadirse nuevos bloques al sistema para aumentar la funcionalidad de la aplicación de forma sencilla. De la misma forma, el desarrollo de bloques independientes como unidades funcionales cumple con el objetivo de poder reutilizar el software desarrollado, permitiendo adaptar la aplicación a otros ámbitos de la rehabilitación cognitiva con un esfuerzo mínimo, así como la reutilización de los bloques en aplicaciones completamente diferentes teniendo sin problemas de compatibilidad siempre que se cumpla con el interfaz de Entradas/salidas de cada bloque.

A continuación se listan de forma sistemática los objetivos que pretende cubrir el trabajo actual:

- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del máster a un problema concreto en el ámbito de la Informática gráfica, imagen sintética y realidad virtual, en el que es necesaria la coordinación y comunicación dentro de un equipo multidisciplinar.
- Estudiar y conocer el estado del arte de la RV, así como sus diferentes ámbitos de aplicación a partir de diversas fuentes documentales.
- Diseño de un sistema funcional que permita aumentar la calidad de vida de los pacientes de una unidad de paliativos mediante el uso de técnicas de relajación y visualización. El diseño de la aplicación se llevará a cabo por un equipo multidisciplinar compuesto por personal técnico (informático principalmente) y personal clínico.
- Desarrollo del sistema completo en coordinación con el personal clínico de apoyo.
- Desarrollo de bloques independientes con funcionalidad completa que permitan desarrollar futuras aplicaciones con un ahorro considerable de tiempo y en un nivel de abstracción mayor.
- Realizar una validación de la usabilidad de la aplicación sobre una población de prueba antes de realizar la validación final por parte del equipo clínico sobre la población objetivo.

- Entrenar y capacitar al personal de enfermería en técnicas de relajación y visualización, y posteriormente, en la utilización de la aplicación virtual.
- Difusión del trabajo realizado mediante publicaciones y participaciones en eventos de difusión científica.

Para poder lograr los anteriores objetivos previamente es necesario completar los siguientes objetivos secundarios de los que dependen:

- Aprender a utilizar el entorno de programación “eclipse” adaptado al desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma Android, así como el entorno “Android Studio”.
- Aprender a programar aplicaciones Android multi-dispositivo, así como a gestionar su ciclo de vida, fugas de memoria, etc.
- Estudio del API 19 de Android (KITKAT), para el desarrollo de aplicaciones multimedia.
- Investigación sobre las posibilidades y las limitaciones de diferentes tipos de dispositivos (tabletas), para elegir la mejor que se adapta a las necesidades del sistema a desarrollar.

Capítulo 2

Revisión del Estado del Arte

2.1. Introducción

En los últimos años tanto grupos de investigadores como estados y organizaciones de salud han incrementado considerablemente sus esfuerzos en el campo de la rehabilitación. Este auge ha sido favorecido por el alarmante envejecimiento de la población y el gran número de personas que necesitan recibir este tipo de tratamientos, lo que comienza a suponer un importante coste para la sociedad, tanto económico como social.

Hasta ahora los tratamientos de rehabilitación tradicionales requerían de personal especializado dedicado de forma casi exclusiva al paciente para atenderle durante las sesiones de rehabilitación y del uso de sistemas muy costosos e invasivos para las personas que limitaban el tiempo de las sesiones. La rápida evolución de la tecnología está permitiendo la aparición de nuevos tipos de tratamientos que hacen uso de la realidad virtual aplicada a la rehabilitación [5], lo que hasta ahora hemos llamado RV, a precios cada vez más bajos. En 1994 un sistema completo de RV podía costar en torno a 100.000\$, en el año 2002 ya se podía obtener por un precio de 6000\$ [6] y en la actualidad este precio es cada vez más bajo, gracias a la aparición de los dispositivos portátiles y los periféricos de videojuegos como Kinect, lo cual abre por primera vez la posibilidad de la rehabilitación desde el hogar.

2.2. Materiales y Métodos

Para el realizar el presente estudio sobre el estado del arte se han realizado búsquedas sistemáticas en distintas fuentes, entre las que se incluyen artículos y publicaciones científicas, foros online, grupos en redes sociales, revistas especializadas y actas de conferencias mediante procedimientos manuales y automatizados.

Fuentes: MEDLINE-Pubmed, PSYCINFO, Nature, Google Scholar, IEEEExplore, NCBI.

Sobre las fuentes anteriormente mencionadas se han utilizado los términos de búsqueda siguientes:

Palabras Clave: {virtual reality, cost of, cognitive, psychological, economic impact, cost of stroke, video games, exergaming, physical activity, Wii, Kinect, EyeToy} + rehabilitation.

Procedimientos: A partir de las búsquedas realizadas descritas en el apartado anterior se ha obtenido una primera muestra de publicaciones. Tras analizar la temática tratada a partir del abstract de las diferentes publicaciones se ha seleccionado un subconjunto que se han analizado detalladamente para elaborar el estudio sobre el estado del arte que exponemos a continuación.

2.3. Estado del arte

Puesto que el término de realidad virtual ha tenido distintos usos nos vamos a basar en la definición de realidad virtual hecha por Rizzo y Kim [5] y Harrison et.al [7], donde se identifican los elementos básicos que debe tener un entorno de realidad virtual. Según Rizzo, un sistema de realidad virtual debe proporcionar un control preciso sobre un entorno inmersivo, dinámico y con estímulos controlados que permita un seguimiento del comportamiento y del rendimiento.

Hoy podemos encontrar sistemas de realidad virtual que cumplen estas definiciones en multitud de ámbitos: militar[8], educativo [9], cirugía[10, 11], rehabilitación [12–17] o de los videojuegos y la domótica [18]. Dada la amplia variedad de ámbitos a los que se está aplicando la realidad virtual vamos a centrarnos en aquel que nos interesa: la realidad virtual aplicada a la rehabilitación con dispositivos de bajo coste.

Tras realizar la búsqueda descrita en el apartado 2.2 se ha decidido realizar la revisión del estado del arte desde dos puntos de vista diferentes. En primer se muestran las conclusiones del estudio del área desde el punto de vista de las ventajas que aporta la realidad virtual a la rehabilitación y en segundo lugar se analizan las principales tendencias que aparecen dentro del área.

2.3.1. Ventajas de la Rehabilitación Virtual

Los sistemas de RV ofrecen ciertas ventajas respecto a las metodologías tradicionales. Estas ventajas se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- *Ventajas económicas:* Tanto para los pacientes como para los centros la implantación de la RV frente a las terapias clásicas u otros sistemas supone un ahorro importante.
- *Ventajas para el especialista:* La RV proporciona asistencia a los terapeutas en las sesiones de rehabilitación, ofreciendo facilidades durante el tratamiento así como datos objetivos sobre la progresión del paciente, permitiendo adaptar el tratamiento al progreso individual de cada paciente de forma más precisa y con un coste de tiempo menor.
- *Ventajas para el paciente y su entorno:* Se han obtenido resultados clínicos positivos en multitud de estudios. Por otro lado también se ha podido comprobar una mayor motivación por parte de los pacientes durante las sesiones de terapia. Finalmente con la aparición en los últimos años de la telerehabilitación se puede mejorar la calidad de vida del paciente y de su entorno permitiendo realizar algunas sesiones de rehabilitación desde el hogar.

En la tabla 2.1 podemos observar con mayor detalle las ventajas nombradas anteriormente.

Ventajas	Descripción
Ventajas económicas	<ul style="list-style-type: none"> ■ En la actualidad el coste de los sistemas de RV es una fracción del coste de los sistemas recientes, esto ha sido posible gracias al avance de la técnica ya que en 1994 un sistema completo de RV podía costar en torno a 100.000\$ y en el año 2015 el coste de un sistema con mejores características incluyendo los sensores, el PC y el software se podría comercializar por menos de 500\$ frente a los sistemas tradicionales como IREX 12,999\$, o Armeo 52,000\$ [19]. ■ En torno al año 2005 aparecen las consolas de séptima generación, dispositivos comerciales de bajo coste y con una gran accesibilidad diseñados para el ocio, no obstante se ha demostrado que su versatilidad permite que sean empleadas en otros ámbitos como la realización de ejercicios de rehabilitación en el domicilio [20]. Lo mismo que ocurrió a mediados de la década pasada ha ocurrido en la actualidad con los smartphones y las tabletas, dispositivos que no estaban diseñados para esta finalidad pero que se han adaptado al área obteniendo resultados excelentes [21].
Ventajas para el especialista	<ul style="list-style-type: none"> ■ Los terapeutas durante el desarrollo de su trabajo no solamente tienen que ayudar al paciente durante la realización de los ejercicios de rehabilitación, sino que tienen que implicarse en muchos otros ámbitos, entre los que se encuentran la preparación previa a las sesiones de tratamiento, el estudio y registro de los progresos durante la sesión, etc. Estos hechos repercuten en que el tiempo final para realizar las sesiones de rehabilitación se ve reducido y en las sesiones producen interrupciones de forma habitual. Si el sistema de RV está diseñado pensando también en las necesidades del terapeuta y no solo en las del paciente, permite al terapeuta optimizar el tiempo, ofreciendo facilidades para el desarrollo de las sesiones y recopilando información automáticamente sobre el transcurso de las mismas, de forma automática que puede ser recopilada y analizada a posteriori por el terapeuta de forma mucho más eficiente, permitiendo al terapeuta centrarse en el paciente durante la sesión de rehabilitación [22]. ■ Los terapeutas podrían ver la RV como una amenaza, ya que podría sustituirles, no obstante diversos estudios concluyen que la RV es una herramienta auxiliar al terapeuta y que éste nunca debe ser sustituido, siendo muy importante el contacto humano durante el proceso de rehabilitación [23].

Ventajas para el paciente y su entorno

- Los sistemas actuales de RV se han demostrado efectivos en cuanto a la validez en los resultados clínicos obtenidos como mecanismos suplementarios a la terapia tradicional en un gran número de estudios, no obstante en algunos estudios se han mostrado efectivos también sin ningún otro tipo de terapia [12,24].
- El uso de dispositivos RV aumentan la motivación de los pacientes a la hora de realizar los ejercicios de rehabilitación, si la mayor motivación se combina con el uso de sistemas de bajo coste, que permiten aumentar el tiempo de las sesiones de rehabilitación, los resultados obtenidos en la recuperación del paciente mejoran significativamente [25,26]. El aumento de la motivación a la hora de realizar ejercicio se puede utilizar no solamente para que el paciente realice tratamientos de rehabilitación, sino también para que haga tratamientos preventivos. En enfermedades como la obesidad o la diabetes es importante realizar ejercicios para prevenir enfermedades como el ictus. En este ámbito el uso de la realidad virtual ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas con estas enfermedades [27,28].
- Otra de las posibilidades que ha abierto el uso de la RV es la rehabilitación desde el hogar o la telerehabilitación. Con el aumento de la penetración de la banda ancha en la población, han aparecido también nuevos sistemas que permiten al paciente realizar las terapias de rehabilitación desde el domicilio, sin necesidad de desplazamiento y con un control médico gracias al envío de los datos al centro especializado. Esto permite mejorar la calidad de vida de los pacientes y de sus familiares, ya que les permite realizar la terapia de rehabilitación sin necesidad de desplazamientos y la pérdida de tiempo que ello supone. También permite seguir un tratamiento de forma continua a personas que viven en áreas rurales, a las que de otra forma les sería muy complicado realizar más de una sesión semanal.

Tabla 2.1: Ventajas de la rehabilitación usando sistemas de realidad virtual

2.3.2. Tendencias en el Estado del Arte

Tras el estudio de la bibliografía se han podido identificar tres grandes tendencias dentro del área que se resumen en la Tabla 2.2. Todas las publicaciones estudiadas pueden enmarcarse en al menos una de ellas.

Índice	Tendencia	Descripción
1	Impacto socioeconómico	Engloba a las publicaciones centradas en la definición de los nuevos conceptos que aparecen con la RV, en el análisis del impacto en la sociedad y en el estudio de la mejora en la calidad de vida de las personas en tratamiento. También tratan sobre el impacto económico que puede implicar incorporación de estos sistemas en los tratamientos de rehabilitación como sustitución de los empleados actualmente. Dentro de esta tendencia incorporamos los estudios sobre el estado del arte en el área.
2	Rehabilitación cognitiva/psicológica	A esta área pertenecen las publicaciones focalizadas en el análisis, desarrollo e implementación de sistemas basados en RV centrados en el tratamiento de pacientes con enfermedades de tipo psicológico, como son el estrés post-traumático, las fobias o las depresiones entre otros.
3	Rehabilitación motora	Abarca los estudios centrados en el análisis, desarrollo e implementación de sistemas basados en RV y aplicados a pacientes con problemas motores causados por enfermedades y/o accidentes.

Tabla 2.2: Resumen de las principales tendencias en el área de la RV

Impacto socioeconómico

Medir el impacto que están teniendo en la sociedad las diversas áreas de investigación resulta de gran utilidad, tanto a nivel social como a nivel económico. Es por ello que este tipo de estudios resulta de gran interés.

Una de las primeras publicaciones que se centran en este objetivo es el análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) que realizan Rizzo y Kim [5], donde realizan un estudio del área desde un punto de vista global, definiendo nuevos términos relacionados con la RV, proponiendo nuevas líneas de investigación y analizando el crecimiento que había experimentado hasta el momento. Existen muchas otras publicaciones que se pueden agrupar dentro de esta tendencia. Podemos encontrar ejemplos más aplicados, donde se consigue mediante un sistema de 1.000\$ obtener resultados similares a los de un sistema de rehabilitación tradicional de 40.000\$ [29, 30].

A pesar de que existen un gran número de revisiones sobre la RV, desde la publicación de Rizzo y Kim no se ha encontrado ninguna aportación tan completa que realice un estudio detallado del área, por lo que en esta tendencia se encuentra una carencia importante.

2.3.3. Rehabilitación cognitiva/psicológica

Otra de las tendencias más importantes que nos encontramos es la aplicación de la RV en el contexto de la psicología y la rehabilitación cognitiva. La RV se ha adaptado con gran facilidad a esta nueva área gracias a la capacidad de controlar el entorno en el que se desarrolla la sesión de rehabilitación, así como los estímulos generados y el grado de intensidad de cada uno de ellos, permitiendo a los terapeutas focalizar el tratamiento en los aspectos de mayor relevancia sin poner en riesgo la integridad física y psíquica de los pacientes, pudiendo realizar tratamientos como la terapia ocupacional sin necesidad de poner al paciente en situaciones potencialmente peligrosas [31]. Estas mismas técnicas se están aplicando al tratamiento de fobias mediante terapia de exposición controlada, consiguiendo resultados excelentes gracias a la capacidad de estos sistemas de controlar los estímulos generados y la intensidad de los mismos [32,33].

Uno de los mayores inconvenientes que aparecen en este tipo de terapias es la dificultad de medir la eficiencia de los sistemas. Otro de los problemas que surge al tratar sobre rehabilitación psicológica es la dificultad de medir la permanencia de las mejoras. Existen estudios que han conseguido medir dicha permanencia en el tratamiento del trastorno por estrés post-traumático (PTSD) en soldados que han estado en guerras obteniendo resultados positivos y manteniendo dichas mejoras después de haber recibido el tratamiento [8].

A finales de la década pasada se comenzaron a emplear dispositivos *low-cost* en este tipo de tratamientos como el Kinect [34] o la Wii[35]. Más recientemente se han comenzado a emplear dispositivos móviles en esta misma área, obteniendo resultados prometedores [36].

2.3.4. Rehabilitación motora

La última tendencia que vamos a analizar es la rehabilitación motora y probablemente sea la que abarque un mayor número de publicaciones.

De la misma forma que ha sucedido con la rehabilitación cognitiva/psicológica, la RV se ha incorporado con fuerza en multitud de tratamientos sobre rehabilitación motora. Existen multitud de estudios que hacen uso de sistemas de RV para la rehabilitación de pacientes con problemas motores debidos a enfermedades neurológicas [37], autismo [38], accidentes cerebrovasculares [39], obesidad y diabetes [40], etc. El tratar con pacientes que han visto limitada su movilidad por motivos tan dispares supone un verdadero reto y en casi todos los casos las aplicaciones deben ser específicamente diseñadas para cada tipo de paciente.

Actualmente existen gran cantidad de estudios donde se trabajan diferentes objetivos dentro de la rehabilitación motora, como son la mejora del equilibrio, la rehabilitación del miembro superior e inferior y la función motora global entre otros[?].

En la actualidad existen principalmente dos tipos de sistema que permiten realizar rehabilitación motora: los basados en sistemas robóticos o tecnologías que encarecen el sistema como el TOYRA [41] o los desarrollados por Hocoma [42] frente a los basados en dispositivos de bajo coste como los desarrollados por Virtualrehab [43], ai2 [44] y Labhuman [45].

2.4. Marco del proyecto

El presente proyecto se centra en la tendencia de la rehabilitación cognitiva y psicológica y más concretamente en la reducción del estrés basada en la atención plena (Mindfulness-Based Stress Reduction - MBSR).

Uno de los principales problemas en este tipo de sistemas es la dificultad de medir la eficiencia de los mismos. Para superar este tipo de inconvenientes se han desarrollado diferentes tipos de cuestionarios que permiten medir aspectos concretos como el cuestionario sobre usabilidad (SEQ) [46] que vamos a emplear en este trabajo. Otro de los problemas que nos encontramos es que existen gran variedad de cuestionarios en este campo y la mayoría son específicos para cada caso y sistema.

A pesar de haber tantos estudios en muy pocos se ha trabajado sobre pacientes de unidades de cuidados paliativos de un hospital, por lo que este proyecto ofrece una oportunidad única de ayudar a las personas de la unidad de paliativos y convalecencia del Hospital San José de Teruel desarrollando un sistema novedoso, que pueda ser validado en pacientes reales y comprobar su eficacia.

En la mayoría de sistemas existentes el terapeuta solamente es capaz de utilizar los contenidos previamente programados. Para dotar de una mayor flexibilidad a nuestro sistema el terapeuta será capaz de crear paseos personalizados, sin necesidad de modificar el código, es decir, ofreceremos no solo un sistema de rehabilitación cognitiva, sino una plataforma sobre la que los terapeutas serán capaces de desarrollar contenidos propios para utilizarlos en los pacientes de forma personalizada.

Tras la finalización del proyecto se pretende continuar la colaboración con el equipo clínico del Hospital San José, creando una relación de colaboración mutua y continuando con el desarrollo y la expansión del sistema a nuevos centros con posible comercialización si la validación sobre pacientes se demuestra exitosa.

Capítulo 3

Diseño

3.1. Planificación del proyecto

La fecha de inicio del proyecto fue en el mes de Octubre de 2013, tras recibir una beca de colaboración destinada al desarrollo de un sistema de RV con ayuda de un equipo multidisciplinar. El trabajo realizado desde ese momento hasta la fecha de entrega actual se planificó en cinco fases que se describen a continuación:

Fase 1: Análisis exhaustivo del estado del arte de la realidad virtual aplicada a la psicología y de técnicas de reducción del estrés en el ámbito de MBSR.

Estudio del estado del arte global de la RV, poniendo especial atención en el ámbito de la psicología y de las técnicas de Mindfulness. La metodología empleada en esta fase es la siguiente:

1. Análisis exhaustivo y estadístico de las publicaciones en las bases de datos de Google Scholar, Pubmed e IEEE Xplorer. Para ello se va a hacer uso de herramientas de búsqueda de bibliografía como Goldfire y de análisis como VantagePoint.
2. Lectura y estudio de las publicaciones relevantes en el área.
3. Elaboración de un texto que resume el estado del arte, de forma que pueda ser de ayuda para futuros estudios. Este texto ha sido incluido en la presente memoria, ampliándolo con los avances en el área durante el desarrollo del proyecto.

Fase 2: Formación de un equipo multidisciplinar y definición de las especificaciones del sistema.

Puesto que la investigación se centra en dos áreas tan diversas como la informática y la psicología se requiere de la creación de un equipo con especialistas en los dos campos que conozcan de las necesidades de las terapias y de las personas que van a participar en el estudio así como de la parte técnica. Para ello la metodología a emplear es la siguiente:

1. Reunión del equipo multidisciplinar integrado por sanitarios e ingenieros, de forma trimestral, para definir las características de la aplicación informática y perfilar problemas en su desarrollo.
2. Captura de requisitos, ingeniería software y elección del dispositivo sobre el que se va a desarrollar.

Fase 3: Desarrollo de la plataforma

Desarrollo de la plataforma real. La plataforma consistirá de dos elementos:

- Simulador de entornos interactivos.
- Creador/configurador de entornos.

Esta fase se va a dividir en las siguientes etapas:

1. Creación de un prototipo del sistema que permita realizar una primera validación.
2. Evaluación del prototipo y *feedback* del equipo clínico al equipo técnico.
3. Implementación de mejoras y correcciones propuestas por el equipo clínico. Desarrollo de la plataforma final.

Fase 4: Evaluación

La evaluación del sistema se realiza mediante los pasos siguientes:

1. Determinación de los indicadores a usar en la evaluación.
 - a) Test de usabilidad/adecuación (SEQ).
 - b) Test psicológicos/clínicos para determinar el grado de beneficio de la aplicación en los pacientes de paliativos.
2. Determinación de la población diana (Pacientes, cuidadores, ...).
3. Evaluación del sistema con un grupo de control y con un grupo experimental para cada población diana diferente.

Fase 5: Diseminación/Divulgación científica

1. Publicación de los resultados obtenidos en la investigación y propuestas de aplicación las técnicas en otros ámbitos.
2. Elaboración de la presente memoria y defensa del proyecto ante un tribunal.

Plan de trabajo

En la Figura 3.1 se detalla la planificación del trabajo mediante un diagrama de Gantt que abarca un periodo de 24 meses.

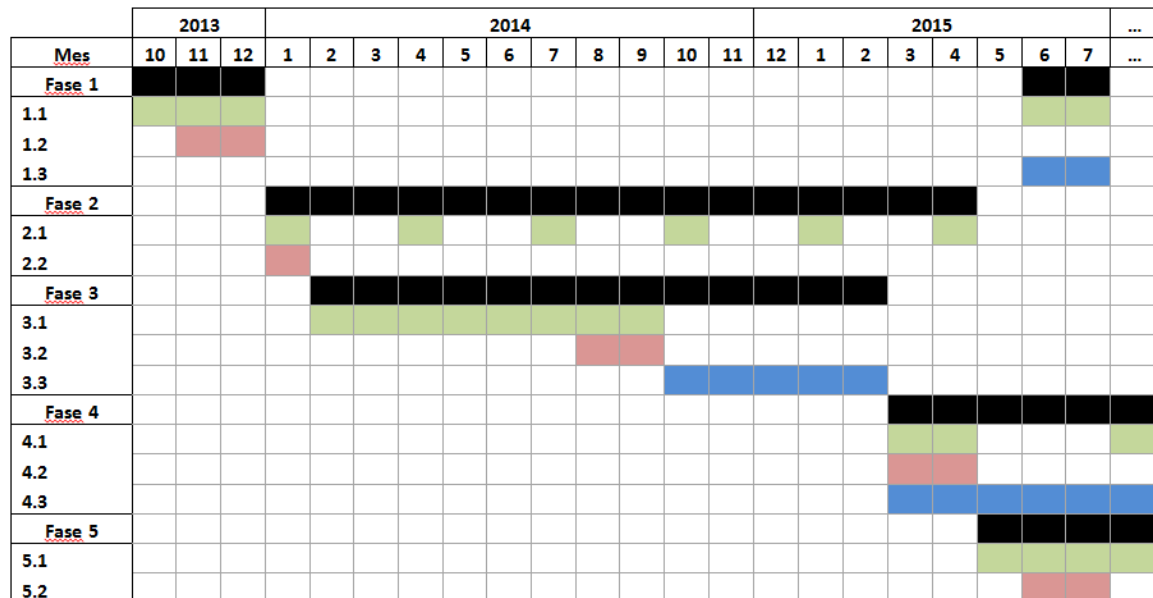


Figura 3.1: Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt

3.2. Opciones de desarrollo

Una de las primeras etapas en el desarrollo de un sistema es determinar sobre que plataformas va a ser utilizado. En este apartado se analizan las ventajas e inconvenientes de diferentes dispositivos y sistemas operativos sobre los que sería posible trabajar, para terminar eligiendo aquel que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

3.2.1. Elección del dispositivo

Los puntos a analizar para los dispositivos son el precio, la capacidad de movilidad de la plataforma, la potencia de cálculo y la calidad del entorno virtual.

Las diferentes dispositivos a estudiar son: ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles, tabletas y teléfonos inteligentes.

Ordenadores de sobremesa

Los ordenadores de sobremesa tradicionalmente son los dispositivos que mayor uso han tenido en los sistemas de realidad virtual y rehabilitación, gracias a su capacidad de cálculo y las posibilidades de conexión de periféricos como el kinect, que facilitan la interacción. Por otro lado estos dispositivos pueden ofrecer una calidad de vídeo y audio muy superior a la de todos los demás dispositivos de la lista. En contra tienen que su precio suele ser elevado y la capacidad de movilidad es muy limitada.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">■ Gran potencia de cálculo■ Facilidad conexión de periféricos■ Mejor vídeo y audio	<ul style="list-style-type: none">■ Elevado coste■ Movilidad reducida

Tabla 3.1: Ventajas e Inconvenientes PC Sobremesa

Ordenadores portátiles

Los ordenadores portátiles son una solución de compromiso entre los ordenadores de sobremesa y los dispositivos móviles. La potencia de cálculo que presentan suele buena en comparativa con los dispositivos móviles y la compatibilidad con los periféricos es la misma que los ordenadores de sobremesa. La potencia del procesador gráfico es generalmente inferior a la de los ordenadores de sobremesa. Para unas características de rendimiento similares, el precio es superior al de un ordenador

de sobremesa. Finalmente la movilidad mejora considerablemente, no obstante son objetos grandes y normalmente pesados. Existen soluciones intermedias como los portátiles convertibles, que mejoran la movilidad, no obstante si se quiere mantener la potencia el precio es muy elevado y si se opta por soluciones más económicas nos encontramos prácticamente con una tableta.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Potencia de cálculo buena ■ Facilidad conexión de periféricos ■ Vídeo aceptable ■ Audio bueno con auriculares 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tamaño y peso incómodos ■ Elevado coste ■ Soluciones intermedias muy caras

Tabla 3.2: Ventajas e Inconvenientes Ordenadores Portátiles

Tabletas

Las tabletas son dispositivos móviles con pantallas en torno a las 10 pulgadas. La frontera hoy en día entre las tabletas y los teléfonos inteligentes es una línea bastante difusa. Como rasgo diferenciador vamos a utilizar el tamaño de la pantalla, considerando tabletas a los dispositivos de 7 pulgadas o más y teléfonos inteligentes a los que tengan un tamaño inferior a 7 pulgadas. En las tabletas nos encontramos con dispositivos con una capacidad de cálculo limitada, no obstante cada vez aparecen más dispositivos de gama media con CPUs y GPUs lo suficientemente potentes para generar imágenes de buena calidad“. El tamaño de la pantalla es pequeño en comparación con ordenadores convencionales, si bien puede ser suficiente para el propósito del presente proyecto. La autonomía con respecto a los teléfonos móviles es mayor y la movilidad muy buena y el precio de la gama media es relativamente bajo.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Movilidad muy buena ■ Autonomía elevada ■ Precio bajo ■ Audio bueno con auriculares 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potencia de cálculo limitada ■ Pantalla reducida pero suficiente ■ Dificultad conexión de periféricos

Tabla 3.3: Ventajas e Inconvenientes Tabletass

Teléfonos inteligentes

Los móviles como ya hemos dicho anteriormente son dispositivos muy similares a las tabletas pero con menor tamaño. La primera consecuencia de la diferencia de tamaño es que la duración de la batería es limitada. Por otro lado para obtener las mismas prestaciones en potencia de cálculo que las tabletas necesitaremos acudir a dispositivos con precios más elevados aunque siguen siendo buenos. La movilidad es la mejor de todas a pesar de las limitaciones de la batería, pero el tamaño de la pantalla es el menor de todos. Ésto hace que los teléfonos inteligentes se descarten del análisis como posible plataforma, ya que aunque la calidad de la imagen sea suficiente, el pequeño tamaño de la misma limita la inmersión de las personas en el entorno virtual.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">■ Mejor movilidad■ Precio medio■ Audio bueno con auriculares	<ul style="list-style-type: none">■ Potencia de cálculo limitada■ Pantalla demasiado pequeña■ Autonomía limitada■ Dificultad conexión de periféricos

Tabla 3.4: Ventajas e Inconvenientes Teléfonos Inteligentes

Tras analizar los dispositivos anteriormente listados se ha decidido utilizar las tabletas como soporte para el sistema de RV, ya que su tamaño y su precio facilitan en gran medida la accesibilidad a la plataforma. Hay que tener en cuenta que disponemos de recursos de cálculo y memoria limitados, por lo que la programación deberá ser especialmente cuidadosa en el uso de los mismos. Con todo lo anterior podemos decir que las tabletas son los dispositivos elegidos por ser los que mejor se adaptan a las necesidades de precio, movilidad, potencia y validez ecológica en el caso de estudio sobre el que vamos a trabajar.

3.2.2. Elección del Sistema Operativo

Una vez elegido el tipo de dispositivo sobre el que se va a trabajar se va a proceder al estudio de los diferentes sistemas operativos para elegir sobre cual se va a desarrollar el sistema final.

Existe una gran variedad de sistemas operativos para tablets, no obstante el análisis y la elección se ha limitado solamente a los tres más empleados: Android, iOS y Windows RT.

Los puntos a analizar serán la dificultad en el aprendizaje del lenguaje a emplear, las opciones para convertirse en desarrollador de la plataforma, la cantidad de usuarios de cada sistema y las facilidades que proporcionan para desarrollar aplicaciones gráficas.

Android

El sistema operativo Android se caracteriza por ser un sistema operativo abierto desarrollado y mantenido por Google oficialmente y que cuenta con la mayor cota de mercado de todos los sistemas con una porcentaje de mercado en España del 86.7 % entre noviembre del 2014 y enero del 2015. El lenguaje empleado para el desarrollo de aplicaciones es Java para el SDK y c++ para el NDK, por lo que no existen barreras de entrada. Para ser desarrollador no es necesario ningún permiso y para publicar aplicaciones en la tienda solamente es necesario vincular una cuenta de google como desarrollador con un coste de 25\$. Finalmente el API de desarrollo proporciona librerías como OpenGL ES que facilitan el desarrollo, aunque a un nivel muy bajo. Estas carencias se suplen con librerías desarrolladas por terceros que facilitan en gran medida el uso básico de gráficos.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">■ Mayor accesibilidad por cota de mercado■ No ligado a ningún fabricante en concreto■ Ventajas para el desarrollador.	<ul style="list-style-type: none">■ Gestión poco óptima de recursos■ Menor seguridad

Tabla 3.5: Ventajas e Inconvenientes de Android

iOS

El sistema operativo iOS se caracteriza por ser un sistema cerrado perteneciente a Apple, cuenta con la segunda mayor cota de mercado en España, muy lejos de Android, con un 10.4 % entre noviembre del 2014 y enero del 2015. El sistema emplea un lenguaje de programación propio llamado Swift, que a pesar de ser muy eficiente e intuitivo resulta una barrera de entrada. Por otro lado para poder ser desarrollador de iOS es necesario pagar una licencia a Apple. Finalmente existe un gran número de librerías gráficas que pueden ser empleadas, por lo que desarrollar aplicaciones de este tipo resulta relativamente sencillo.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Ventajas para el desarrollo de aplicaciones gráficas ■ Cota de mercado aceptable 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ligado a un fabricante ■ Dificultades de entrada para el desarrollador ■ Sistema cerrado pero no seguro.

Tabla 3.6: Ventajas e Inconvenientes de iOS

Windows RT

El último sistema operativo que vamos a analizar es Windows RT que al igual que iOS es un sistema cerrado, pero en este caso pertenece a Microsoft. De los tres SO analizados es el que tiene una menor cota en el mercado español con el 2.5 % entre noviembre del 2014 y enero del 2015. Existen diversas facilidades para convertirse en desarrollador, por lo que no resulta una barrera excesivamente difícil de superar. Los lenguajes de programación que se pueden emplear son varios, entre los que se encuentran c++, c# y Visual Basic. Con respecto al desarrollo de aplicaciones gráficas es el sistema que mayores facilidades ofrece para el desarrollo de las mismas.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestión óptima de recursos hardware ■ Ventajas para el desarrollo de aplicaciones gráficas ■ Facilidades para el desarrollador ■ Sistema más seguro de todos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ligado a un fabricante ■ Cota de mercado muy baja

Tabla 3.7: Ventajas e Inconvenientes de Windows RT

Tras analizar las tres opciones se escoge Android como sistema operativo para el desarrollo de la plataforma, especialmente por su elevada cuota de mercado y la gran cantidad de dispositivos que lo utilizan.

3.3. Orientación del proyecto

3.3.1. Enfoque Principal

El presente proyecto está desarrollado como parte del trabajo final del máster IARFID, por lo que el enfoque que se ha dado está relacionado con la asimilación y puesta en práctica de los conocimientos y habilidades adquiridas durante el mismo. Por otro lado, en las primeras fases del proyecto se ha decidido darle un enfoque investigador, con la finalidad de aprender a familiarizarse en un área de investigación relacionada con el máster, como es la aplicación de la imagen digital a la salud, y realizar aportaciones científicas en dicha área (publicación). En las etapas avanzadas del proyecto se ha optado de forma más clara por una orientación profesional, aprendiendo a trabajar con equipos multidisciplinares y desarrollando una plataforma con requisitos de funcionalidad y de plazo.

3.3.2. Población Diana

El presente estudio está centrado en la mejora de la calidad de vida de los pacientes de cuidados paliativos del Hospital San José de Teruel mediante técnicas de mindfulness y relajación. A partir de este punto podemos decir que la población diana del estudio es la siguiente:

- EDAD: Ancianos (65+)
- SEXO: Ambos
- REGIÓN: Teruel
- TIPO DE PACIENTES: Pacientes de la unidad de paliativos (con problemas oncológicos principalmente).

Capítulo 4

Desarrollo

4.1. Desarrollo

En esta sección se va a describir la metodología empleada para el diseño del sistema y todas las etapas que ha experimentado el proyecto durante su desarrollo.

4.1.1. Etapas del Desarrollo

Para la elaboración del proyecto se ha decidido seguir parcialmente el ciclo de vida empleado en el proceso unificado para ingeniería del software. El modelo empleado es cíclico y consta de cuatro fases (*inception*, *elaboration*, *construction* y *transition*) en las que se focaliza el esfuerzo en diferentes objetivos según la fase. A su vez una misma fase puede realizarse en uno o varios ciclos de desarrollo, donde cada nuevo ciclo añade funcionalidades nuevas a las descritas en el ciclo anterior. Al emplear el proceso unificado en el marco de ingeniería del software los objetivos o actividades en los que se distribuye el esfuerzo son la captura de requisitos, el análisis, el diseño, la implementación y finalmente la prueba).

En la Figura 4.1 podemos observar el esfuerzo empleado en el desarrollo de un proyecto en cada uno de los objetivos o actividades en función de la fase del ciclo de vida en la que se encuentra el proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se han realizado las fases *inception*, *elaboration* y *construction* que se describirán en los siguientes apartados. Para la descripción del trabajo realizado en las dos primeras fases se ha empleado el lenguaje UML.

4.1.2. Fase Inception

Ésta es la primera fase del ciclo de vida del proceso unificado. Como podemos ver en la Figura 4.1 el mayor esfuerzo de esta etapa se centra en la captura de requisitos y en la elaboración de un modelo de casos de uso que sirva como molde para la elaboración de las fases siguientes.

Los objetivos a cumplir serán el análisis de los requerimientos exigidos al sistema y la identificación de

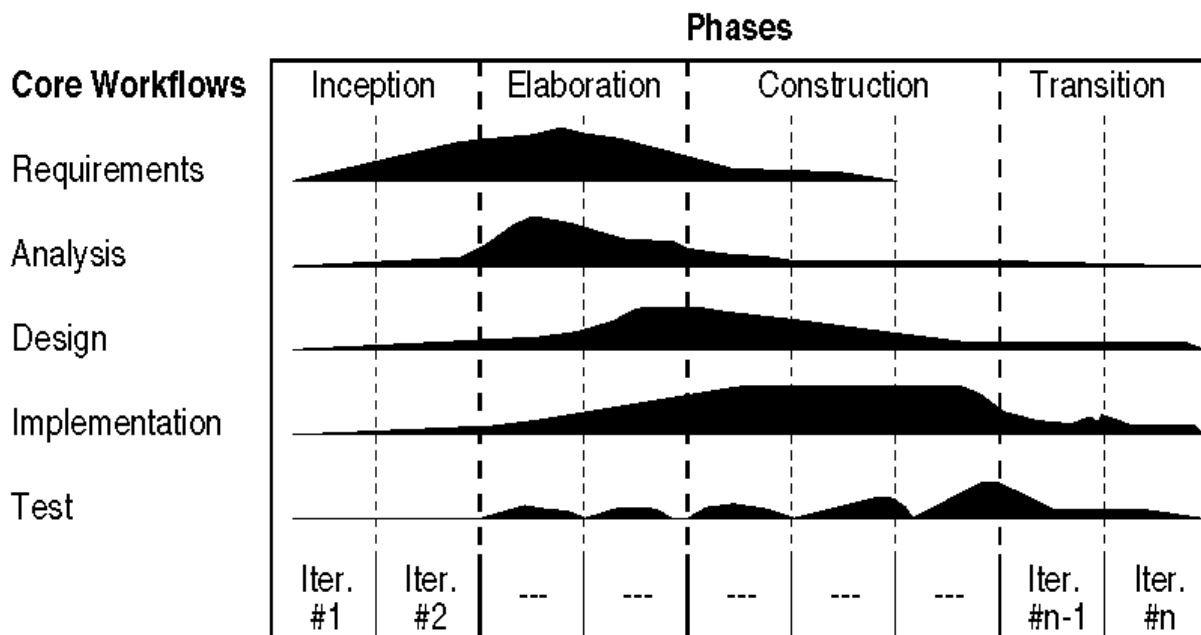


Figura 4.1: Etapas de Desarrollo de un proyecto de Ingeniería del Software según el modelo del Proceso Unificado. Fuente: <http://www.microsoft.com>

los actores que participarán en el sistema y la forma en la que van a interactuar con el mismo.

Captura de requisitos del sistema:

Se trata de un sistema de rehabilitación orientado a pacientes ancianos con enfermedades de tipo oncológico y de ambos sexos que pretende inducir relajación en los pacientes mediante la realización de paseos virtuales personalizables por el terapeuta. El diseño de la aplicación debe ser desacoplado para permitir la reutilización de la misma en otro tipo de problemas similares.

El diseño de la aplicación se ha llevado a cabo por un equipo multidisciplinar formado por personal técnico y personal clínico. Una vez especificados los requisitos que ha de cumplir la aplicación el personal técnico será el encargado de desarrollar la aplicación, siendo asistido durante todo el proceso por el personal clínico de apoyo siempre que sea necesario.

Para cumplir los objetivos ya mencionados se han identificado por el equipo los requisitos funcionales que se exponen a continuación:

- Aplicación adaptada a pacientes ancianos del sector de Teruel.
- Capacidad de reproducir paseos virtuales con imágenes del entorno paisajístico conocido por los pacientes:
 - Ámbito rural de Teruel.
 - Zonas de la naturaleza de la región.
 - Zonas del área costera de Valencia.

- Posibilidad de integración de técnicas de relajación mental y corporal.
- Sistema abierto que permita la incorporación de nuevos paseos virtuales, para que en sucesivas fases pueda ser aplicado a pacientes de otros sectores.
- Capacidad de insertar audio durante el desarrollo de los paseos, tanto efectos ambientales como sesiones de relajación en audio superpuestas al sonido ambiental.
- Interacción sencilla con la aplicación adaptada a personas ancianas.
- Posibilidad de acelerar/decelerar/pausar recorrido.
- Posibilidad de dirigir ligeramente la visión hacia los lados durante el paseo para una mayor sensación de libertad.
- Posibilidad de elegir diferentes tipos de rutas que nos enlacen con distintos eventos:
 - Seguir un recorrido (vídeo).
 - Observar una fotografía normal.
 - Observar una fotografía panorámica.
 - Reproducir un vídeo estático.
 - Reproducir un vídeo estático en bucle.
- Uso de imagen real.
- Evitar interacción innecesaria que pueda interferir en el proceso de relajación.
- Diseño de la aplicación teniendo en cuenta que tanto los desarrolladores de contenidos (terapeutas) como los usuarios (pacientes) no son personal técnico.

Por otro lado se han identificado los siguientes requisitos no funcionales:

- Plataforma que priorice la movilidad y el coste con la capacidad de proceso necesaria: tablet.
- Sistema local, con posibilidad de uso online futuro.
- El uso del sistema de forma básica solamente requiere la interacción táctil con un dedo, no obstante para hacer uso de todas las funcionalidades del mismo son necesarias las dos manos.
- Se recomienda el uso de auriculares para una mejor sensación de inmersión y evitar molestias a otros usuarios cercanos.

Modelo de casos de uso:

En la Figura 4.2 aparecen los actores y los casos de uso identificados a partir de los requisitos especificados anteriormente.



Figura 4.2: Diagrama simple de casos de uso

Especificación de los casos de uso:

En la presente sección se especifican brevemente los casos de uso identificados:

Caso de uso:	Crear Paseo.
Actores:	Terapeuta.
Propósito:	Crear un nuevo paseo para que esté disponible para los Pacientes
Descripción:	Por las limitaciones de los dispositivos táctiles el terapeuta creará un paseo en un PC mediante una estructura de grafos, posteriormente se generará código del paseo en lenguaje XML como se explica en el manual de desarrollador (En los paseos empleados para la validación del sistema la generación del código XML a partir del grafo se ha hecho por personal técnico).

Tabla 4.1: Tabla resumen caso de uso: Crear Paseo

Caso de uso:	Realizar Paseo.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Comenzar un Paseo
Descripción:	La aplicación cambia al interfaz de realización de paseos y comienza a reproducir el audio y el vídeo del principio del paseo.

Tabla 4.2: Tabla resumen caso de uso: Realizar Paseo

Caso de uso:	Modificar Velocidad.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Aumentar o Reducir la velocidad de reproducción del Evento.
Descripción:	Permite al paciente modificar la velocidad de reproducción de algunos eventos visuales mediante controles táctiles.

Tabla 4.3: Tabla resumen caso de uso: Modificar Velocidad

Caso de uso:	Mirar hacia los lados.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al Paciente mirar hacia los lados.
Descripción:	Permite al paciente modificar el área del vídeo mostrada en pantalla mediante controles táctiles, dando la sensación de mirar hacia los lados.

Tabla 4.4: Tabla resumen caso de uso: Mirar hacia los lados

Caso de uso:	Seguir Camino.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento de de vídeo que recorre un camino.
Descripción:	Tras seleccionar el paciente un icono con la forma correspondiente se inicia el nuevo evento visual que recorre un camino.

Tabla 4.5: Tabla resumen caso de uso: Seguir Camino

Caso de uso:	Vídeo Estático
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento de de vídeo estático.
Descripción:	Tras seleccionar el paciente un icono con la forma correspondiente se inicia el nuevo evento visual que reproduce un vídeo desde un punto fijo.

Tabla 4.6: Tabla resumen caso de uso: Vídeo Estático

Caso de uso:	Vídeo Estático Bucle
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento de de vídeo estático en bucle.
Descripción:	Tras seleccionar el paciente un icono con la forma correspondiente se inicia el nuevo evento visual que reproduce un vídeo desde un punto fijo de forma indefinida hasta que el paciente decida seguir el paseo.

Tabla 4.7: Tabla resumen caso de uso: Vídeo Estático Bucle

Caso de uso:	Observar Fotografía
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento visual en el que observa una fotografía estática.
Descripción:	Tras seleccionar el paciente un icono con la forma correspondiente se inicia el nuevo evento visual que muestra una imagen fija.

Tabla 4.8: Observar Fotografía

Caso de uso:	Observar Panorámica
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento visual en el que observa una fotografía panorámica.
Descripción:	Tras seleccionar el paciente un icono con la forma correspondiente se inicia el nuevo evento visual que muestra una imagen imagen panorámica de 360° y por la que se puede navegar a través de controles táctiles.

Tabla 4.9: Observar Panorámica

4.1.3. Fase Elaboration

En esta fase se pretende obtener una arquitectura ejecutable del sistema, formada por diversas clases que implementan la funcionalidad básica de éste. La arquitectura es definida mediante un subconjunto de casos de uso que permitan al sistema ser desarrollado y testado con una funcionalidad básica.

En la fase anterior del proceso unificado se han identificado nueve casos de uso y dos actores que se van a desarrollar de forma detallada en la actual fase.

En la ejecución de un proyecto es habitual encontrar que la fase *elaboration* se desarrolla en varios ciclos sucesivos en los que se va complicando progresivamente el sistema, no obstante hemos decidido realizar esta fase en un solo ciclo que nos proporciona una visión global del funcionamiento de la aplicación para no extendernos excesivamente, aunque en el desarrollo real del sistema se hayan realizado distintos ciclos para cada versión de la aplicación.

Cabe destacar que los diagramas de casos de uso y de clases mostrados no abarcan la totalidad del sistema, sino que son una versión simplificada del mismo que permiten una visión global con una comprensión correcta del funcionamiento de éste. Dado que la fase *elaboration* se va a realizar con una versión simplificada del sistema en la fase *construction* podemos observar variaciones de poca importancia respecto al funcionamiento descrito en el presente apartado.

En cuanto al diagrama de clases que aparecerá al final de este apartado será un diagrama de clases simplificado que no mostrará todas las clases de las que finalmente se compuso el sistema final, pero que son una buena muestra del funcionamiento del sistema.

Casos de uso del ciclo:

Tal y como ya hemos descrito en la introducción de la presente sección, en esta fase del ciclo de desarrollo vamos a detallar los casos de uso identificados en la fase *inception*. Dado que los casos de uso *Vídeo Estático* y *Vídeo Estático Bucle* son muy similares se van a agrupar en un solo caso de uso, quedando el diagrama que observamos en la Figura 4.3.



Figura 4.3: Diagrama de casos de uso tras la fase Elaboration

Caso de uso:	Crear Paseo.
Actores:	Terapeuta.
Propósito:	Crear un nuevo paseo para que esté disponible para los Pacientes.
Precondiciones:	Haber leído y entendido correctamente el manual de desarrollo de contenidos.
<p>Secuencia de eventos típica:</p> <p>1-Diseño del paseo a realizar en función de las necesidades del paciente y creación de una estructura en forma de grafo con los contenidos del paseo.</p> <p>2-Generación del código XML del paseo.</p> <p>3-Insertar el código XML generado en el fichero <i>congif.xml</i>, insertar el contenido de vídeo y de audio del paseo en las carpetas correspondientes e iniciar la aplicación.</p> <p>4-Carga del fichero <i>config.xml</i> incluyendo el nuevo paseo.</p> <p>5-Comprobación del correcto funcionamiento del nuevo paseo.</p>	
<p>Secuencias alternativas</p> <p>-En 2, hasta que se implemente una aplicación gráfica, la generación de contenidos debe ser manual.</p> <p>-Si, en 4 no se carga el paseo comprobar la correcta inserción del código XML.</p> <p>-Si, en 5 no funciona el paseo como se esperaba comprobar la correcta inserción de los contenidos de audio y vídeo, si sigue sin funcionar repetir desde el paso 1.</p>	
Postcondiciones	Se ha creado un nuevo paseo que puede ser realizado por los usuarios del sistema.

Tabla 4.10: Especificación expandida caso de uso Crear Paseo

Caso de uso:	Realizar Paseo.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Comenzar un Paseo.
Precondiciones:	El terapeuta debe haber creado previamente el paseo y el usuario haber iniciado la aplicación.
Secuencia de eventos típica:	<p>1-Seleccionar el botón comenzar en la pantalla de inicio de la aplicación.</p> <p>3-Seleccionar el paseo que se desea realizar.</p> <p>5-Seleccionar la opción de <i>Comenzar</i>.</p>
	<p>2-Mostrar todos los paseos disponibles.</p> <p>4-Mostrar una pantalla con la imagen del paseo y los botones de <i>Comenzar</i> y <i>Cancelar</i>.</p> <p>6-Carga del primer evento visual del tipo <i>Seguir Camino</i> del paseo y el audio del paseo.</p>
Secuencias alternativas	
-En 4, si se selecciona la opción de cancelar se vuelve a la lista de paseos.	
Postcondiciones	Se ha iniciado un nuevo paseo lanzando el primer evento visual del mismo. Continúa con un caso de uso Seguir Camino.

Tabla 4.11: Especificación expandida caso de uso Realizar Paseo

Caso de uso:	Modificar Velocidad.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Aumentar o Reducir la velocidad de reproducción del Evento.
Precondiciones:	Encontrarse en un caso de uso del tipo <i>Seguir Camino</i> o <i>Vídeo Estático con/sin Bucle</i> .
Secuencia de eventos típica:	<p>1-Pulsar en la parte superior o inferior de la pantalla .</p> <p>3-Liberar la pulsación en la pantalla.</p>
	<p>2-Aumentar o reducir la velocidad de reproducción de los vídeos de forma lineal hasta un valor umbral.</p> <p>4-Volver a la velocidad de reproducción estándar del evento visual de forma lineal.</p>
Secuencias alternativas	
-Si, en 3 no se libera la pulsación la velocidad de reproducción se irá incrementando/reduciendo de forma lineal hasta alcanzar el umbral. En este punto la velocidad de reproducción será constante e igual al umbral máximo o mínimo en función de si la pulsación es en la zona superior o inferior de la pantalla respectivamente.	
Postcondiciones	Se ha modificado la velocidad de reproducción del evento visual al gusto del usuario durante el tiempo de pulsación.

Tabla 4.12: Especificación expandida caso de uso Modificar Velocidad

Caso de uso:	Mirar hacia los lados.
Actores:	Paciente.
Propósito:	Permite al Paciente mirar hacia los lados.
Precondiciones:	Encontrarse en un caso de uso del tipo <i>Seguir Camino</i> , <i>Vídeo Estático con/sin Bucle</i> o <i>Observar Panorámica</i> .
Secuencia de eventos típica: 1-Pulsar en la parte derecha o izquierda de la pantalla . 3-Liberar la pulsación en la pantalla.	2-Desplazar el área de la imagen/vídeo que se muestra en pantalla con una velocidad que se incrementa de forma lineal con el tiempo de pulsación hasta un umbral de velocidad. 4-Volver al área de visualización original en caso de los vídeos con un desplazamiento que aumenta su velocidad de forma lineal.
Secuencias alternativas -Si, en 2 se trata de un evento del tipo <i>Observar Panorámica</i> , el desplazamiento no termina nunca y se muestra la imagen de forma cíclica. -Si, en 2 se trata de un evento del tipo <i>Seguir Camino</i> o <i>Vídeo Estático con/sin Bucle</i> , el desplazamiento termina en el momento en el que se llega al límite del vídeo. -Si, en 3 no se libera la pulsación la velocidad del desplazamiento se irá incrementando de forma lineal hasta alcanzar el umbral máximo. En este punto la velocidad de desplazamiento será constante e igual al umbral máximo. -Si, en 4 se trata de un evento del tipo <i>Observar Panorámica</i> , en vez de volver al área de visualización original se detiene el desplazamiento en el punto actual.	
Postcondiciones	Se ha modificado el área de visualización de los eventos visuales en los que se permite este caso de uso.

Tabla 4.13: Especificación expandida caso de uso Mirar hacia los lados

Caso de uso:	Seguir Camino.	
Actores:	Paciente	
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento de de vídeo que recorre un camino.	
Precondiciones:	Haber iniciado un nuevo paseo, haber seleccionado un evento del tipo <i>Seguir Camino</i> al final de cualquier otro evento o haber concluido un evento que enlaza únicamente con un evento del tipo <i>Seguir Camino</i>	
Secuencia de eventos típica:	<p>1-Seleccionar un camino con un evento visual del tipo <i>Seguir Camino</i></p> <p>3-Disfrutar del paseo mediante las imágenes y los estímulos auditivos.</p> <p>5-Seleccionar el siguiente evento del paseo a realizar.</p>	<p>2-Iniciar el evento visual, reproduciendo el vídeo a la velocidad estandar del paseo. Iniciar los eventos de audio asociados al evento visual. Mostrar una interfaz con dos botones <i>Volver</i> y <i>Start/Pause</i>. Iniciar los controles táctiles para <i>Modificar Velocidad</i> y <i>Mirar hacia los lados</i>.</p> <p>4-Al finalizar el camino si hay varias rutas a elegir mostrar los botones correspondientes para elegir cada ruta y esperar al usuario.</p>
Secuencias alternativas	<p>-En 1, puede iniciarse también como postcondición del caso de uso <i>Realizar Paseo</i> o porque ha terminado un evento que solamente conecta con un evento del tipo <i>Seguir Camino</i>.</p> <p>-Si, en 3 el usuario pulsa el botón de <i>Volver</i>, se pausa el paseo y se mostrará un menú de confirmación. En caso de confirmar se volverá al menú de selección de paseos (caso de uso <i>Realizar Paseo</i>). En caso de cancelar se vuelve al paso 2.</p> <p>-Si, en 3 el usuario pulsa el botón <i>Start</i> si el paseo está pausado se reanuda o si está en curso se pausa junto con el audio asociado al paseo.</p> <p>-Si, en 4 Solamente hay una ruta posible inicia automáticamente el evento asociado a ella.</p> <p>-Si, en 4 no está enlazado con ningún otro evento concluye el paseo.</p>	
Postcondiciones	Se ha realizado un segmento del paseo y se permite al usuario seleccionar por que ruta desea continuar.	

Tabla 4.14: Especificación expandida caso de uso Seguir Camino

Caso de uso:	Vídeo Estático con/sin Bucle.
Actores:	Paciente
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento de de Vídeo Estático con Bucle o uno del tipo Vídeo Estático.
Precondiciones:	Haber seleccionado un evento del tipo <i>Vídeo Estático con Bucle/Vídeo Estático</i> al final de cualquier otro evento o haber concluido un evento que enlaza únicamente con un evento del tipo <i>Vídeo Estático con Bucle/Vídeo Estático</i>
Secuencia de eventos típica:	
<p>1-Seleccionar un camino con un evento visual del tipo <i>Vídeo Estático con Bucle/Vídeo Estático</i></p> <p>3-Disfrutar del evento visual mediante las imágenes y los estímulos auditivos.</p>	<p>2-Iniciar el evento visual, reproduciendo el vídeo a la velocidad estandar del paseo. Iniciar los eventos de audio asociados al evento visual. Mostrar una interfaz con dos botones <i>Volver</i> y <i>Start/Pause</i>. Iniciar los controles táctiles para <i>Modificar Velocidad</i> y <i>Mirar hacia los lados</i>.</p> <p>4-Al finalizar el vídeo: Si es del tipo sin bucle enlazar automáticamente con el siguiente evento. Si es del tipo con bucle volver al paso 2.</p>
Secuencias alternativas	
<p>-En 1, puede iniciarse también porque ha terminado un evento que solamente conecta con un evento de este tipo.</p> <p>-Si, en 2 el tipo de evento es <i>Vídeo Estático con Bucle</i>, se mostrará un botón que permitirá saltar al siguiente evento en cualquier momento. -Si, en 3 se selecciona el botón para saltar al siguiente evento termina el evento actual y se enlaza con el siguiente evento. -Si, en 3 el usuario pulsa el botón de <i>Volver</i>, se pausa el paseo y se mostrará un menú de confirmación. En caso de confirmar se volverá al menú de selección de paseos (caso de uso <i>Realizar Paseo</i>). En caso de cancelar se vuelve al paso 2.</p> <p>-Si, en 3 el usuario pulsa el botón <i>Start</i> si el paseo está pausado se reanuda o si está en curso se pausa junto con el audio asociado al paseo.</p> <p>-Si, en 4 no está enlazado con ningún otro evento concluye el paseo.</p>	
Postcondiciones	Se observa un vídeo estático de una zona y al terminar se permite al usuario seleccionar por que ruta desea continuar.

Tabla 4.15: Especificación expandida caso de uso Vídeo Estático con/sin Bucle

Caso de uso:	Observar Fotografía.
Actores:	Paciente
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento visual en el que observa una fotografía estática.
Precondiciones:	Haber seleccionado un evento del tipo <i>Observar Fotografía</i> al final de cualquier otro evento o haber concluido un evento que enlaza únicamente con un evento del tipo <i>Observar Fotografía</i>
Secuencia de eventos típica: 1-Seleccionar un camino con un evento visual del tipo <i>Observar Fotografía</i> 3-Disfrutar del evento visual mediante la imagen y los estímulos auditivos. Cuando se desee finalizar pulsar el botón para enlazar con el siguiente evento visual.	2-Iniciar el evento visual, mostrando la fotografía. Iniciar los eventos de audio asociados al evento visual. Mostrar una interfaz un botón que permitirá saltar al siguiente evento en cualquier momento. 4-Enlazar con el siguiente evento visual.
Secuencias alternativas -Si, en 4 no está enlazado con ningún otro evento concluye el paseo.	
Postcondiciones	Se observa una imagen estática. Se inicia el siguiente evento al pulsar el botón.

Tabla 4.16: Especificación expandida caso de uso Observar Fotografía

Caso de uso:	Observar Panorámica.
Actores:	Paciente
Propósito:	Permite al paciente iniciar un evento visual en el que observa una fotografía estática.
Precondiciones:	Haber seleccionado un evento del tipo <i>Observar Panorámica</i> al final de cualquier otro evento o haber concluido un evento que enlaza únicamente con un evento del tipo <i>Observar Panorámica</i>
<p>Secuencia de eventos típica:</p> <p>1-Seleccionar un camino con un evento visual del tipo <i>Observar Panorámica</i></p> <p>2-Iniciar el evento visual, mostrando parte de la fotografía. Iniciar los eventos de audio asociados al evento visual. Mostrar una interfaz un botón que permitirá saltar al siguiente evento en cualquier momento. Iniciar los controles táctiles para <i>Mirar hacia los lados</i>.</p> <p>3-Disfrutar del evento visual mediante la imagen y los estímulos auditivos. Modificar el punto de vista mediante el caso de uso <i>Mirar hacia los lados</i>. Cuando se desee finalizar pulsar el botón para enlazar con el siguiente evento visual.</p> <p>4-Enlazar con el siguiente evento visual.</p>	
<p>Secuencias alternativas</p> <p>-Si, en 4 no está enlazado con ningún otro evento concluye el paseo.</p>	
Postcondiciones	Se observa una imagen estática panorámica. Se inicia el siguiente evento al pulsar el botón.

Tabla 4.17: Especificación expandida caso de uso Observar Panorámica

Modelo estructurado de los casos de uso:

En la Figura 4.4 se muestran las relaciones entre los casos de uso a partir del análisis de la especificación expandida de los mismos.

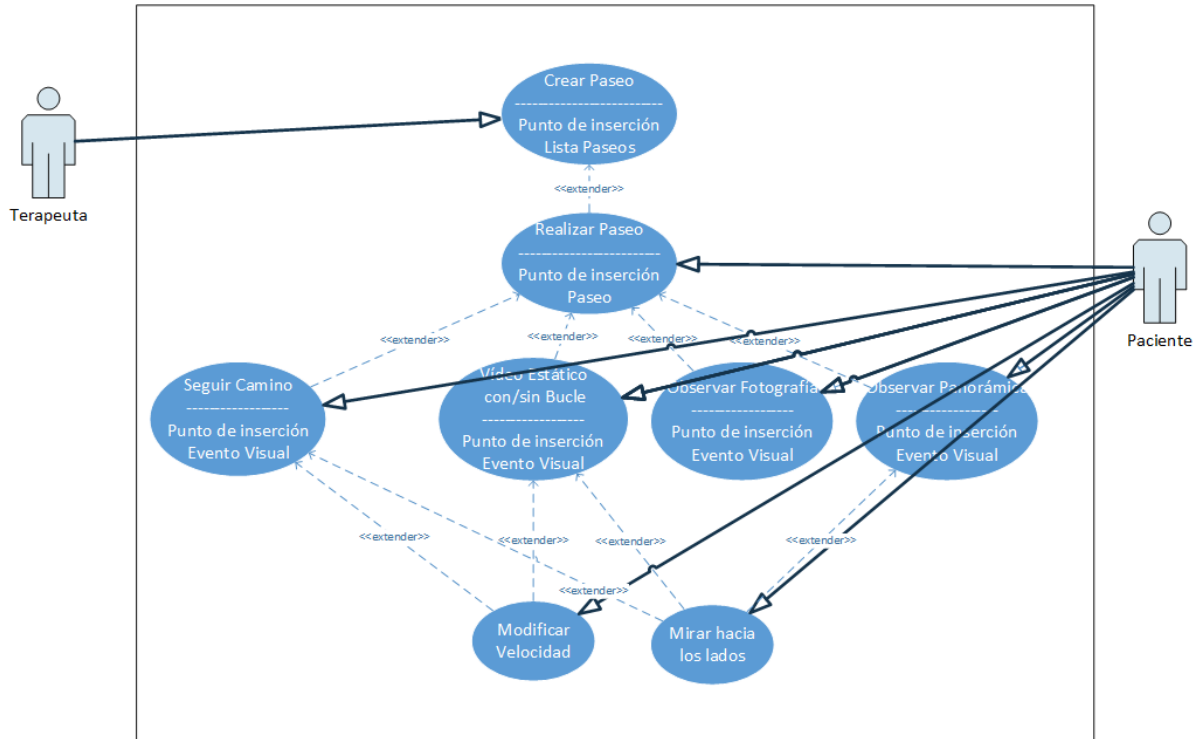


Figura 4.4: Diagrama Estructurado de los casos de uso

Análisis

El objetivo de este punto es detectar la estructura lógica de la aplicación así como las clases que la forman, los vínculos que las conectan y los atributos de cada una de ellas.

En la Figura 4.5 podemos observar la estructura obtenida al final de la fase *elaboation*.

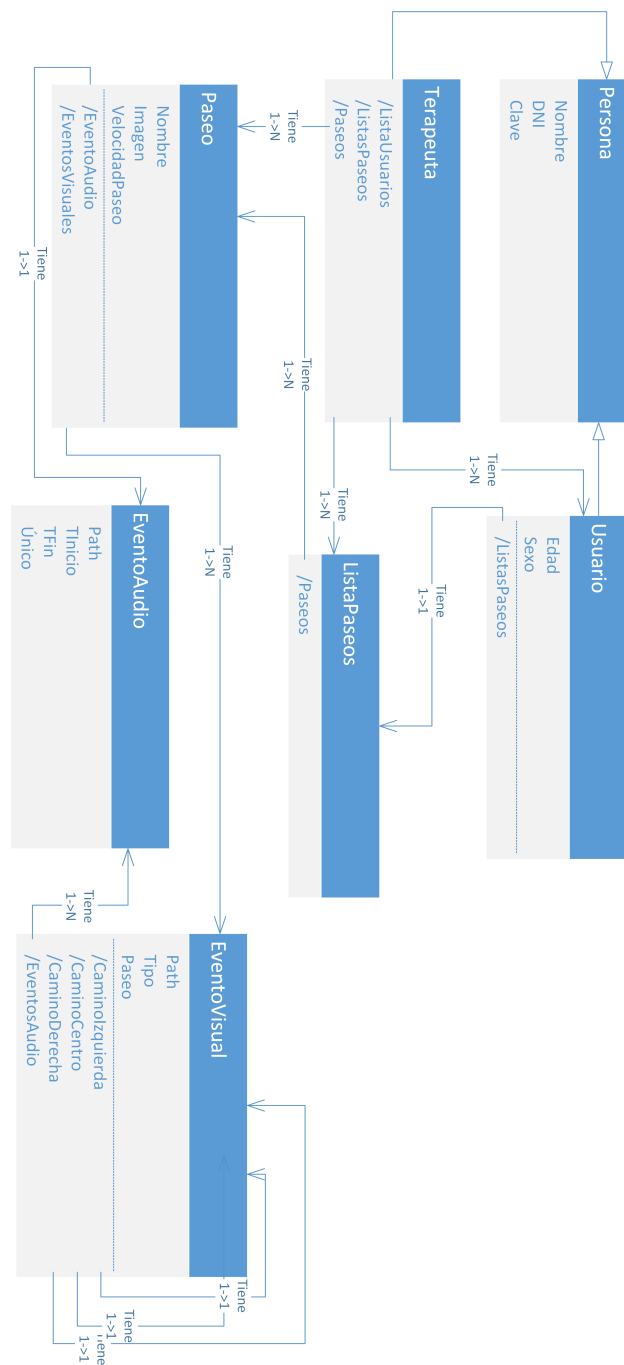


Figura 4.5: Clases del Análisis

4.1.4. Fase Construction

En esta fase se describe la solución concreta implementada por el alumno al problema abordado en apartados anteriores. Hasta este punto el diseño del sistema era independiente del lenguaje de programación o plataforma elegida. La aplicación se implementó en diversas etapas dentro de la fase *construction* empleando un modelo de versiones. La versión final del sistema descrita en este apartado cubre las funcionalidades identificadas en la captura de requisitos y ofrece alguna otra adicional.

La implementación de la aplicación se ha realizado de forma progresiva siguiendo un modelo de versiones y dividida en varias etapas. El objetivo de la primera etapa era conocer las limitaciones técnicas de la plataforma usada para el desarrollo del proyecto así como las necesidades hardware previstas para la aplicación. Una vez conocidos estos detalles se procedió a la segunda etapa cuyo objetivo era realizar una primera versión del programa funcional que cumpliera con los requisitos más básicos especificados en el diseño. Una vez completada y evaluada esta versión de la aplicación se inició la tercera etapa del desarrollo del sistema. A pesar de que la aplicación resultante de la segunda etapa era una aplicación funcional y prácticamente completa la complejidad del código era muy elevada y existía un alto grado de acoplamiento entre las funciones, por lo que no se cumplían los requisitos de modularidad y de capacidad de migración del código a otros proyectos. La primera tarea realizada en esta tercera etapa fue reescribir todo el código de la aplicación, haciéndola más comprensible y modular, lo que facilitó en gran medida la incorporación de las correcciones y mejoras propuestas por el equipo clínico. Finalmente se añadió la funcionalidad restante que todavía no estaba implementada. Es el resultado de esta tercera etapa de la fase *Construction* el que se va a exponer en este apartado.

Para tener una visión real del aspecto final de la aplicación consultar el Anexo correspondiente al manual de usuario.

Descripción diagramas de bloques

En la Figura 4.6 se muestra un diagrama en el que podemos observar el flujo del sistema durante su ejecución desde un punto de vista general. En las Figuras siguientes observamos el funcionamiento detallado de cada bloque.

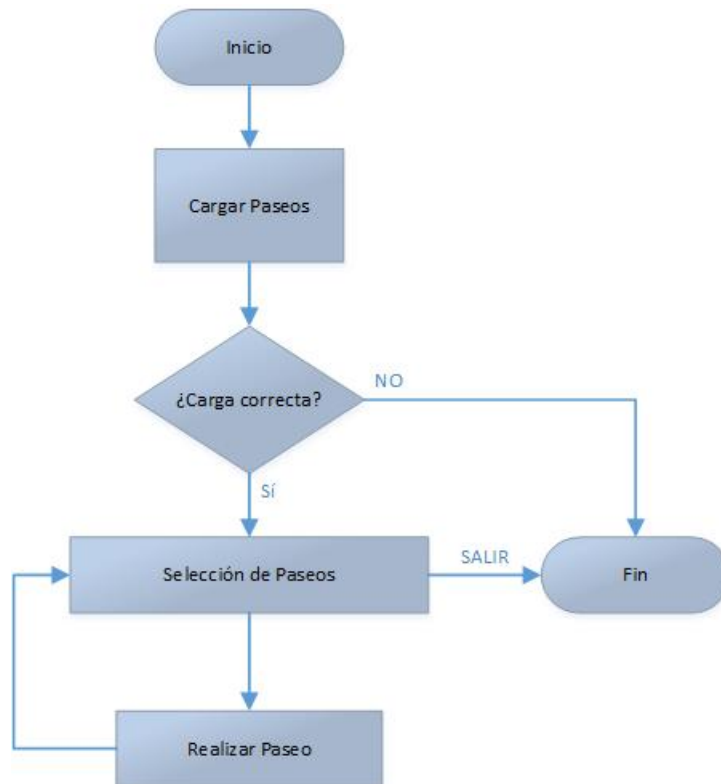


Figura 4.6: Diagrama de bloques general del sistema

Cargar Paseos

La funcionalidad de este bloque se describe en la Figura 4.7 y consiste en la carga de los paseos a partir del fichero *config.xml* y la creación de la estructura interna de datos a partir de dicho fichero para poder realizar los paseos.

La carga de los paseos comienza en el instante en el que el usuario pulsa el botón *Comenzar* en la aplicación y pasa al siguiente bloque en el momento en el que la carga concluye, bien de forma correcta, cargando los paseos o bien de forma incorrecta, terminando la ejecución de la aplicación.

El código implementado en este bloque permite también la creación de paseos mediante programación sin necesidad de utilizar el código XML, pero dado que esta funcionalidad no se va a utilizar en una ejecución normal de la aplicación no se mostrará en el diagrama.

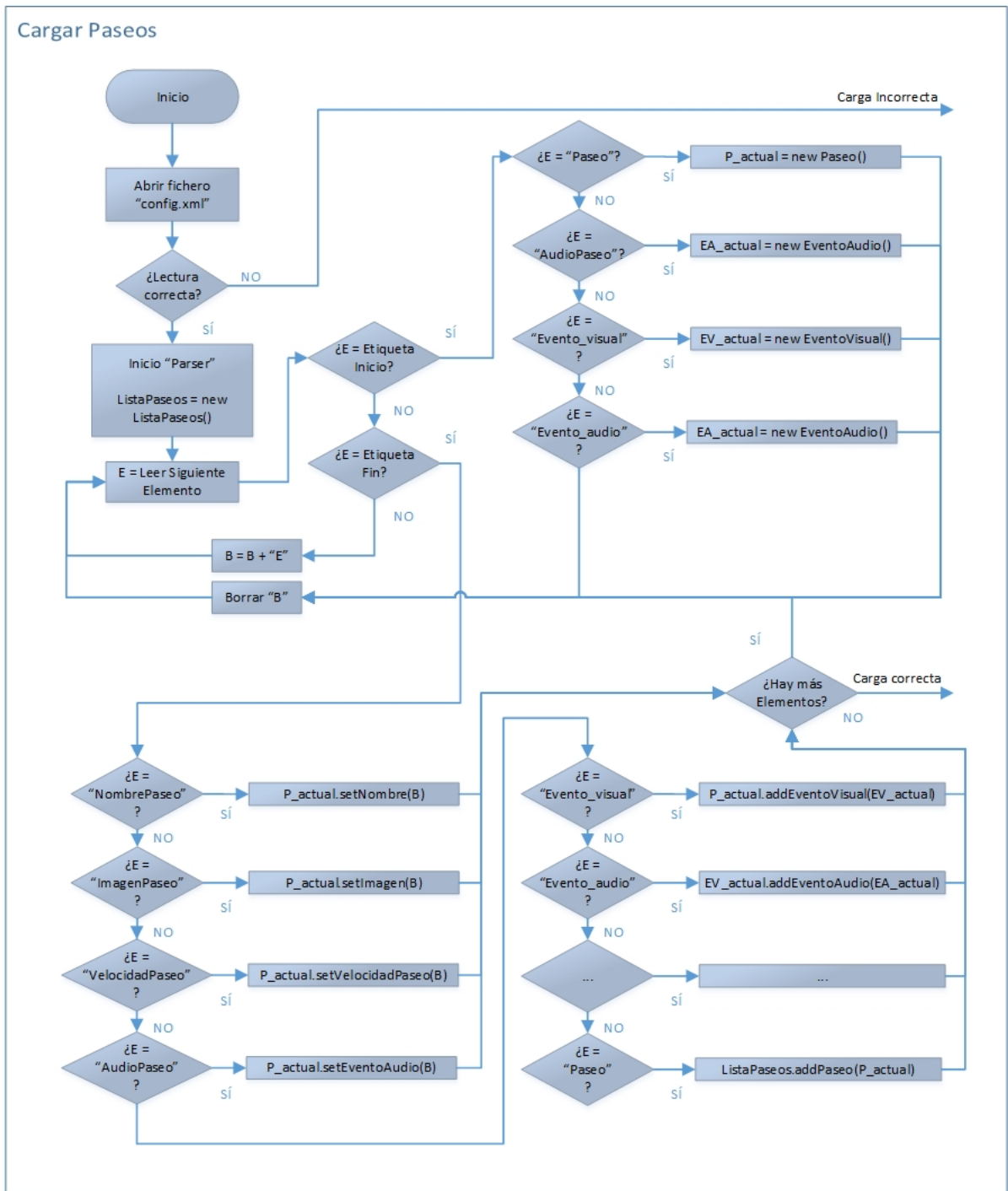


Figura 4.7: Diagrama extendido bloque “Cargar Paseos”

Selección de Paseos

La funcionalidad de este bloque se describe en la Figura 4.8 y consiste en generar un menú de selección de paseos de forma dinámica en función del número de paseos de manera que los usuarios puedan seleccionar el paseo que deseen realizar.

La selección de los paseos comienza en el momento en el que se ha generado correctamente la estructura interna de paseos a partir del bloque anterior y concluye cuando el usuario selecciona el paseo que desea realizar.

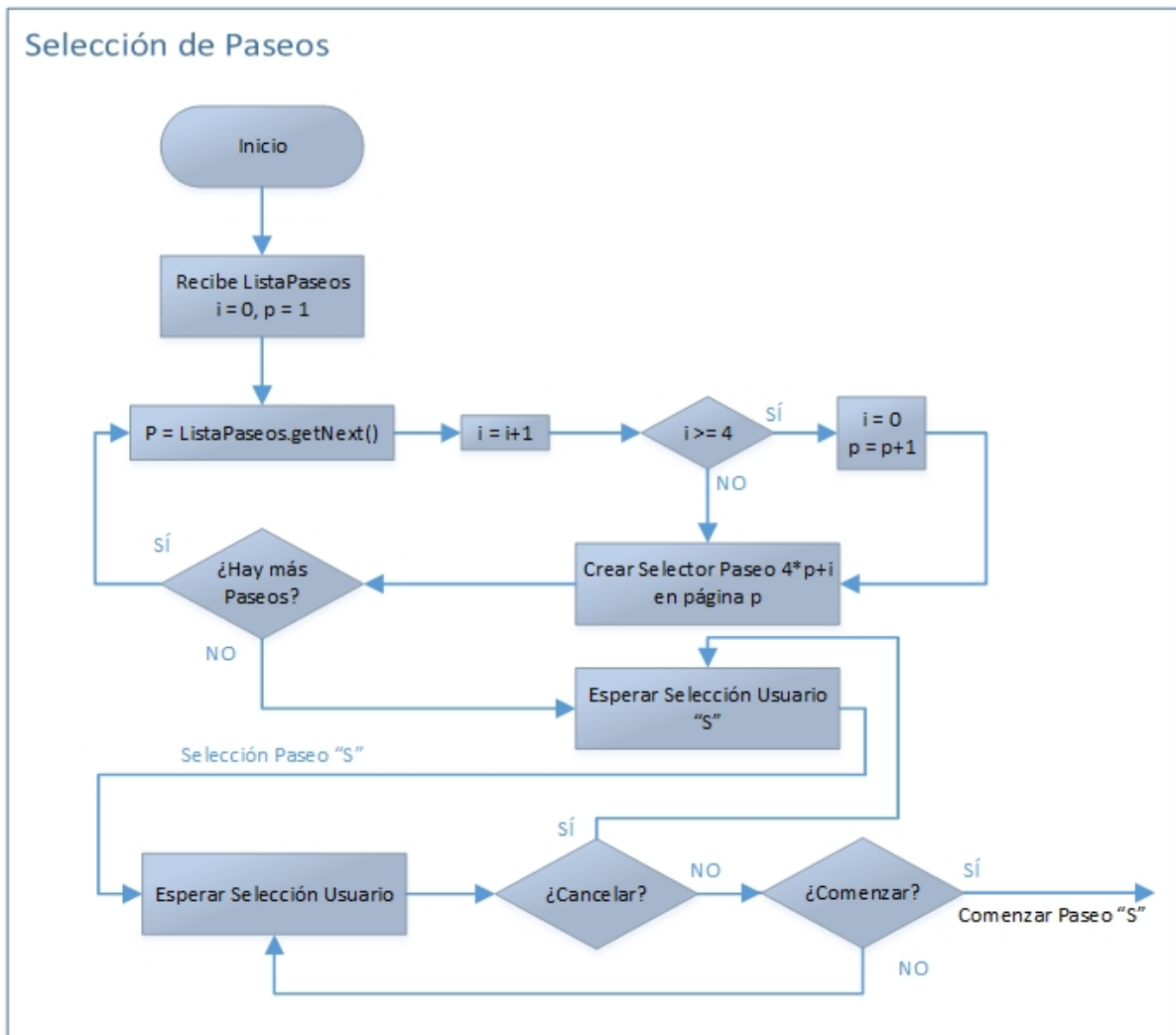


Figura 4.8: Diagrama extendido bloque "Selección de Paseos"

Realizar Paseo

La funcionalidad de este bloque consiste en la realización de un paseo virtual por parte de un usuario.

Este bloque es con diferencia el más complicado del sistema, y a su vez se subdivide en bloques que será necesario ampliar posteriormente.

La realización de un paseo comienza en el momento en el que el usuario selecciona el paseo hasta que éste concluye de forma normal o el usuario decide abandonarlo. Al concluir el paseo siempre se vuelve a la selección de paseos.

Cuando se realiza un paseo se inicializan tres procesos que se encargan de gestionar diferentes aspectos. El bloque que se describe en la Figura 4.9 representa al proceso que controla el estado global del paseo, inicializa los otros procesos, determina en que momento deben lanzarse nuevos eventos visuales y cuando termina el paseo. Las líneas azules se refieren al flujo dentro de un mismo proceso mientras que las naranjas discontinuas son envíos de información mediante paso de eventos entre diferentes procesos.

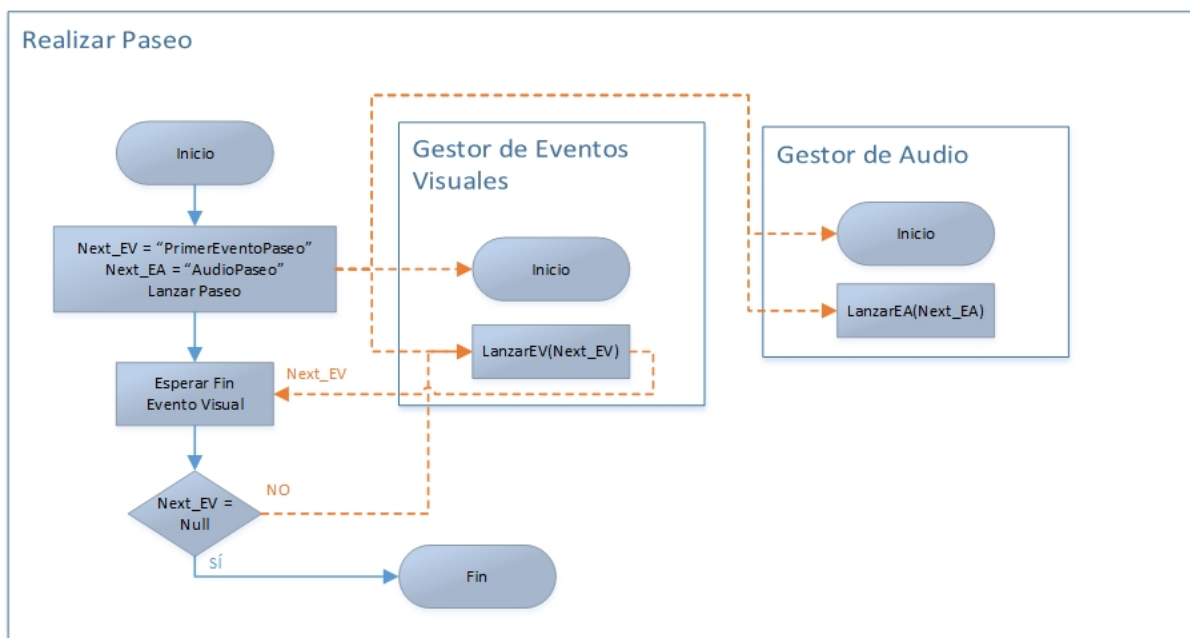


Figura 4.9: Diagrama extendido bloque "Realizar Paseo"

Gestor de Eventos Visuales

Este bloque se creó con la intención de desacoplar el desarrollo de un paseo con el tipo de eventos que estén transcurriendo. Se puede observar su esquema de funcionamiento en la Figura 4.10.

Existen cinco tipos diferentes de eventos visuales que se han identificado en el análisis de la captura de requisitos (Figura 4.2). Como hemos descrito en las fases previas cada caso de uso es diferente, ya que requieren interfaces distintas y presentan funcionalidades diferentes entre ellos, no obstante en nuestro sistema todos se deben comportar de la misma forma, es decir, como caminos dentro del paseo.

La funcionalidad de este bloque es que todos esos casos de uso diferentes sean transparentes para el resto de la aplicación y para la gestión de su ciclo de vida. Para conseguir esto el bloque se encarga de tratar las particularidades de cada caso de uso relacionado con un evento visual así como de proporcionar un interfaz único para todos ellos desde el punto de vista del bloque *Realizar Paseo*.

La gestión de eventos comienza al principio de un paseo al ser llamado por *Realizar Paseo*. En ese momento inicia el primer evento visual y al mismo tiempo se encarga de comunicar al gestor de audio las tareas que debe realizar durante el trascurso del camino. El gestor permanece latente hasta que termina el camino y el usuario selecciona una nueva ruta. En este punto el gestor se encarga de informar a la gestión de paseos cual es esa nueva ruta y esperar confirmación para repetir el proceso.

Finalmente la incorporación de este bloque nos permite solucionar otro de los grandes problemas que tiene Android. Al ser un sistema operativo basado en Java la gestión de memoria es difícil de gestionar. Cuando un camino ha sido recorrido no es posible liberar la memoria utilizada de forma explícita, ya que el propio sistema se encarga de hacerlo mediante el *garbage collector*. Esto supone un importante problema, ya que estamos trabajando con recursos que requieren de una gran cantidad de memoria en dispositivos donde suele ser un recurso limitado. El uso de un gestor de eventos visuales permite que cada nuevo evento visual lanzado utilice la memoria reservada por su predecesor, sin necesidad de reservar memoria propia, lo que acelera la aplicación y reduce el consumo de recursos al mínimo.

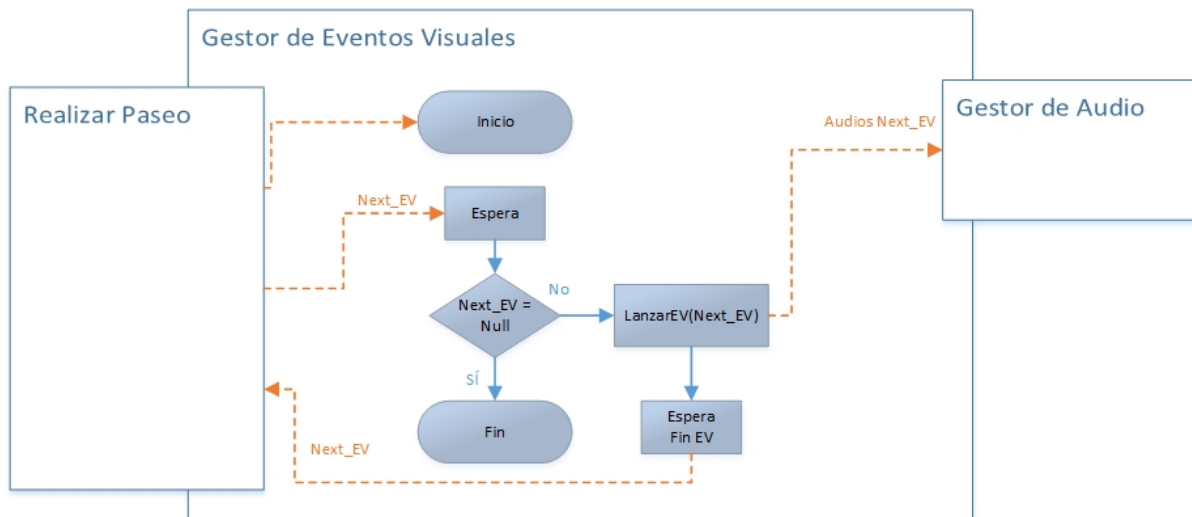


Figura 4.10: Diagrama extendido bloque “Gestor de Eventos Visuales”

Gestor de Audio

Este bloque se creó con la intención de gestionar todos los sonidos que pueden emitirse durante un paseo.

En el transcurso normal de un paseo pueden concurrir hasta 4 hilos independientes de audio que permitan al usuario tener una experiencia de relajación e inmersión lo más intensa posible. Para lograr dicha experiencia es imprescindible contar con una gran flexibilidad en la gestión del sonido.

Al igual que con los eventos visuales los recursos empleados por cada evento visual son reservados y no pueden ser liberados en el momento deseado, por lo que pueden acabar por consumir toda la memoria del dispositivo. Para solucionar este problema y desacoplar la reproducción del audio de los eventos visuales se crea el Gestor de Audio.

La principal tarea de este bloque es el control la reproducción de los cuatro flujos de audio durante el transcurso de los paseos, así como la gestión y reutilización de la memoria destinada a este fin.

Eventos Visuales

Cómo ya se ha descrito anteriormente una de las partes más importantes del sistema son los Eventos Visuales, los cuales están asociados a las distintas rutas que el usuario puede tomar durante el transcurso del paseo.

Cada evento visual tiene características propias que son muy dependientes del lenguaje de programación empleado y que están íntimamente relacionadas con la interfaz de los mismos, lo cual en Android supone un problema significativo pero sin interés para la presente memoria.

En el punto actual se van a describir la implementación de los eventos visuales desde dos puntos de vista: La interacción con el usuario y la generación del contenido visual, obviando en este punto lo referente a la interfaz.

Interacción con el usuario Si analizamos el tipo de eventos visuales con respecto a la interacción con el usuario existen dos tipos: los eventos estáticos y los dinámicos.

Eventos Estáticos Los eventos de *Observar Fotografía*, *Observar Panorámica* y *Vídeo Estático Bucle* se caracterizan por ser eventos en los que es posible repetir indefinidamente el estado actual, por lo que es necesaria la interacción del usuario para producir un cambio, ya sea cambiar el punto de vista, la velocidad o pasar al siguiente evento del paseo.

Eventos Dinámicos Los eventos de *Seguir Camino* y *Vídeo Estático* son dos tipos de evento que producen un avance irreversible. En este tipo de eventos al llegar a su final si existe más de una opción para seguir solicitarán la interacción del usuario, mientras que si solamente existe un posible camino a continuación del evento actual seguirán dicha opción de forma automática.

Generación del contenido visual

Decodificador Todos los eventos visuales que utilizan vídeo real necesitan de un decodificador de vídeo.

La aplicación actual trabaja con distintas tasas de reproducción de vídeo, por lo que fue necesario modificar el comportamiento interno de los decodificadores de vídeo existentes en Android. Para realizar esta labor se partió de las clases *MediaCodek* y *MediaExtractor* de Android, que permiten la extracción y la decodificación de diferentes formatos de vídeo y se modificó el tiempo de extracción de cada frame mediante temporizadores para ajustarse a la tasa de reproducción deseada en cada momento y a las pausas/reanudaciones en el proceso de decodificación.

También fue necesario introducir eventos para informar al evento de que la reproducción del vídeo se acercaba a su fin para poder mostrar al usuario las opciones de selección de rutas solamente cuando es el momento adecuado.

Mirar hacia los lados Para dotar de mayor libertad al usuario se ha implementado el desplazamiento lateral del punto de vista en todos los eventos visuales a excepción de *Observar Fotografía*.

Para ello se trabaja con una imagen de una resolución superior a la de la pantalla del dispositivo cómo se puede observar en la Figura 4.11. Cuando el usuario decide mirar hacia los lados se desplaza el área que se visualiza en la pantalla de nuestro dispositivo, sin salirse de los límites de la imagen original.



Figura 4.11: Método empleado para permitir el desplazamiento lateral de la visión

Observar Panorámica Este evento visual presenta una característica especial que le permite observar el entorno en una vista de 360 grados sin discontinuidad.

Para conseguir este efecto es necesario unificar varias imágenes capturadas desde un mismo punto de vista en una sola empleando técnicas de registro y fusión de imágenes. Una vez generada esta imagen el visualizador se encarga de mostrar las partes de la imagen que se corresponden con el punto de vista del usuario con los desplazamientos adecuados para una visión uniforme del entorno y sin cortes.

La única limitación en resolución para este tipo de imágenes es la memoria disponible para la aplicación en el contexto de ejecución de cada dispositivo.

4.2. Herramientas utilizadas

En este apartado se describen las herramientas empleadas para el desarrollo del proyecto.

4.2.1. AndroidStudio v1.0

Para el desarrollo del presente proyecto se ha utilizado la herramienta AndroidStudio en la versión 1.0 durante la mayor parte del desarrollo y en la versión 1.2.1 en la etapa final del mismo. La licencia del programa es gratuita para desarrolladores.

El entorno de programación nos facilita el desarrollo de aplicaciones para Android mediante el uso de plantillas, funciones, monitor de recursos, etc... que facilitan al desarrollador la creación de aplicaciones para dicho sistema operativo desde las primeras etapas del desarrollo hasta la depuración, validación y test de las etapas finales.

4.2.2. Lenguaje de programación:

El lenguaje de programación empleado en la implementación del sistema ha sido Java dado que se ha usado el SDK de Android, no obstante Android también permite el uso de funciones en c++ si se emplea el NDK para el desarrollo de las aplicaciones.

La elección este lenguaje es debida a la fácil integración del entorno de programación con el lenguaje y a la gran cantidad de documentación existente para este tipo de desarrollos.

El lenguaje Java se caracteriza por ser un lenguaje compatible con prácticamente la totalidad de dispositivos. Esto es debido a que emplea la tecnología de máquinas virtuales, es decir, los programas en Java se ejecutan sobre plataformas que funcionan como un puente entre la aplicación y el sistema operativo. Esto garantiza la compatibilidad de las aplicaciones con prácticamente cualquier sistema, pero el precio a pagar es una menor eficiencia.

4.2.3. Dispositivo BQ Edison 2 QuadCore

El hardware seleccionado para la implementación y prueba del sistema ha sido la tableta *BQ Edison 2 QuadCore* de la empresa española BQ.

La elección del dispositivo se debe principalmente a los siguientes motivos:

- Alta disponibilidad.
- Garantía excelente.
- Requisitos hardware adecuados.
- Relación Calidad/precio Excelente.
- Dispositivo con excelentes valoraciones en Amazon en el momento del comienzo del desarrollo.

Características Técnicas

Las características técnicas principales del dispositivo son las siguientes:

- Pantalla IPS con 10 puntos de detección simultáneos.
- Resolución 1200x800 px con una densidad de 149 ppp.
- Pantalla de 10,1 pulgadas con un ángulo de visión de 178 grados.
- Procesador Cortex A9 de cuatro núcleos a 1,6 GHz.
- 1GB de memoria RAM.
- 16GB de almacenamiento interno expandibles mediante microSD.
- GPU Mail 400 con una frecuencia de reloj de hasta 600 MHz.
- Sistema Operativo Android 4.2.2.
- Batería Li-ion de 8600mAh.
- Dimensiones 176,6 x 258 x 11 mm.
- Peso 680g.
- Conexiones Micro-USB OTG, HDMI dual 1080p, Jack 3,5 mm para auriculares TRRS (CTIA).
- Conectividad Wireless IEEE 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.0

Capítulo 5

Evaluación

La evaluación del proyecto y la medida del impacto real en la mejora de la calidad de vida de las personas se ha enfocado desde tres puntos de vista:

- **Control de usabilidad:** Permite evaluar la facilidad del uso de la aplicación por personas que no son técnicos. Este punto ha sido de especial importancia a la hora del diseño de la misma. El estudio de usabilidad se realizará por parte del equipo técnico.
- **Encuesta de Satisfacción:** Al finalizar el programa se realizará una encuesta de satisfacción a los usuarios del sistema. Esta medida está pendiente a la espera de la finalización del estudio de la efectividad del sistema.
- **Efectividad del sistema:** La medida de la efectividad del sistema corresponde al equipo clínico del hospital San José de Teruel. Para la medida de la efectividad se van a emplear diferentes indicadores objetivos que se describen a continuación:
 - Número de pacientes que realizan aprendizaje de técnicas de relajación habituales.
 - Número de pacientes que realizan técnicas de relajación virtual.
 - Medida de datos objetivos mediante:
 - Resultados de la encuesta de satisfacción y escala de usabilidad.
 - Dosis de medicación (ansiolíticos) que necesitan los pacientes que realizan las técnicas virtuales con los que no realizan ninguna técnica.
 - Escalas de medida de la calidad de vida.
 - Escalas de ansiedad.
 - Escalas de depresión.

Puesto que el estudio de la efectividad del sistema corresponde al equipo clínico y todavía no han obtenido resultados no se va a profundizar en las escalas que se van a utilizar en el estudio de este ítem.

5.1. Control de Usabilidad

El control de la usabilidad del sistema es la única medida correspondiente al equipo técnico que se ha realizado a falta de realizar la encuesta de satisfacción una vez concluya el proyecto. A continuación se describe la metodología empleada para el estudio de este ítem y los resultados obtenidos.

5.1.1. Metodología

Participantes

La población para el estudio previo está formada por 13 personas sanas (5 mujeres y 8 hombres) con edades comprendidas entre los 17 y los 58 años (media $25.5 \pm 12,4$).

Instrumentación

Hardware Tablet *BQ edisson 2 QuadCore* con SO Android 4.2.2.

Software La aplicación permite la realización de paseos virtuales completamente configurables con vídeo e imagen real junto con diversos estímulos visuales y auditivos controlados por el terapeuta donde el paciente tiene cierta libertad a la hora de elegir los diferentes recorridos y de interactuar con el sistema. Se ha desarrollado un paseo corto de prueba donde se pueden observar todas las posibilidades del sistema.

Uso Para la evaluación del sistema en primer lugar se ha explicado al usuario las posibilidades del mismo con ayuda de un manual de uso durante dos minutos. A continuación el usuario ha utilizado la aplicación realizando un paseo de prueba de una duración estimada de tres minutos (Ver Figura 5.1). Inmediatamente después del uso de la aplicación se ha pasado el cuestionario SEQ.

Intervención

Se ha usado el sistema descrito por el cuestionario SEQ para la medida de la usabilidad del sistema [46].

5.1.2. Resultados

La evaluación de la aplicación se ha realizado sobre una muestra de 13 personas. La puntuación final obtenida para el cuestionario SEQ ha sido de $59.46 \pm 2,70$. Los resultados individuales de cada cuestión se muestran en la Tabla 5.1 y en la Figura 5.2.

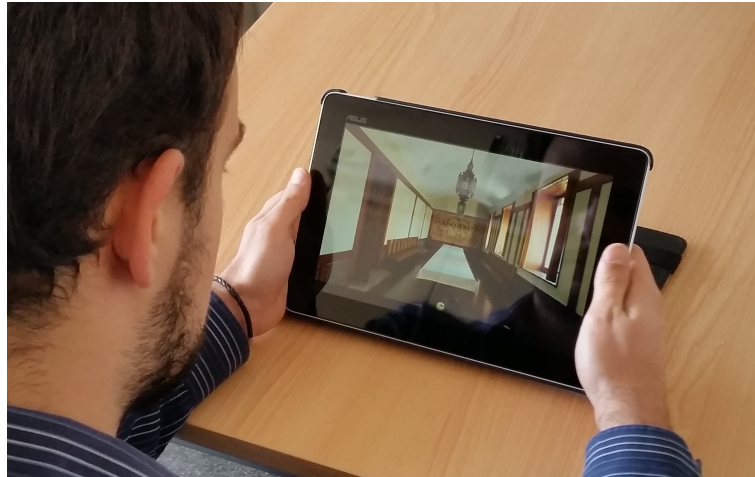


Figura 5.1: Usuario durante una prueba de la aplicación

Pregunta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Media	3.68	4.43	4.67	3.01	4.64	4.43	1.04	1.00	1.00	1.26	4.33	1.00	1.15
StDesv	0.60	0.66	0.60	1.12	0.48	0.66	0.28	0.00	0.00	0.66	0.51	0.00	0.63

Tabla 5.1: Resultados del test de usabilidad SEQ

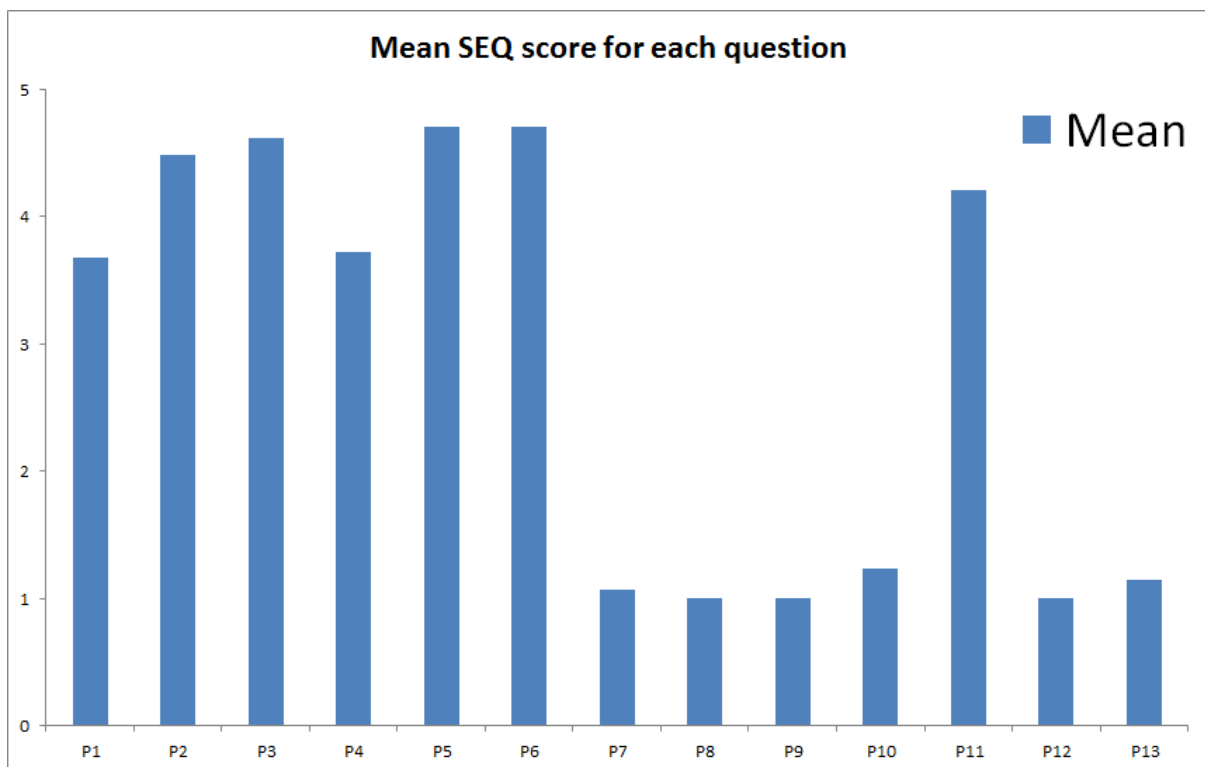


Figura 5.2: Resultados del test de usabilidad SEQ

Capítulo 6

Discusión/Conclusiones

En este apartado vamos a tratar diversos temas. Entre ellos se encuentran las conclusiones obtenidas a la vista de los resultados, las contribuciones en revistas y congresos relacionadas con el presente proyecto, los problemas encontrados en el desarrollo de la aplicación y las soluciones encontradas para dichos problemas, las posibilidades de expansión del sistema y finalmente las recomendaciones para futuros trabajos relacionados con éste proyecto.

6.1. Análisis de resultados

En base a los resultados SEQ obtenidos en el presente trabajo podemos afirmar que la aplicación desarrollada cumple con los objetivos de usabilidad, aceptación y seguridad de uso. Es de especial interés observar los altos resultados obtenidos en las preguntas 2, 5 y 6 que hacen referencia a la validez ecológica del sistema de RV, así como el bajo resultado obtenido en las preguntas con puntuación negativa 7, 8, 9 y 10 que hacen referencia a problemas derivados del uso de técnicas de RV. La puntuación global del sistema es de 59.46, un resultado excelente considerando que los resultados del cuestionario SEQ varían desde 13(usabilidad pobre) a 65(usabilidad excelente).

Actualmente estamos introduciendo el sistema en la unidad de paliativos y convalecencia del hospital San José para una nueva evaluación con pacientes. En esta nueva evaluación se estudiará la relajación, el control de estrés, la usabilidad, la accesibilidad y la seguridad de uso con la población objetivo del estudio.

6.2. Divulgación y Contribuciones

Los excelentes resultados de usabilidad ofrecidos por el sistema, han dado lugar a una primera contribución en un Congreso Internacional referente en el campo de aplicación de tecnología para Neurorehabilitación (International Conference on Recent Advances in Neurorehabilitation). Dicha contribución fue presentada oralmente y publicada:

- Publication: Sanchis-Cano, Á. et.al. (2015). Suitability of a virtual mindfulness system designed

for patients of a palliative care center: a preliminary study. In: International Conference on Recent Advances in Neurorehabilitation 2015 (ICRAN 2015). Valencia, Spain, pp.113-115. ISBN 978-84-606-7993-6.

- Oral presentation: Sanchis-Cano. Á. (June, 2015). Virtual Mindfulness System helps Patients of a Palliative Care Center. Presented in International Conference on Recent Advances in Neurorehabilitation 2015 (ICRAN 2015). Valencia, Spain.

6.3. Dificultades en el desarrollo

En el desarrollo del proyecto han surgido múltiples problemas que han tenido que ser resueltos. En el presente punto se describen algunos de esos problemas y las soluciones empleadas para superarlos.

El primer problema surgió al seleccionar Android como sistema operativo sobre el que se iba a desarrollar la aplicación ya que no se tenían conocimientos sobre el desarrollo de aplicaciones sobre dicha plataforma. Para solucionar este primer problema en las primeras etapas del desarrollo se realizó un curso de Android online creado por la UPV.

Otro de los problemas a los que hubo que enfrentarse durante el desarrollo del proyecto fue debido al hardware. Las tabletas de bq funcionan sin problemas para los usuarios, no obstante el módulo del SDK encargado de comunicar el entorno de desarrollo con el dispositivo era incompatible con este dispositivo al ser de un fabricante poco conocido. Para solucionar este problema fue necesario investigar en diferentes foros hasta encontrar un controlador adecuado que permitiera al ADT comunicarse con el dispositivo.

Durante prácticamente todo el desarrollo de la aplicación se empleó Eclipse como entorno de programación, no obstante la información que este entorno facilitaba sobre la ejecución de la aplicación era escasa, por lo que en las últimas etapas fue necesario migrar el proyecto a AndroidStudio para solucionar problemas relacionados con fugas de memoria.

Una vez resueltos los problemas ajenos a la aplicación en sí se van a describir algunos de los problemas encontrados durante la programación de la misma.

A causa de que el conocimiento al comienzo del sistema operativo al terminar el curso era básico a mitad de desarrollo de la aplicación tuvo que reescribirse todo el código de la misma para solucionar problemas de acoplamiento y fallos que no era posible resolver con la estructura del programa en ese momento.

Uno de los requisitos de la aplicación era la reproducción de vídeos a diferentes tasas. Android facilita la clase *MediaPlayer* para la reproducción de vídeo, no obstante esta clase no era compatible con la modificación de la velocidad de reproducción, por lo que se tuvo que acudir a la clase *MediaCodec* y *MediaExtractor*, haciendo la aplicación incompatible para aquellos dispositivos con una versión de Android inferior a la 4.0.

Otro de los requisitos de la aplicación era el posibilitar al usuario *mirar hacia los lados*. Se estuvo investigando y no se encontró ninguna forma de decodificar parcialmente una imagen, por lo que se optó por la solución de visualizar el vídeo sobre una superficie virtual superior a la pantalla, la cual sí que podía ser desplazada en tiempo de ejecución.

Finalmente la programación del interfaz de usuario en Android es algo bastante incómodo, teniendo que

crear todos los elementos dinámicamente si queremos que nuestra aplicación sea multi-resolución. Para solucionar este problema se tuvieron que invertir muchas horas en el estudio de la creación de interfaces de usuario en tiempo de ejecución, usando un *Thread* específico para ello.

6.4. Trabajos Futuros

Las primeras recomendaciones para trabajos futuros son la conclusión de la evaluación de la eficacia del sistema por parte del equipo clínico. Para ello se proponen los siguientes puntos:

- Realizar las grabaciones de voz por el equipo de fisioterapeutas, desarrollando diversas sesiones de relajación para integrar en los paseos de la aplicación.
- Adquirir las tabletas que permitan integrar la aplicación y visualizarla.
- Aplicar el programa a pacientes del Hospital San José y analizar la usabilidad, problemas técnicos y posibilidades de mejora.
- Desarrollo de una aplicación gráfica que permita la creación de paseos por parte de personal no técnico.
- Ampliar el programa con otro tipo de paseos que sirvan para el tratamiento de otras enfermedades.

De forma paralela se propone en futuros trabajos adaptar la aplicación a nuevas plataformas para mejorar su accesibilidad e introducir nuevas funcionalidades para la evaluación automática del estado del paciente, tales como seguimiento ocular o medición de las pulsaciones durante el transcurso del paseo, etc.

Finalmente se propone la aplicación de las técnicas empleadas en el presente estudio en otros ámbitos.

6.5. Valoración Personal

El presente proyecto desarrollado en gran medida como parte de una beca de colaboración con el ai2 ha supuesto una gran oportunidad para poder costear los estudios del máster. Por este motivo me gustaría agradecer esta oportunidad a las personas que me han permitido seguir creciendo en mi formación y estudiar aquello que me gusta.

Por otro lado el trabajo realizado durante el desarrollo del proyecto ha sido de gran utilidad para conocer mejor la forma en la que se trabaja en un proyecto multidisciplinar en la aplicación de técnicas de imagen digital aprendidas durante el máster a ámbitos externos a la informática.

El desarrollo de un proyecto de estas características no habría sido posible sin el apoyo de mi director José Antonio Gil, que ha posibilitado que el trabajo realizado pudiera servir para mejorar la vida de personas concretas, lo cual ha supuesto una motivación añadida durante todo el tiempo de duración del mismo.

Para concluir el presente trabajo solamente me queda agradecer a los profesores, a pesar de mis diferencias con algunos de ellos, al DSIC y a la universidad el esfuerzo realizado para tener un máster

de calidad. Un máster en el que he tenido que focalizar mi esfuerzo en el área de la Imagen Digital, pero que si hubiera tenido la oportunidad hubiera hecho en todas las áreas del mismo. Finalmente me queda dar las gracias a la Fundación Dña. Carolina Álvarez y al colegio mayor San Juan de Ribera por la beca que me ha permitido estar más cerca de la universidad y a mis compañeros que me han acompañado durante los dos últimos años.

Capítulo 7

Presupuesto

Uno de los principales intereses del sistema es el bajo coste que presenta respecto a otros sistemas ya existentes, por lo que se ha considerado conveniente realizar un estudio simple del coste del proyecto de cara a una hipotética comercialización del mismo.

Concepto	Coste
Costes fijos:	
Tablet BQ Edison 3	199.90€(bq 08-07-2015)
Software Reproducción + Paseos Básicos	20.00€
Paseos:	50€/Paseo.
Total Costes Fijos:	219.90€por usuario + 50€/Paseo
Cuota mensual:	
Actualización software:	5€/(dispositivo*mes)
Licencia paciente:	5€/(paciente*mes)
Total Costes Variables:	10€/(paciente*mes)
Total:	219.90€por dispositivo + 50€/Paseo + 5€/(dispositivo*mes) + 5€/(paciente*mes)

Tabla 7.1: Presupuesto desglosado del sistema de RV

Además de lo mostrado en la Tabla 7.1 se ofrece el servicio de generación de paseos a medida para aquellos centros que lo deseen. El presupuesto para este tipo de servicios es variable en función de las características del paseo (especialmente la cantidad de eventos a incluir) y la localización del mismo.

El modelo de negocio para el que está calculado el presupuesto es para la venta del producto a hospitales, con un coste de entrada mínimo de 219.90€ por dispositivo + 5€/mes por las actualizaciones. Una vez adquiridos los dispositivos el cliente puede adquirir nuevos paseos por un coste de 50€ por paseo, que solamente deberían ser abonados una vez. Este coste puede parecer alto, no obstante, si se tienen en cuenta los costes de desarrollo y que una vez adquiridos los paseos pueden emplearse en todos los dispositivos del cliente el coste es bajo para clientes con muchos usuarios como son los hospitales. Por otro lado se añade un coste variable de 5€/mes por usuario.

Los precios mostrados en la tabla se han elegido con el objetivo de reducir al mínimo el coste de la implantación del sistema para nuevos clientes y favorecer así su rápido crecimiento. El beneficio obtenido por venta es mínimo comparado con el coste de desarrollo. El principal beneficio se encuentra con la venta de licencias por pacientes, siendo este modelo de negocio efectivo una vez se tenga un gran número de clientes.

Bibliografía

- [1] I. N. de Estadística, “Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares,” Oct. 2014. [Online]. Available: <http://www.ine.es/prensa/np864.pdf>
- [2] J. Gu, C. Strauss, R. Bond, and K. Cavanagh, “How do mindfulness-based cognitive therapy and mindfulness-based stress reduction improve mental health and wellbeing? A systematic review and meta-analysis of mediation studies,” *Clinical Psychology Review*, vol. 37, pp. 1–12, Apr. 2015. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272735815000197>
- [3] J. Orlansky and J. String, “Cost-Effectiveness of Flight Simulators for Military Training. Volume 1. Use and Effectiveness of Flight Simulators,” Tech. Rep., Aug. 1977.
- [4] G. E. Moore and others, “Cramming more components onto integrated circuits,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 1, pp. 82–85, 1998.
- [5] A. Rizzo and G. Kim, “A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality Rehabilitation and Therapy,” *Presence*, vol. 14, no. 2, pp. 119–146, Apr. 2005.
- [6] G. Riva, “Virtual Reality for Health Care: The Status of Research,” *CyberPsychology & Behavior*, vol. 5, no. 3, pp. 219–225, Jun. 2002. [Online]. Available: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/109493102760147213>
- [7] G. W. Harrison, E. Haruvy, and E. E. Rutström, “Remarks on Virtual World and Virtual Reality Experiments,” *Virtual Worlds and Virtual Reality*, vol. 78, no. 1, pp. 87–94, Jul. 2011. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.4284/0038-4038-78.1.87/abstract>
- [8] A. S. Rizzo, J. Difede, B. O. Rothbaum, G. Reger, J. Spitalnick, J. Cukor, and R. Mclay, “Development and early evaluation of the Virtual Iraq/Afghanistan exposure therapy system for combat-related PTSD,” *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1208, no. 1, pp. 114–125, Oct. 2010. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2010.05755.x/abstract>
- [9] L. Freina and M. Ott, “A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives,” *Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)(Bucharest, Romania, April 23–24, 2015)*, 2015.
- [10] M. Baumhauer, M. Feuerstein, H.-P. Meinzer, and J. Rassweiler, “Navigation in Endoscopic Soft Tissue Surgery: Perspectives and Limitations,” *Journal of Endourology*, vol. 22, no. 4, pp. 751–766, Mar. 2008. [Online]. Available: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/end.2007.9827>
- [11] R. McCloy and R. Stone, “Virtual reality in surgery,” *BMJ*, vol. 323, no. 7318, pp. 912–915, Oct. 2001. [Online]. Available: <http://www.bmj.com/content/323/7318/912>

- [12] J.-A. Gil-Gómez, R. Lloréns, M. Alcañiz, and C. Colomer, “Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury,” *J Neuroeng Rehabil*, vol. 8, p. 30, 2011.
- [13] M. S. Cameirão, S. B. Badia, E. D. Oller, P. Verschure, and others, “Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System: methodology, design, psychometrics, usability and validation,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 7, no. 1, p. 48, 2010.
- [14] A. S. Merians, D. Jack, R. Boian, M. Tremaine, G. C. Burdea, S. V. Adamovich, M. Recce, and H. Poizner, “Virtual Reality–Augmented Rehabilitation for Patients Following Stroke,” *PHYS THER*, vol. 82, no. 9, pp. 898–915, Sep. 2002. [Online]. Available: <http://ptjournal.apta.org/content/82/9/898>
- [15] K. E. Laver, S. George, S. Thomas, J. E. Deutsch, and M. Crotty, “Virtual reality for stroke rehabilitation,” in *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, Feb. 2015. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD008349.pub3/abstract>
- [16] D. Jack, R. Boian, A. Merians, M. Tremaine, G. Burdea, S. Adamovich, M. Recce, and H. Poizner, “Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation,” *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 308–318, Sep. 2001.
- [17] G. Saposnik, R. Teasell, M. Mamdani, J. Hall, W. McIlroy, D. Cheung, K. E. Thorpe, L. G. Cohen, M. Bayley, and f. t. S. O. R. C. S. W. Group, “Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation A Pilot Randomized Clinical Trial and Proof of Principle,” *Stroke*, vol. 41, no. 7, pp. 1477–1484, Jul. 2010. [Online]. Available: <http://stroke.ahajournals.org/content/41/7/1477>
- [18] J. Zhu, X. Jia, and X. Q. Mei, “Smart Home Control System Based on Internet of Things,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 738-739, pp. 233–237, Mar. 2015. [Online]. Available: <http://www.scientific.net/AMM.738-739.233>
- [19] M. Huber, B. Rabin, C. Docan, G. Burdea, M. Nwosu, M. AbdelBaky, and M. Golomb, “PlayStation 3-based tele-rehabilitation for children with hemiplegia,” in *Virtual Rehabilitation*, 2008, Aug. 2008, pp. 105–112.
- [20] M. Bayón and J. Martínez, “Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual,” *Rehabilitación*, vol. 44, no. 3, pp. 256–260, Jul. 2010. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712010000514>
- [21] B. C. Zapata, J. L. Fernández-Alemán, A. Idri, and A. Toval, “Empirical Studies on Usability of mHealth Apps: A Systematic Literature Review,” *J Med Syst*, vol. 39, no. 2, pp. 1–19, Jan. 2015. [Online]. Available: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10916-014-0182-2>
- [22] J. Annema, M. Verstraete, V. V. Abeele, S. Desmet, and D. Geerts, “Video games in therapy: a therapist’s perspective,” *International Journal of Arts and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 106–122, 2012.
- [23] G. Burdea, “Keynote address: Virtual rehabilitation-benefits and challenges,” in *1st International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation (Mental Health, Neurological, Physical, Vocational) VRMHR*. sn, 2002, pp. 1–11.

- [24] K. J. Miller, B. S. Adair, A. J. Pearce, C. M. Said, E. Ozanne, and M. M. Morris, “Effectiveness and feasibility of virtual reality and gaming system use at home by older adults for enabling physical activity to improve health-related domains: a systematic review,” *Age and ageing*, vol. 43, no. 2, pp. 188–195, 2014.
- [25] L. Y. Joo, T. S. Yin, D. Xu, E. Thia, P. F. Chia, C. W. K. Kuah, and K. K. He, “A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke,” *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 42, no. 5, pp. 437–441, May 2010.
- [26] V. Fung, K. So, E. Park, A. Ho, J. Shaffer, E. Chan, and M. Gomez, “The Utility of a Video Game System in Rehabilitation of Burn and Nonburn Patients: A Survey Among Occupational Therapy and Physiotherapy Practitioners;,” *Journal of Burn Care & Research*, vol. 31, no. 5, pp. 768–775, Sep. 2010. [Online]. Available: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=01253092-201009000-00011>
- [27] T. Turner, D. Spruijt-Metz, C. Wen, and M. Hingle, “Prevention and treatment of pediatric obesity using mobile and wireless technologies: a systematic review,” *Pediatric obesity*, 2015.
- [28] A. G. Ershow, C. M. Peterson, W. T. Riley, A. S. Rizzo, and B. Wansink, “Virtual Reality Technologies for Research and Education in Obesity and Diabetes: Research Needs and Opportunities,” *J Diabetes Sci Technol*, vol. 5, no. 2, pp. 212–224, Mar. 2011. [Online]. Available: <http://dst.sagepub.com/content/5/2/212>
- [29] D. Rand, R. Kizony, and P. T. L. Weiss, “The Sony PlayStation II EyeToy: Low-Cost Virtual Reality for Use in Rehabilitation;,” *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 32, no. 4, pp. 155–163, Dec. 2008. [Online]. Available: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=01253086-200812000-00002>
- [30] L. Sucar, R. Leder, J. Hernández, I. Sánchez, and G. Azcarate, “Clinical evaluation of a low-cost alternative for stroke rehabilitation,” in *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2009. ICORR 2009*, Jun. 2009, pp. 863–866.
- [31] J. Halton, “Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy,” *Occupational Therapy Now*, vol. 9, no. 6, pp. 12–14, 2008.
- [32] M. C. J. C M Botella, “Mixing realities? An application of augmented reality for the treatment of cockroach phobia,” *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, vol. 8, no. 2, pp. 162–71, 2005.
- [33] M. A. M C Juan, “Using augmented reality to treat phobias,” *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 25, no. 6, pp. 31–37, 2005.
- [34] D. González-Ortega, F. J. Díaz-Pernas, M. Martínez-Zarzuela, and M. Antón-Rodríguez, “A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring,” *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 113, no. 2, pp. 620–631, Feb. 2014. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260713003568>
- [35] J. E. Pompeu, F. A. d. S. Mendes, K. G. d. Silva, A. M. Lobo, T. d. P. Oliveira, A. P. Zomignani, and M. E. P. Piemonte, “Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson’s disease: A randomised clinical trial,” *Physiotherapy*, vol. 98, no. 3, pp. 196–204, Sep. 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031940612000624>

- [36] L. Evald, “Prospective memory rehabilitation using smartphones in patients with TBI: What do participants report?” *Neuropsychological Rehabilitation*, vol. 25, no. 2, pp. 283–297, Mar. 2015. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1080/09602011.2014.970557>
- [37] A. Mirelman, I. Maidan, and J. E. Deutsch, “Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson’s disease,” *Mov Disord.*, vol. 28, no. 11, pp. 1597–1608, Sep. 2013. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mds.25670/abstract>
- [38] M. R. Kandalaf, N. Didehbani, D. C. Krawczyk, T. T. Allen, and S. B. Chapman, “Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism,” *J Autism Dev Disord*, vol. 43, no. 1, pp. 34–44, May 2012. [Online]. Available: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10803-012-1544-6>
- [39] K. R. Lohse, C. G. Hilderman, K. L. Cheung, S. Tatla, and H. Van der Loos, “Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy,” *PloS one*, vol. 9, no. 3, p. e93318, 2014.
- [40] J. G. Thomas and D. S. Bond, “Review of innovations in digital health technology to promote weight control,” *Current diabetes reports*, vol. 14, no. 5, pp. 1–10, 2014.
- [41] TOYRA, “Scientific Activity - Toyra – Sistema de Rehabilitación.” [Online]. Available: http://www.toyra.org/en/i_que-es-toyra/scientific-references/
- [42] Hocoma, “Hocoma.” [Online]. Available: <http://www.hocoma.com/en/>
- [43] VirtualRehab, “VirtualRehab.” [Online]. Available: <http://www.virtualrehab.info/es/>
- [44] Ai2, “Ai2, Instituto de Automática e Informática Industrial.” [Online]. Available: <https://www.ai2.upv.es/es/index.php>
- [45] Labhuman, “LabHuman, Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería.” [Online]. Available: <http://www.labhuman.com/>
- [46] J.-A. Gil-Gómez, H. Gil-Gómez, J.-A. Lozano-Quilis, P. Manzano-Hernández, S. Albiol-Pérez, and C. Aula-Valero, “SEQ: Suitability Evaluation Questionnaire for Virtual Rehabilitation Systems. Application in a Virtual Rehabilitation System for Balance Rehabilitation,” in *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, ser. PervasiveHealth ’13. ICST, Brussels, Belgium, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2013, pp. 335–338. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2013.252216>

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

MANUAL DE USUARIO
Paseos Virtuales v2.1

Ángel Sanchis Cano

Valencia, Julio 2015

Manual de usuario de la aplicación Paseos virtuales en su versión 2.1 que describe las posibilidades que ofrece la aplicación.

Apéndice A

Anexo I: Manual de Usuario

A.1. Introducción

El objetivo del presente manual es mostrar las diversas posibilidades de la aplicación desarrollada para la plataforma Android “Paseos Virtuales”. La aplicación permite realizar diversos paseos en un dispositivo móvil, permitiendo al usuario elegir entre distintos eventos como son seguir un camino, ver un vídeo, una foto panorámica, . . . , así como modificar la velocidad de reproducción de los paseos y mirar levemente hacia los lados durante el paseo. La aplicación está destinada a pacientes de cuidados paliativos y el objetivo de la misma es inducir relajación en los mismos a través de estímulos visuales y auditivos para mejorar la calidad de vida del paciente.

A.2. Acceso a la aplicación

Para acceder a la aplicación solamente debe pulsarse sobre el icono de la Figura A.8.

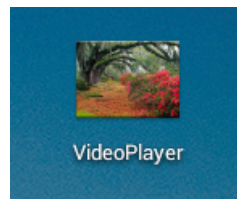


Figura A.1: Icono de acceso a la aplicación

Una vez abierta la aplicación se muestra la pantalla de inicio como se puede observar en la Figura A.2.

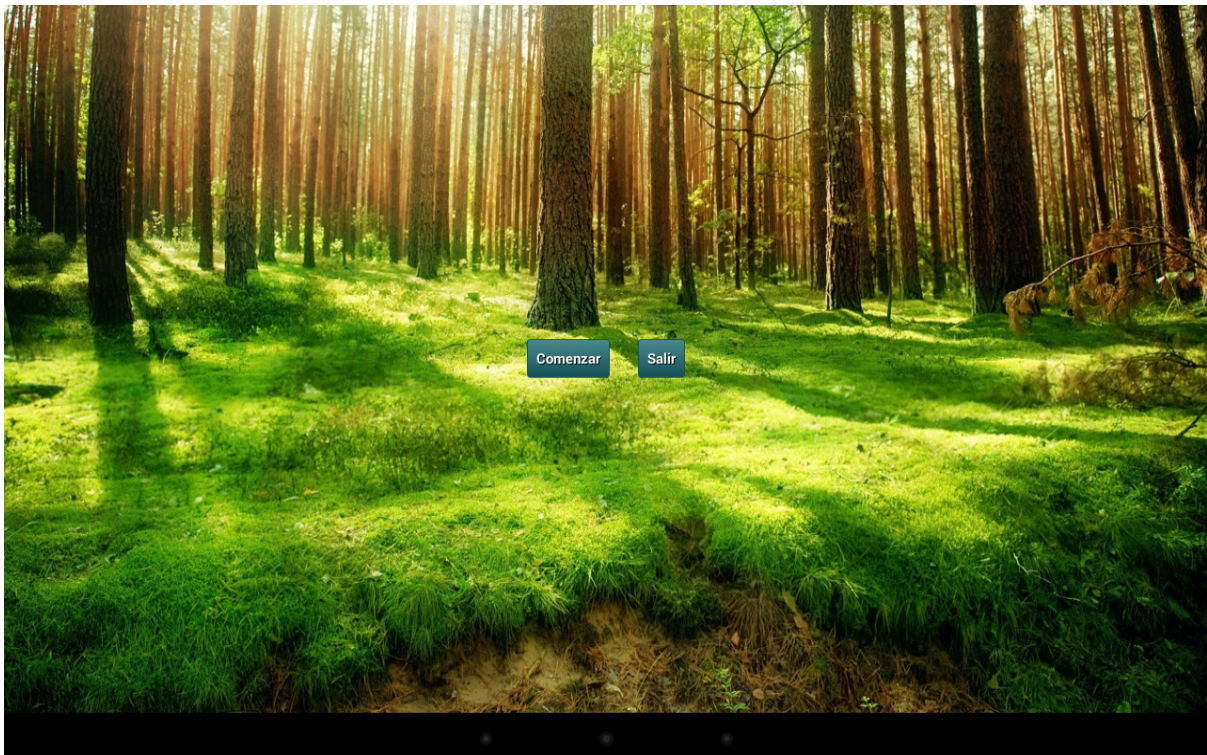


Figura A.2: Pantalla de inicio

En este punto podemos seleccionar *Comenzar* para iniciar la aplicación o *Salir* para terminar con la ejecución de la misma.

A.3. Selección de paseo

Una vez iniciada la aplicación se nos mostrará la ventana de selección de paseos de la Figura A.3, donde podemos ver una imagen y un título que identifican a cada paseo. Si hay más de 4 paseos guardados se activará la opción de deslizar con el dedo para poder ver el resto de paseos existentes. Para seleccionar un paseo se debe pulsar sobre el mismo.

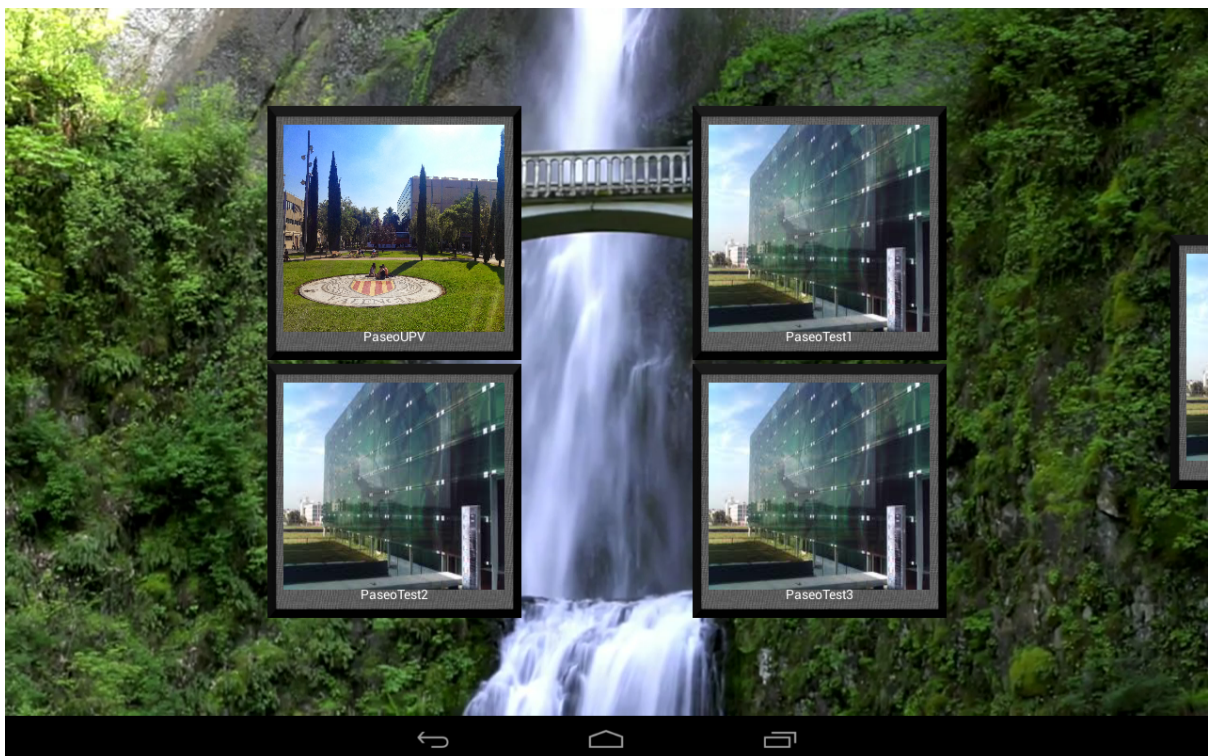


Figura A.3: Ventana de selección de paseos

Una vez seleccionado un paseo se mostrará la imagen del paseo a pantalla completa que podemos ver en la Figura A.4 y las opciones de *Comenzar* para iniciar el paseo o de *Volver* para volver al menú de selección de paseos.



Figura A.4: Ventana de inicio de paseo

A.4. Realizar Paseo

Una vez elegido un paseo y seleccionada la opción de comenzar se carga el paseo y se inicia a la velocidad predefinida el vídeo inicial del paseo. Un paseo puede estar compuesto por una serie de eventos que se van a describir a continuación.






Tipo de Evento	Icono	Descripción
Camino		Carga un vídeo que va siguiendo un camino. Es el tipo de evento principal que compone un paseo. Permite modificar la velocidad de reproducción y observar ligeramente hacia los laterales.
Foto Normal		Carga una imagen normal.
Panorámica 360		Carga una imagen panorámica. Se permite el desplazamiento mediante pulsación.
Vídeo Estático Bucle		Carga un video donde el observador está quieto que se repite indefinidamente hasta que el usuario decide interrumpir. Permite modificar la velocidad de reproducción y observar ligeramente hacia los laterales.
Vídeo Estático Sin Bucle		Carga un video donde el observador está quieto y no finaliza al terminar el video. Permite modificar la velocidad de reproducción y observar ligeramente hacia los laterales.

Tabla A.1: Tabla resumen opciones de selección de caminos

A.4.1. Evento Camino

Principal

Este tipo de evento permite modificar la velocidad de reproducción del vídeo y realizar un desplazamiento lateral mediante pulsaciones en la pantalla.

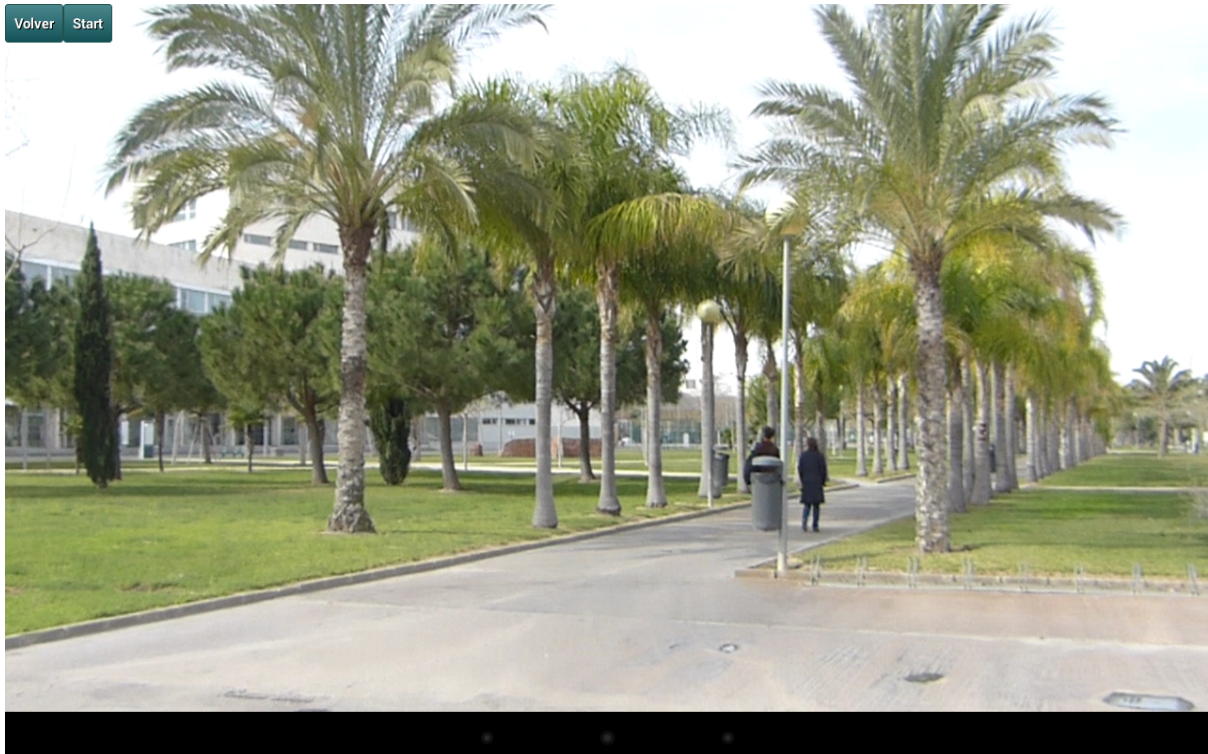


Figura A.5: Interfaz Evento Camino

Terminar Paseo

Durante este tipo de evento se puede abandonar el paseo pulsando el botón de *Volver*, tras lo que se solicitará una confirmación y se puede pausar y reanudar el paseo pulsando el botón *Start*. Si se decide abandonar se termina el paseo y se vuelve a la ventana de selección de paseo.

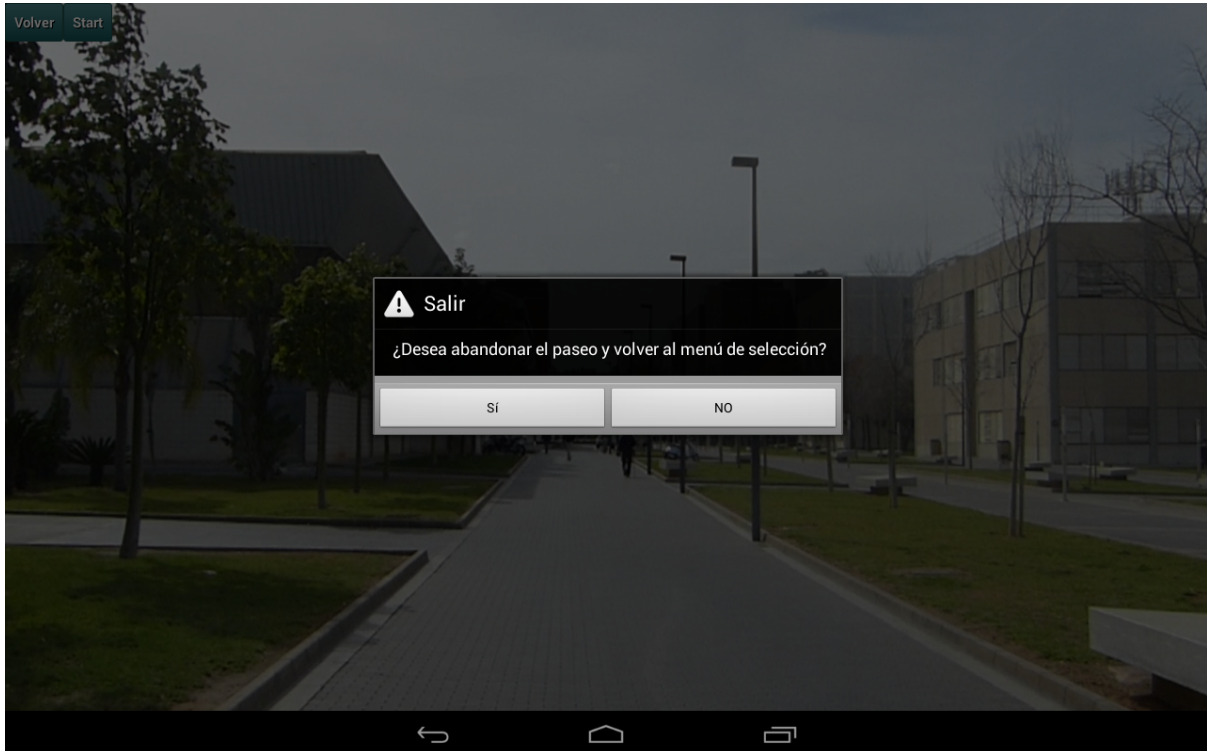


Figura A.6: Interfaz Terminar Paseo

Control Velocidad y Posición

Para modificar la velocidad o la posición del video existen áreas dónde se puede pulsar. Para incrementar la velocidad se debe mantener pulsado en la parte superior central de la pantalla, para reducir en la parte inferior central. Por otra parte para el desplazamiento se debe mantener pulsado en los laterales de la pantalla. Al dejar de pulsar en la pantalla tanto la posición como la velocidad del vídeo volverán de forma progresiva a su valor por defecto.

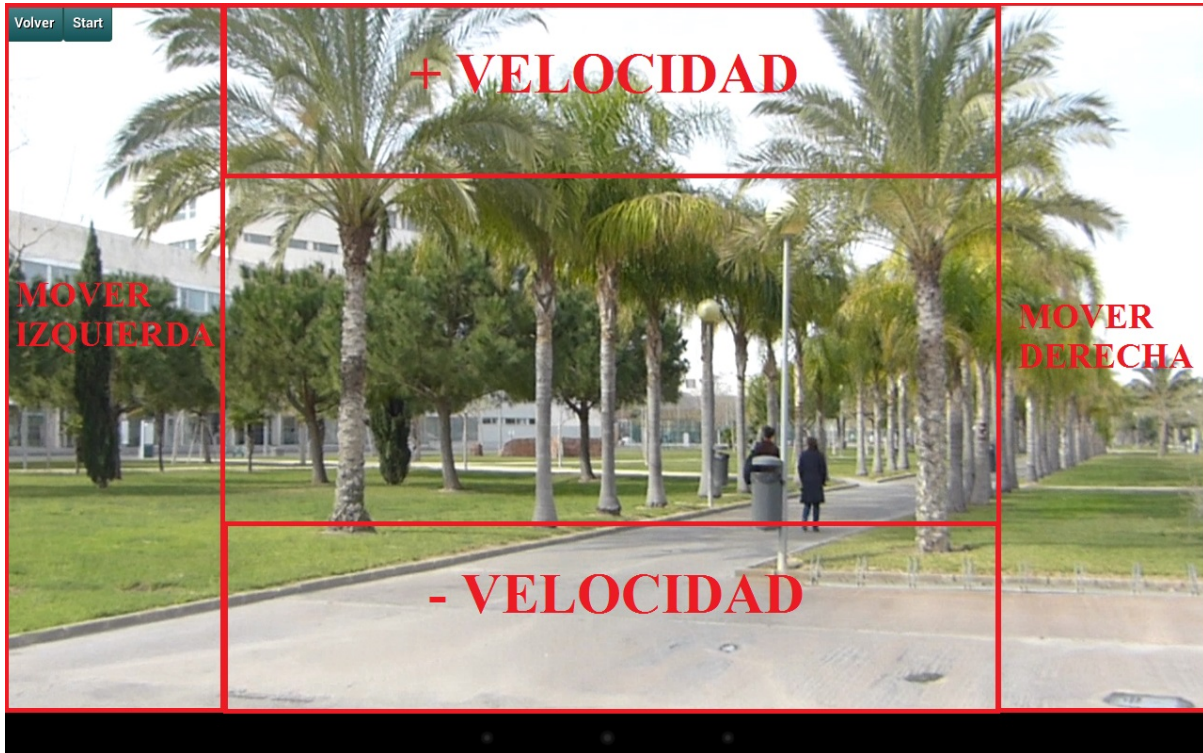


Figura A.7: Áreas para el control táctil de velocidad y de posición

Selección de Ruta

Al terminar cada camino si existen varias opciones para elegir se mostrará una barra inferior con los eventos con los que enlaza el camino. Los iconos variarán en función del tipo de evento con el que se enlaza tal y como se muestran en la tabla al principio de este apartado. En la imagen que se muestra a continuación se muestra la barra que permite elegir entre un camino que sigue recto o un vídeo cíclico a la derecha.

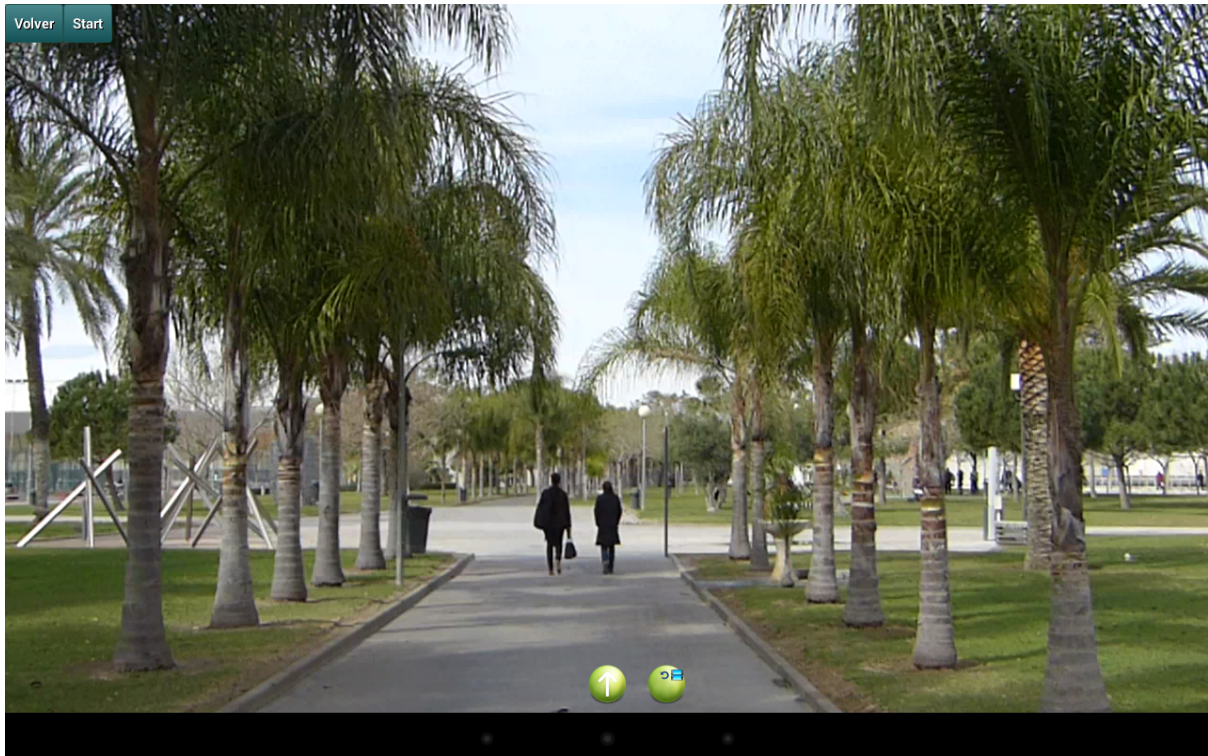


Figura A.8: Interfaz de selección de ruta

A.4.2. Evento Foto Normal

Es una imagen normal a pantalla completa, no permite desplazamiento, solamente abandonar el evento.

A.4.3. Evento Panorámica 360

Esta imagen es una imagen normal que enlaza el principio con el fin. Permite el desplazamiento haciendo manteniendo pulsado en los laterales de la pantalla.

A.4.4. Vídeo Estático con y sin bucle

Este tipo de eventos permite todas las interacciones que tiene el evento del tipo camino, la diferencia es que permite abandonar el evento en cualquier momento sin necesidad de que termine el mismo.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

MANUAL DE DESARROLLO DE CONTENIDOS
Paseos Virtuales v2.1

Ángel Sanchis Cano

Valencia, Julio 2015

Manual para el desarrollo de contenidos de la aplicación *Paseos Virtuales v2.1*

Apéndice B

Anexo II: Manual de Desarrollo de Contenidos

B.1. Introducción

El objetivo del presente manual es mostrar las diversas posibilidades de desarrollo de nuevos contenidos para la aplicación *Paseos Virtuales v2.1* y las acciones que se deben hacer por parte de los administradores de la misma para poder comenzar a usarla.

En el presente manual se va a describir la estructura de ficheros que se debe crear y de la que hace uso la aplicación, la forma en la que se han de generar los nuevos contenidos y las características que estos deben tener de formato y tamaño. Finalmente se explica el funcionamiento del fichero *config.xml* y como debe ser modificado para la creación de nuevos paseos.

Todo lo descrito en el presente manual es válido para cualquier dispositivo que haga uso de Android 4.1 o superior. Si encuentra algún problema de compatibilidad con su dispositivo envíe un correo a la dirección ansanca8@teleco.upv.es describiendo el problema y el dispositivo del que hace uso.

B.2. Estructura de Ficheros

La aplicación de paseos virtuales al igual que cualquier otro tipo de aplicación requiere de una estructura de ficheros básicos para funcionar. Puesto que la aplicación todavía se encuentra en fase de pruebas esta estructura debe ser creada MANUALMENTE por administrador antes de poder hacer uso de la aplicación.

La carpeta principal de la aplicación debe situarse en la memoria interna del dispositivo en el primer nivel de jerarquía y se deben crear los siguientes ficheros y directorios con los nombres que se observan en la Figura B.1 respetando las mayúsculas y las minúsculas:

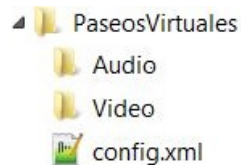


Figura B.1: Icono de acceso a la aplicación

- **Directorio *Audio*:** Este directorio contiene todos los archivos de audio en formato mp3 que componen los paseos.
En este directorio se debe añadir un fichero llamado *AudioInicio.mp3* que será el que suene en la ventana de selección de paseos.
- **Directorio *Video*:** Este directorio contiene los archivos de imagen y de vídeo que forman los paseos.
En este directorio se debe añadir un fichero llamado *VideoSeleccion.mp4* que será utilizado como fondo en la selección de paseos.
- **Fichero *config.xml*:** Este fichero contiene los diversos paseos que contiene la aplicación. Debe ser modificado para añadir nuevos paseos.

Tipo de Evento	ID Tipo	Ficheros necesarios
Camino	1	Fichero mp4 en la carpeta Video
Foto Esférica (No disponible Temporalmente)	2	Fichero jpg en la carpeta Video
Foto Normal	4	Fichero jpg en la carpeta Video
Panorámica 360	5	Fichero jpg en la carpeta Video
Video Estático Bucle	3	Fichero mp4 en la carpeta Video
Video Estático Sin Bucle	6	Fichero mp4 en la carpeta Video

Tabla B.1: Resumen tipos de eventos y ficheros necesarios

B.3. Tipos de Eventos

Los ficheros que van a ser necesarios para crear nuevos paseos están íntimamente ligados con los tipos de eventos que la aplicación es capaz de mostrar. A continuación se muestra una tabla con el tipo de evento, el número que le corresponde y el tipo de fichero que es necesario para crear un evento de dicho tipo.

B.3.1. Camino

Un camino es un evento que describe un trayecto y tiene las siguientes características:

- El primer evento de cualquier paseo ha de ser un camino.
- El formato del vídeo ha de ser preferiblemente mp4 (Soporta otros formatos).
- La resolución óptima es de 1920x1080px FullHD (soporta otras resoluciones).
- Puede enlazar con tres eventos salientes.

B.3.2. Foto Normal

Muestra una imagen fija.

- El formato de la imagen ha de ser jpg.
- Puede enlazar con un evento saliente.
- No se recomienda una resolución superior a 2048x1024px.

B.3.3. Foto Panorámica 360

Permite navegar por una imagen panorámica del entorno.

- No se recomienda una resolución superior a 4096x426px(Puede dar problemas de memoria). La relación de aspecto no es relevante.
- El formato de la imagen ha de ser jpg.
- Puede enlazar con un evento saliente.

Para crear este tipo de imágenes se recomienda usar el software *Microsoft Image Composite Editor*. Se han de realizar diversas fotografías desde un punto fijo realizando un barrido en horizontal del entorno.

B.3.4. Vídeo Estático con y sin bucle

Reproduce un vídeo en el que es posible mirar hacia los laterales.

- El formato del vídeo ha de ser preferiblemente mp4 (Soporta otros formatos).
- La resolución óptima es de 1920x1080px FullHD (soporta otras resoluciones).
- Puede enlazar con un evento saliente.

B.4. Creación de un nuevo paseo

En el presente apartado se va a describir la creación de un paseo.

Lo primero que hay que hacer antes de crear un paseo es organizar todos los eventos que hay y como se enlazan entre ellos. Para este manual se ha elegido la representación en forma de grafos y el ejemplo que se va a describir tiene la estructura que se muestra en la siguiente imagen. Los números en los nodos indican el tipo de evento y las flechas señaladas mediante las letras I, D, C indican los caminos (Izquierda, Derecha, Centro) con los que enlaza cada evento visual.

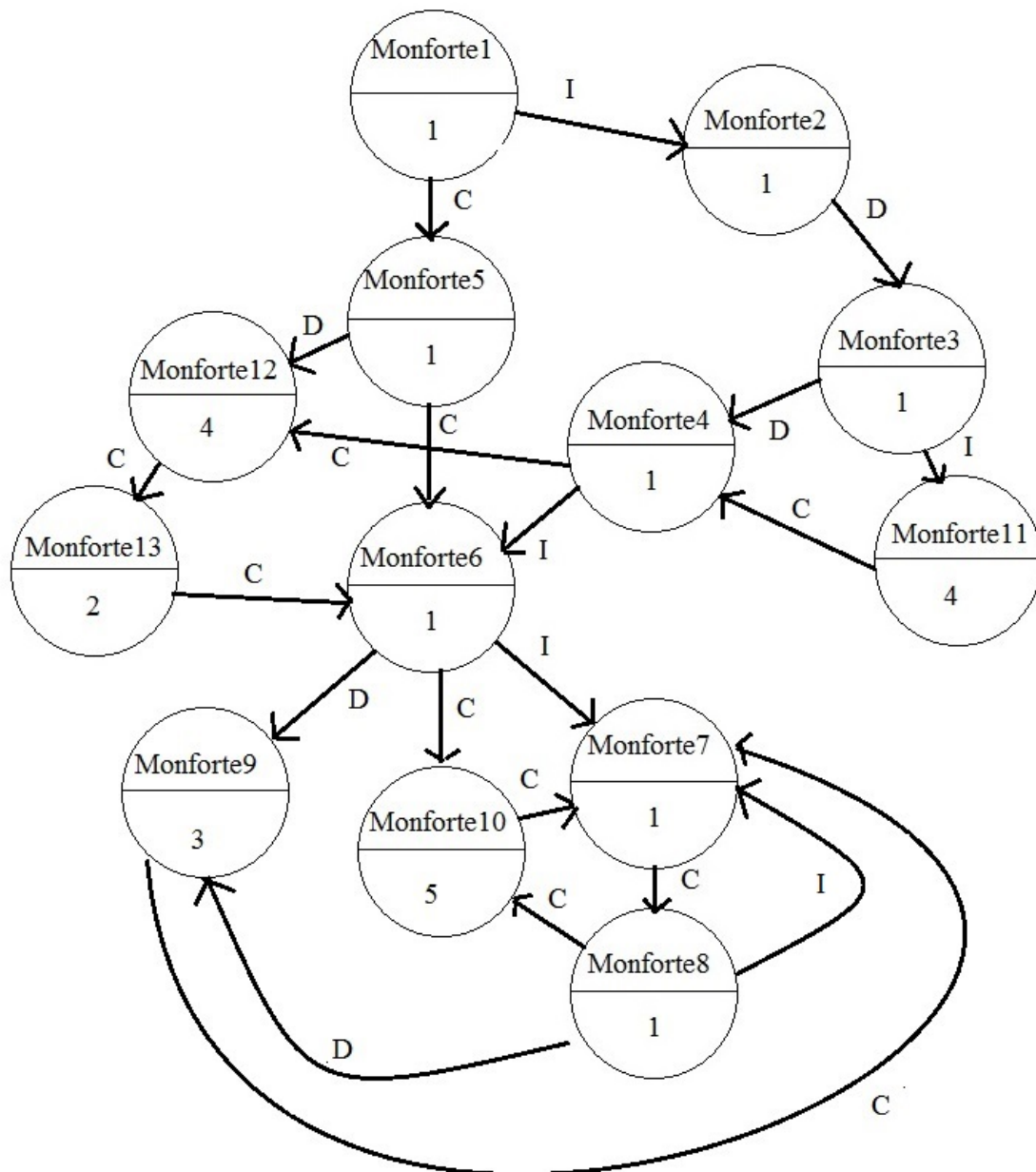


Figura B.2: Grafo de referencia: Paseo Monforte

En la primera versión actual de la aplicación pasar del grafo al fichero XML se ha de hacer de forma manual, no obstante en la siguiente versión una vez dibujado el grafo se creará de forma automática el código XML asociado.

B.4.1. Fichero *config.xml*

El fichero “config.xml” es el fichero que contiene la configuración de todos los paseos que componen la aplicación y su estructura es la que se muestra en la Figura B.3.

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='yes' ?>
<Lista_paseos>
  <Paseo>...</Paseo>
  <Paseo>...</Paseo>
  ...
</Lista_paseos>
```

Figura B.3: Estructura simplificada del fichero *config.xml*

En el código anterior podemos observar en primer lugar una línea que indica la versión de XML utilizada y la codificación empleada, esta línea va a ser omitida en las siguientes imágenes para mayor claridad en la lectura. A continuación observamos la etiqueta *Lista_paseos* que debe englobar todos los paseos que haya en la aplicación y finalmente los paseos.

Cada paseo debe contener a su vez 5 etiquetas obligatorias:

- NombrePaseo: Dentro de esta etiqueta se ha de indicar el nombre del paseo a mostrar.
- ImagenPaseo: Dentro de esta etiqueta se debe escribir el nombre de la imagen que se usará como imagen del paseo y que debe haberse copiado previamente en la carpeta *Video*. Ej: *portadaMonforte.jpg*
- VelocidadPaseo: Dentro de esta etiqueta debe indicarse la velocidad a la que se van a reproducir los vídeos del paseo, sienta 10 la velocidad real (velocidad x1) , 20 (velocidad x2), 5 (velocidad x0.5), ...
- AudioPaseo: Contiene la descripción del audio que se va a reproducir de fondo durante todo el paseo y a su vez contiene las siguientes etiquetas:
 - PathAudioPaseo: Indica el nombre del fichero que contiene el audio (Ej *audioPaseo.mp3*).
 - TInicioAudioPaseo: Indica el instante en segundos en el que comienza a reproducirse el audio desde que se inicia el paseo.
 - TFinAudioPaseo: Indica el instante en segundos en el que termina de reproducirse el audio (-1 indica que no termina nunca).
 - UnicoAudioPaseo: True/False. No implementado en la versión actual

- `Lista_eventos_visuales`: Contiene la descripción de los eventos visuales y de audio que componen el paseo. Se describe con más detalle a continuación.

El resultado para el ejemplo que estamos desarrollando sería el que podemos ver en la Figura B.4

```
<Lista_paseos>
  <Paseo>
    <NombrePaseo>Jardín Monforte</NombrePaseo>
    <ImagenPaseo>PortadaMonforte.jpg</ImagenPaseo>
    <VelocidadPaseo>10</VelocidadPaseo>
    <AudioPaseo>
      <PathAudioPaseo>audioMonforte.mp3</PathAudioPaseo>
      <TInicioAudioPaseo>1</TInicioAudioPaseo>
      <TFinAudioPaseo>-1</TFinAudioPaseo>
      <UnicoAudioPaseo>true</UnicoAudioPaseo>
    </AudioPaseo>
    <Lista_eventos_visuales>...</Lista_eventos_visuales>
  </Paseo>
</Lista_paseos>
```

Figura B.4: Estructura interna de un paseo en el fichero `config.xml`

Lista Eventos Visuales

Esta etiqueta es la que tiene mayor complejidad junto con la `Lista_eventos_audio`. En esta etiqueta se definen todos los eventos visuales que componen el paseo y como se enlazan entre ellos. Dentro de esta etiqueta se define la siguiente estructura de etiquetas:

- `Evento_visual`: Define las propiedades de cada evento visual. Contiene las siguientes etiquetas.
 - `PathVisual`: Indica el nombre del fichero que contiene el evento visual (Ej *Monforte1.mp4*).
 - `Tipo`: Define el tipo de evento visual del que se trata (siguiendo el grafo creado en el apartado anterior, al tratarse de un camino el evento es de tipo 1, mirar tabla apartado 3 ->Tipos de eventos).
 - `CentroValido`: (true/false) Indica si el camino está habilitado. (En el caso del ejemplo *true*)
 - `CaminoCentro`: En caso de que esté habilitado indica el path del fichero que contiene el evento visual siguiente. (En el caso del ejemplo *Monforte5.mp4*)
 - `IzquierdaValido`: (true/false) Indica si el camino está habilitado. (En el caso del ejemplo *true*)
 - `CaminoIzquierda`: En caso de que esté habilitado indica el path del fichero que contiene el evento visual siguiente. (En el caso del ejemplo *Monforte2.mp4*)
 - `DerechaValido`: (true/false) Indica si el camino está habilitado. (En el caso del ejemplo *false*)
 - `CaminoDerecha`: En caso de que esté habilitado indica el path del fichero que contiene el evento visual siguiente. (En el caso del ejemplo se deja vacío)

- `Lista_eventos_audio`: Describe una lista de eventos de audio que van a ser lanzados durante la ejecución de este evento visual.

Nota: En esta etiqueta no importa el orden en el que se definan los eventos visuales salvo el primer evento que aparece, que debe ser el de entrada en el paseo de forma obligatoria.

Lista Eventos Audio

En esta etiqueta se definen todos los eventos de audio que van a ser lanzados durante la ejecución de un evento visual concreto. El máximo número de eventos de audio que pueden ser lanzados de forma simultánea son 3 más el audio del paseo que sonará de fondo.

La estructura de esta lista es similar a la de eventos visuales y contiene las siguientes etiquetas:

- `Evento_audio`: Evento de audio que va a ser lanzado durante la ejecución del evento visual. Contiene los mismos campos que el audio del paseo.
 - `PathAudio`
 - `TInicio`
 - `TFin`
 - `Unico`

Por no complicar en exceso el ejemplo no se van a introducir eventos de audio, aunque la forma de hacerlo sería la misma que todas las demás etiquetas respetando la jerarquía.

B.4.2. Ejemplo Fichero *config.xml* Jardín de Monforte

A continuación se muestra todo el código xml necesario para el paseo descrito en el grafo del apartado anterior.

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='yes' ?>
<Lista_paseos>
  <Paseo>
    <NombrePaseo>JardinMonforte</NombrePaseo>
    <ImagenPaseo>PortadaMonforte.jpg</ImagenPaseo>
    <VelocidadPaseo>10</VelocidadPaseo>
    <AudioPaseo>
      <PathAudioPaseo>audioMonforte.mp3</PathAudioPaseo>
      <TInicioAudioPaseo>1</TInicioAudioPaseo>
      <TFinAudioPaseo>-1</TFinAudioPaseo>
      <UnicoAudioPaseo>>true</UnicoAudioPaseo>
    </AudioPaseo>
    <Lista_eventos_visuales>
      <Evento_visual>
        <PathVisual>Monfortel.mp4</PathVisual>
        <Tipo>1</Tipo>
      </Evento_visual>
    </Lista_eventos_visuales>
  </Paseo>
</Lista_paseos>
```



```

    <CentroValido>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte5.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>true</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda>Monforte2.mp4</CaminoIzquierda>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha></CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte2.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>>false</CentroValido>
    <CaminoCentro/>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>true</DerechaValido>
    <CaminoDerecha>Monforte3.mp4</CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte3.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>>false</CentroValido>
    <CaminoCentro/>
    <IzquierdaValido>true</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda>Monfortel1.jpg</CaminoIzquierda>
    <DerechaValido>true</DerechaValido>
    <CaminoDerecha>Monforte4.mp4</CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte4.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monfortel2.jpg</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>true</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda>Monforte6.mp4</CaminoIzquierda>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte5.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte6.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>true</DerechaValido>
    <CaminoDerecha>Monfortel2.jpg</CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte6.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>true</CentroValido>

```

```

    <CaminoCentro>Monforte10.jpg</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>true</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda>Monforte7.mp4</CaminoIzquierda>
    <DerechaValido>>true</DerechaValido>
    <CaminoDerecha>Monforte9.mp4</CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte7.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte8.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte8.mp4</PathVisual>
    <Tipo>1</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte10.jpg</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>true</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda>Monforte7.mp4</CaminoIzquierda>
    <DerechaValido>>true</DerechaValido>
    <CaminoDerecha>Monforte9.mp4</CaminoDerecha>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte9.mp4</PathVisual>
    <Tipo>3</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte7.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte10.jpg</PathVisual>
    <Tipo>5</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte7.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
</Evento_visual>
<Evento_visual>
    <PathVisual>Monforte11.jpg</PathVisual>
    <Tipo>4</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte4.mp4</CaminoCentro>

```

```

    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
  </Evento_visual>
  <Evento_visual>
    <PathVisual>Monfortel12.jpg</PathVisual>
    <Tipo>4</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monfortel13.jpg</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido/>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido/>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
  </Evento_visual>
  <Evento_visual>
    <PathVisual>Monfortel13.jpg</PathVisual>
    <Tipo>2</Tipo>
    <CentroValido>>true</CentroValido>
    <CaminoCentro>Monforte6.mp4</CaminoCentro>
    <IzquierdaValido>>false</IzquierdaValido>
    <CaminoIzquierda/>
    <DerechaValido>>false</DerechaValido>
    <CaminoDerecha/>
    <Lista_eventos_audio/>
  </Evento_visual>
</Lista_eventos_visuales>
</Paseo>
</Lista_paseos>

```