



Universidad de Valladolid
E.T.S. Ingeniería Informática

TRABAJO **F**IN DE **G**RADO
Grado en Ingeniería Informática

**Desarrollo de una aplicación móvil para
reconocimiento de actividades**

Autor:

D. Francisco Carrero Fernández

Tutores:

D. Manuel Ángel González Delgado

D. Jesús Vegas Hernández

Agradecimientos

A mis padres María Jesús y Francisco Javier,
por haber hecho que esta etapa de mi vida fuese posible
y despejarme siempre las piedras del camino.

A mis hermanos Alberto y Víctor
por su apoyo durante estos años.

A Tamara, por el apoyo incondicional todos estos años
y por haberme guiado en la buena dirección,
sin ti, difícilmente hubiese llegado hasta este punto.

Al equipo de desarrollo C.E.M de Madison,
con los que he compartido las mañanas de trabajo
y también han aportado su granito de arena aquí.

A mi tutor Manuel Ángel, pieza clave en este trabajo,
por la ayuda en los momentos complicados
y por el trato recibido de él.

Resumen

El Trabajo de Fin de Grado que se presenta en las siguientes páginas consiste en la creación de una aplicación móvil que sea capaz de reconocer las actividades que realiza el usuario. Este trabajo se enmarca dentro de la llamada *computación pervasiva*, donde el computador forma parte del entorno de las personas de manera que la integración en él sea lo más transparente posible.

La aplicación se ha desarrollado para el sistema operativo Android, con el objetivo de grabar y analizar los datos recibidos por el acelerómetro (integrado en los dispositivos *smartphone*) mientras el usuario realiza diversas actividades, para buscar y determinar patrones que ayuden al posterior reconocimiento de esas actividades en tiempo real.

Para la identificación de la actividades que realiza el usuario que lleva consigo el dispositivo en el bolsillo del pantalón, se han realizado tres algoritmos diferentes de reconocimiento para probar el éxito de cada uno de ellos.

Abstract

The project presented on the following pages involves the development of a mobile application to recognize the user activities. This work is part of the so-called *pervasive computing* where the computer is part of the people's environment and integrating into it as transparent as possible.

The application was developed for Android operating system, in order to record and analyze the data received by the accelerometer (integrated into smartphone devices) while the user performs different activities to track and identify patterns that help the posterior recognition of these activities in real time.

For the identification of the user activities who carries the device, there have been used three different recognition algorithms to test the success each.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Visión general	15
1.2. Motivación	15
1.3. Objetivos	16
1.4. Aplicaciones similares	17
1.4.1. Android	17
1.4.2. Otros sistemas operativos	18
1.5. Metodología	18
1.6. Estructura del documento	20
2. ESTADO DEL ARTE	22
2.1. Acelerómetro	23
2.1.1. Historia	23
2.1.2. Funcionamiento	23
2.1.3. Uso	25
2.2. Reconocimiento de Actividades	26
3. PLANIFICACIÓN	30
3.1. Recursos	31
3.1.1. Recursos humanos	31
3.1.2. Recursos físicos	31
3.1.3. Recursos de software	32
3.2. Roles y Responsabilidades	32
3.3. Estimaciones de tiempos	32
3.4. Plan de fases	33
3.5. Calendario	34
3.6. Plan de proyecto	35
3.7. Costes	42
3.8. Análisis de Riesgos	43

4. DOCUMENTO DE ANÁLISIS	45
4.1. Ámbito	46
4.2. Participantes en el proyecto	47
4.3. Objetivos del sistema	48
4.4. Requisitos	49
4.4.1. Requisitos funcionales	49
4.4.2. Requisitos no funcionales	52
4.4.3. Requisitos de información	54
4.5. Actores	55
4.6. Diagrama de casos de uso	55
4.7. Casos de uso	57
4.8. Modelo de dominio	67
4.8.1. Descripción del modelo de dominio	68
4.9. Diagramas de secuencia	69
5. DOCUMENTO DE DISEÑO	78
5.1. Diagramas de clase	79
5.2. Diagramas de secuencia	97
6. IMPLEMENTACIÓN	102
6.1. Decisiones de implementación	103
6.1.1. Estilo visual	103
6.1.2. Proceso de grabación	104
6.1.3. Proceso de análisis	105
6.1.4. Algoritmos de reconocimiento	106
6.2. Librerías utilizadas	110
7. PRUEBAS	111
7.1. Pruebas del dominio de la aplicación	112
7.2. Pruebas de la interfaz gráfica	127
7.3. Pruebas de algoritmos	131
8. CONCLUSIONES Y LINEAS DE AMPLIACIÓN	138
8.1. Conclusiones y resultados	139
8.2. Mejoras futuras	141
9. GLOSARIO	143
10. BIBLIOGRAFÍA	146

11. ANEXOS	149
11.1. Contenido del CD-ROM	150
11.2. Manual de instalación	150
11.3. Manual de usuario	151

Índice de tablas

3.1. Recursos necesarios para el proyecto	31
3.2. Características ordenador de desarrollo	31
3.3. Características smartphone de desarrollo	32
3.4. Roles y responsabilidades	33
3.5. Duración e iteraciones de fases	33
3.6. Fases e hitos del proyecto	34
3.7. Riesgo-0001	43
3.8. Riesgo-0002	43
3.9. Riesgo-0003	43
3.10. Riesgo-0004	44
3.11. Riesgo-0005	44
3.12. Riesgo-0006	44
4.1. Participante-0001	47
4.2. Participante-0002	47
4.3. Participante-0003	47
4.4. Objetivo-0001	48
4.5. Objetivo-0002	48
4.6. Objetivo-0003	48
4.7. Requisito funcional-0001	49
4.8. Requisito funcional-0002	49
4.9. Requisito funcional-0003	50
4.10. Requisito funcional-0004	50
4.11. Requisito funcional-0005	50
4.12. Requisito funcional-0006	51
4.13. Requisito funcional-0007	51
4.14. Requisito no funcional-0001	52
4.15. Requisito no funcional-0002	52
4.16. Requisito no funcional-0003	53
4.17. Requisito no funcional-0004	53
4.18. Requisito no funcional-0005	54

4.19. Actor-0001	55
4.20. Caso de uso-0001	58
4.21. Caso de uso-0002	59
4.22. Caso de uso-0003	60
4.23. Caso de uso-0004	61
4.24. Caso de uso-0005	62
4.25. Caso de uso-0006	63
4.26. Caso de uso-0007	64
4.27. Caso de uso-0008	65
4.28. Caso de uso-0009	66
7.1. Prueba de dominio-0001	112
7.2. Prueba de dominio-0002	113
7.3. Prueba de dominio-0003	114
7.4. Prueba de dominio-0004	115
7.5. Prueba de dominio-0005	116
7.6. Prueba de dominio-0006	117
7.7. Prueba de dominio-0007	118
7.8. Prueba de dominio-0008	119
7.9. Prueba de dominio-0009	120
7.10. Prueba de dominio-0010	121
7.11. Prueba de dominio-0011	122
7.12. Prueba de dominio-0012	123
7.13. Prueba de dominio-0013	124
7.14. Prueba de dominio-0014	125
7.15. Prueba de dominio-0015	126
7.16. Prueba de la interfaz gráfica-0001	127
7.17. Prueba de la interfaz gráfica-0002	127
7.18. Prueba de la interfaz gráfica-0003	127
7.19. Prueba de la interfaz gráfica-0004	128
7.20. Prueba de la interfaz gráfica-0005	128
7.21. Prueba de la interfaz gráfica-0006	128
7.22. Prueba de la interfaz gráfica-0007	128
7.23. Prueba de la interfaz gráfica-0008	129
7.24. Prueba de la interfaz gráfica-0009	129
7.25. Prueba de la interfaz gráfica-0010	129
7.26. Prueba de la interfaz gráfica-0011	129
7.27. Prueba de la interfaz gráfica-0012	130
7.28. Prueba de la interfaz gráfica-0013	130
7.29. Prueba de la interfaz gráfica-0014	130

7.30. Prueba de la interfaz gráfica-0015	130
7.31. Prueba de la interfaz gráfica-0016	131
7.32. Prueba de la interfaz gráfica-0017	131
7.33. Matriz de confusión-0001	132
7.34. Matriz de confusión-0002	132
7.35. Matriz de confusión-0003	133
7.36. Matriz de confusión-0004	133
7.37. Matriz de confusión total	133
7.38. Matriz de confusión-0005	134
7.39. Matriz de confusión-0006	134
7.40. Matriz de confusión-0007	135
7.41. Matriz de confusión-0008	135
7.42. Matriz de confusión total	135
7.43. Matriz de confusión-0009	136
7.44. Matriz de confusión-0010	136
7.45. Matriz de confusión-0011	137
7.46. Matriz de confusión-0012	137
7.47. Matriz de confusión total	137
8.1. Porcentaje de aciertos-0001	139
8.2. Porcentaje de aciertos-0002	139
8.3. Porcentaje de aciertos-0003	140

Índice de figuras

1.1. Gráfico en 2D de la estructura del modelo iterativo	19
2.1. Partes del acelerómetro simple.	24
2.2. Configuración acelerómetro triaxial	24
2.3. Configuración del chip en smartphones	25
2.4. Orientación de los ejes en <i>smartphones</i> [1]	25
2.5. Respuesta inercial de movimientos estáticos y dinámicos	28
2.6. Fórmula del módulo	28
3.1. Calendario del proyecto	35
3.2. Diagrama de Gantt	35
3.3. Fase de Inicio: 1ª iteración	36
3.4. Diagrama de Gantt Fase de Inicio: 1ª iteración	36
3.5. Fase de Elaboración: 1ª iteración	37
3.6. Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: 1ª iteración	37
3.7. Fase de Elaboración: 2ª iteración	38
3.8. Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: 2ª iteración	38
3.9. Fase de Construcción: 1ª iteración	39
3.10. Diagrama de Gantt Fase de Construcción: 1ª iteración	39
3.11. Fase de Construcción: 2ª iteración	40
3.12. Diagrama de Gantt Fase de Construcción: 2ª iteración	40
3.13. Fase de Transición: 1ª iteración	41
3.14. Diagrama de Gantt Fase de Transición: 1ª iteración	41
4.1. Diagrama de casos de uso	56
4.2. Modelo de dominio	67
4.3. Diagrama de secuencia: Grabación de actividad	69
4.4. Diagrama de secuencia: Analizar actividades realizadas	70
4.5. Diagrama de secuencia: Reconocer actividad	71
4.6. Diagrama de secuencia: Borrar actividad realizada	72
4.7. Diagrama de secuencia: Seleccionar actividad de referencia	73
4.8. Diagrama de secuencia: Visualización de gráfica	74

4.9. Diagrama de secuencia: Cambiar tipo de gráfica	75
4.10. Diagrama de secuencia: Cambiar tiempo reconocimiento	76
4.11. Diagrama de secuencia: Cambiar frecuencia acelerómetro	77
5.1. Diagrama de clases: Menú principal	80
5.2. Diagrama de clases: Grabación	81
5.3. Diagrama de clases: Analizar patrón	82
5.4. Diagrama de clases: Identificar actividades	83
5.5. Diagrama de clases: Ajustes	84
5.6. Diagrama de clases completo	85
5.7. MenuPrincipal	86
5.8. Grabacion	87
5.9. Chart	88
5.10. Preferencias	89
5.11. AnalizarPatron	90
5.12. Actividad	91
5.13. DatosActividad	92
5.14. Grafico	93
5.15. MiThread	93
5.16. Reconocimiento	94
5.17. Pearson	94
5.18. Histograma	95
5.19. Correlacion	96
5.20. Diagrama de secuencia: Pantalla principal	97
5.21. Diagrama de secuencia: Pantalla grabación	98
5.22. Diagrama de secuencia: Pantalla analizar patrón	99
5.23. Diagrama de secuencia: Pantalla reconocimiento	100
5.24. Diagrama de secuencia: Pantalla ajustes	101
6.1. Estilo visual Pantalla Principal y Analizar Patrón	103
6.2. Cuenta atrás de la grabación	104
6.3. Finalización de grabación	105
6.4. Tipos de asimetrías	107
6.5. Diferencia de histogramas	108
6.6. Ejemplo diferencia paso en actividades andar y correr	109
6.7. Fórmula de correlación de medidas	110
11.1. Orígenes desconocidos	150
11.2. Pantalla principal	151
11.3. Pantalla grabar patrón	153
11.4. Pantalla actividades guardadas	154

11.5. Pantalla actividades guardadas	155
11.6. Pantalla datos actividad	157
11.7. Pantalla reconocimiento de actividad	158
11.8. Pantalla inicio de reconocimiento y finalización	159
11.9. Pantalla de preferencias	160
11.10 Actividad física: reposo	161
11.11 Actividad física: andar	161
11.12 Actividad física: correr	161
11.13 Actividad física: subir escaleras	161
11.14 Actividad física: bajar escaleras	161

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

En las siguientes líneas se hace una breve introducción al presente Trabajo Fin de Grado (TFG), exponiendo una visión general, las motivaciones que me han llevado a realizar este proyecto, qué objetivos queremos conseguir y cuáles son los contenidos presentados en esta memoria.

1.1. Visión general

El teléfono móvil en la última década ha tenido una evolución que poca gente imaginaba. Cuando estos dispositivos nacieron, solamente algunos privilegiados tenían en posesión uno. Además su funcionalidad se basaba en llamar o recibir llamadas. Más tarde apareció el SMS como nueva forma de comunicación, y el mercado fue creciendo día a día de manera que las inversiones que se hacían eran cada vez mayores, por lo que pudimos ver cómo al móvil se le incorporaban otras tecnologías como una cámara, GPS, bluetooth, Wi-Fi, sensores, etc. [2]

Actualmente los *smartphones* son verdaderas obras de ingeniería a los que no les falta de nada, ya que se han desarrollado sistemas operativos avanzados específicos para ellos y pueden ser utilizados para un sinnúmero de posibilidades. En nuestro caso elegimos Android, un sistema operativo móvil basado en Linux, lanzado bajo una licencia de software libre y que un gran porcentaje de dispositivos utilizan (78 % del mercado actualmente [3]) que genera interés para los desarrolladores.

Todo esto, unido a que hoy en día la gran mayoría de las personas dispone de al menos un teléfono móvil inteligente, hace que sea una herramienta ideal para desarrollar la denominada *computación pervasiva*, donde el dispositivo se involucra en el entorno de la persona de manera transparente y ayuda a cubrir sus necesidades sin que ésta se dé cuenta.

En nuestro caso, nos centramos en el ámbito de recogida de señales corporales mediante sensores, creando una aplicación que permite llevar a cabo todo un proceso completo de monitorización del usuario: desde la grabación de sus patrones de movimiento, el análisis de ellos y el posterior reconocimiento de la actividad con diferentes algoritmos.

1.2. Motivación

En esta última etapa de la carrera, los tutores de este proyecto me propusieron la idea de realizar una aplicación para dispositivos móviles que fuese capaz de reconocer las actividades del usuario. Este no es un tema nuevo, ya que lleva bastante tiempo en estudio y se ha llevado a cabo en diferentes dispositivos portables como pueden ser pequeños aparatos con sensores integrados que recogen información y la envían a través de bluetooth, en teléfonos móviles con la ayuda de redes neuronales artificiales o servidores que realizan el procesamiento, pulseras de monitorización diaria de actividades, etc.

A diferencia de los diferentes estudios y proyectos que han sido desarrollados, la idea que se presen-

taba era llevar todo el proceso al *smartphone* y utilizar sólo el acelerómetro de él como herramienta principal, en vez de usar por ejemplo el GPS u otros sensores que tenga el dispositivo. Así intentamos evitar restringir las características que deben tener los terminales en los que pueda usarse. A la hora de llevar todo el procesamiento al teléfono, la idea es que éste realice el análisis de los patrones que previamente el usuario pueda haber grabado y llevar a cabo el procesamiento que requiere el reconocimiento en tiempo real. Además, se quería probar la fiabilidad y validez de diferentes algoritmos que fueron propuestos por el tutor.

Este Trabajo Final de Grado es una base en la que se puede definir un amplio abanico de objetivos más concretos como puede ser la monitorización de las actividades de una persona, la observación de la evolución de los patrones propios en cada actividad por ejemplo en deportistas, la tele asistencia en personas dependientes o la posible identificación de enfermedades físicas.

Personalmente, me ha servido para familiarizarme más con los sistemas operativos móviles y me ha enseñado a afrontar la totalidad de un proyecto software.

1.3. Objetivos

Como parte final de mi formación, los objetivos principales de este Trabajo de Fin de Grado son lo enumerados a continuación:

- Aprender las principales características del sistema operativo Android, entornos de desarrollo disponibles, lenguajes de programación, arquitectura, librerías, componentes básicos y comportamientos de ejecución.
- Estudio y aprendizaje de la programación para Android, incluyendo sus limitaciones a nivel de hardware y los sensores de los que se debe hacer uso, en este caso, el acelerómetro.
- Realizar una planificación completa y documentación del proyecto, con una metodología acorde a las distintas etapas marcadas a realizar, costes, tiempos y resultados asociados a ellas.
- Realizar un análisis de requisitos para identificar de manera clara los requisitos funcionales, no funcionales y de información que deberá tener la aplicación.
- Realizar un análisis de riesgos para prevenir en la medida de los posible problemas que puedan surgir en el desarrollo de este trabajo, así como tener definidos unos planes de actuación si se llegan a dar para asegurar el mayor porcentaje de éxito.
- Diseñar e implementar una aplicación móvil completa para Android, respetando y de acuerdo con los puntos anteriores, que sea capaz de obtener datos del acelerómetro del dispositivo, almacenarlos y analizarlos, e indique la actividad que está realizando el usuario.

- Estudio de diferentes algoritmos de reconocimiento, para observar el comportamiento en diferentes personas y actividades, determinando su fiabilidad.
- Documentación de todo el procedimiento asociado a este Trabajo Final de Grado, incluyendo todos los pasos realizados previos a la implementación, las pruebas de la aplicación final, su depuración y lanzamiento.

1.4. Aplicaciones similares

Antes de la realización de la aplicación, se ha realizado un estudio para tener referencias sobre otras aplicaciones con objetivos similares o funciones similares, desventajas tienen frente a la nuestra. [4]

1.4.1. Android

AutoActivity: Es una aplicación gratuita en la que puedes programar tareas de reconocimiento, por ejemplo que te detecte sólo cuando vas en coche, y tienes que definir bastantes campos de diversos formularios para establecer las tareas. Esto resulta algo complejo y tedioso, además hace uso de los servicios de localización de Google, por lo que ya necesita algo más que sensores.

Physical Activity Recognition: Es otra aplicación gratuita, más intuitiva que la anterior y que te almacena el tiempo en el que has estado realizando cada actividad. Al hacer el reconocimiento en coche, hace uso del GPS para diferenciar de las actividades físicas. Una desventaja frente a nuestra aplicación es que reconoce sólo cuatro actividades, de las cuales la única que reconoce más que nosotros es ir en bicicleta.

ActivityLogger: Esta aplicación únicamente implementa la funcionalidad de activarla o desactivarla, ya que hace uso de la API de Play Services Activity Recognition Client. También es gratuita, y detecta la actividad de andar, ir en bicicleta e ir en coche.

iPro Rastreador de Actividades: Esta aplicación tiene un precio de 3,29 €, y está enfocada a registrar actividades diarias para mejorar en salud y hábitos. Tiene gran cantidad de funcionalidades como exportaciones, backups, recordatorios, etc. Ésta aplicación tiene similitudes a la mía en la parte de almacenamiento de información de la actividad, donde el formulario de la actividad también es sencillo y la posibilidad de graficar los resultados.

Simple detector de movimiento: aplicación gratuita, con el objetivo de determinar movimiento usando también el acelerómetro del móvil. Simplemente hace gráficas lineales del movimiento con los ejes del sensor y marca el máximo registrado.

Sports Tracker Pro: Es una aplicación bastante completa que monitoriza las actividades realizadas por el usuario, tales como correr, bicicleta, caminar, y otras actividades deportivas. La aplicación se basa en la información GPS obtenida, el tiempo de ejecución y el usuario debe elegir manualmente la actividad que está realizando, mientras que en nuestra aplicación el reconocimiento lo realiza de forma automática. Su precio es de 5,04 €.

1.4.2. Otros sistemas operativos

Podómetro PRO GPS: Desarrollada para los terminales de Apple, se basa en las lecturas del acelerómetro y el GPS para determinar la actividad que realiza el usuario. Requiere una versión de iOS mínima de 3.0, es compatible con iPhone, iPod e iPad y su precio es de 2,40 €.

SmartRunner: en la tienda de Microsoft encontramos esta aplicación para Windows Phone. Se vale del sistema GPS para medir los tiempos y recorridos de las actividades deportivas. Es gratuita y requiere una versión mínima de Windows Phone 7.

Activity Tracker: otra aplicación para Windows Phone, que a diferencia de la otra da la posibilidad de realizar gráficas con los resultados para poder mejorarlos, además de utilizar la nube para almacenar los datos. Es gratuita y el idioma usado es el inglés.

1.5. Metodología

La planificación del proyecto realizará de acuerdo al método del Proceso Unificado, ya que ha sido estudiado y aplicado durante la carrera en otros proyectos menos complejos, por lo que resulta más conocido.

Este marco de desarrollo de software es caracterizado por dirigirse por casos de uso, centrarse en la arquitectura y ser iterativo e incremental. Tanto el ser iterativo como incremental debido a la constancia, ayuda a mitigar los riesgos así como a descubrir posibles errores y a pulirlos, en definitiva a desarrollar un proyecto mejor. Aunque en el *Capítulo 3* se expone la planificación completa, aquí se explica brevemente el proceso:

- Iterativo e Incremental

Cada una de las cuatro fases principales son a su vez divididas en una serie de iteraciones (depende del volumen del proyecto), donde se incluyen las disciplinas del modelo en cascada tradicional pero el grado de trabajo de ellas varía según las fases y las iteraciones. A medida que las iteraciones acaban, el resultado es un incremento del producto desarrollado, ya sea

añadiendo o mejorado las funcionalidades del sistema en desarrollo.

- Dirigido por los casos de uso
 Los casos de uso se utilizan para capturar los requisitos funcionales y en cada iteración se toman un conjunto de ellos para realizar el esfuerzo requerido en análisis, diseño, implementación, prueba, etc.

- Centrado en la arquitectura
 Se asume que no existe un modelo único que cubre todos los aspectos del sistema, por lo que existen múltiples modelos y vistas que definen la arquitectura de software de un sistema.

- Enfocado en los riesgos
 El equipo del proyecto (en este caso el alumno) debe centrarse en identificar los riesgos críticos que puedan surgir en una etapa temprana del ciclo de vida. Los resultados de cada iteración deben asegurar que los riesgos principales son considerados primero.

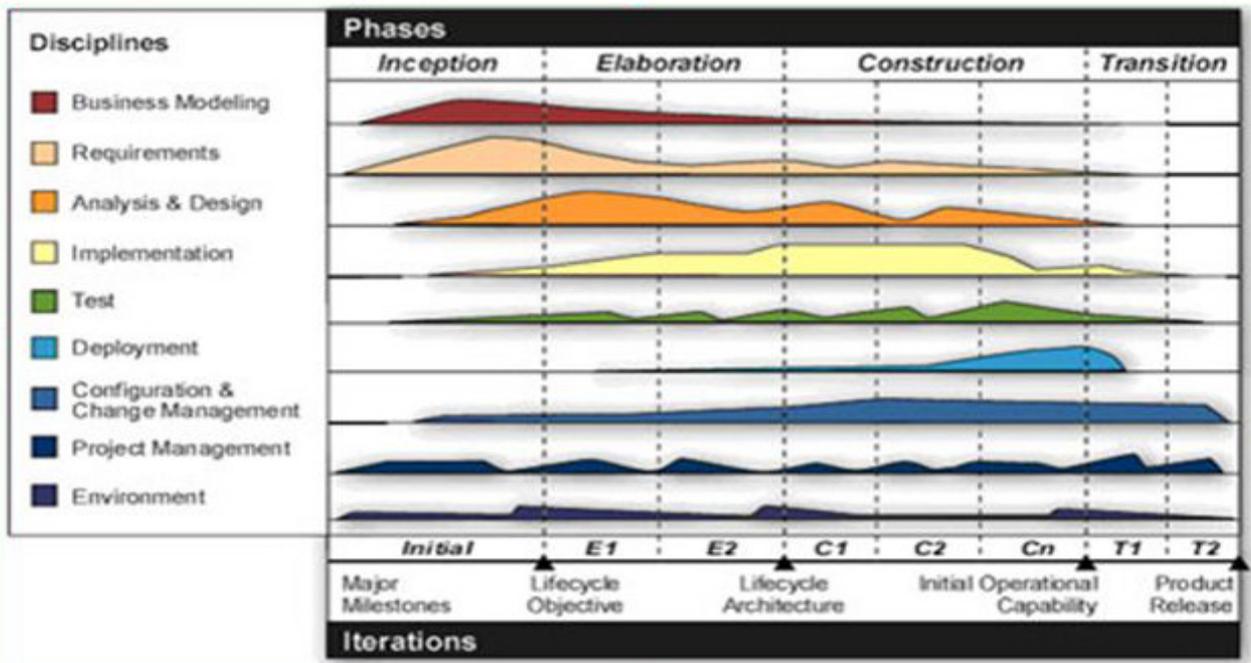


Figura 1.1: Gráfico en 2D de la estructura del modelo iterativo

1.6. Estructura del documento

A continuación se explica brevemente el contenido del documento y los anexos incluidos en este documento:

Capítulo 1: *Introducción*, se encuentra una visión general del proyecto, las motivaciones que promovieron su desarrollo, los objetivos que se persiguen, la metodología escogida, la estructura de la memoria y un pequeño estudio de campo sobre aplicaciones similares en el mercado.

Capítulo 2: *Estado del arte*, se realiza un pequeño análisis sobre el mundo tecnológico relacionado con el reconocimiento de actividades y el uso de terminales móviles.

Capítulo 3: *Planificación*, se redacta todas las etapas previas antes de comenzar a realizar el proyecto, como recursos necesarios, estimaciones temporales, análisis de riesgos y costes económicos.

Capítulo 4: *Documento de análisis*, se trata todo sobre la especificación de objetivos, requisitos, casos de uso y modelos de dominio del sistema .

Capítulo 5: *Documento de Diseño*, parte del documento de análisis para detallar más en profundidad el funcionamiento de la aplicación con los diagramas de secuencia y clases, y la estructuración del proyecto.

Capítulo 6: *Implementación*, se detallará más profundamente el desarrollo de la aplicación, sus componentes y sus funciones, así como las decisiones de diseño gráfico y la representación en gráficas.

Capítulo 7: *Pruebas*, se muestran las diferentes pruebas llevadas a cabo para comprobar el funcionamiento de la aplicación y la fiabilidad de los diferentes algoritmos, con los resultados obtenidos.

Capítulo 8: *Conclusiones y líneas de ampliación*, expongo mi opinión al concluir este trabajo y figuran las posibles ampliaciones futuras que se pueden llevar a cabo sobre la base del proyecto realizado.

Capítulo 9: *Glosario*, en el que se incluyen aquellos términos, siglas y palabras que necesiten de una pequeña explicación.

Capítulo 10: *Bibliografía*, en la que se detallan cada una de las referencias utilizadas para este documento con toda la información disponible sobre las mismas.

Capítulo 11: *Anexos*, se incluyen los manuales de instalación de la aplicación y de usuario, así como la información sobre el contenido del CD-ROM.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. Acelerómetro

El acelerómetro es un dispositivo encargado de obtener mediciones de aceleración y fuerzas inducidas por la gravedad en los tres ejes (triaxial). Es capaz de detectar el movimiento y el giro, y su principal función es detectar la posición del móvil y los movimientos que se realizan sobre éste.

2.1.1. Historia

Los primeros acelerómetros se conocían como acelerómetros mecánicos [5]. Este dispositivo se valía de la segunda ley de Newton (la fuerza equivale a masa por aceleración). La construcción se producía uniendo un objeto de cierta masa con un dinamómetro orientado en la dirección de medición de la aceleración, y calculaba la fuerza ejercida sobre el objeto.

Más tarde apareció el acelerómetro piezoeléctrico, que al comprimir un retículo cristalino piezoeléctrico se producía una carga eléctrica directamente proporcional a la fuerza aplicada en la compresión que era medida.

Existen otros tipos de acelerómetro como el acelerómetro de efecto Hall y el de condensador. Inicialmente estaban destinado a un solo eje, pero en la actualidad y gracias a las nuevas tecnologías, existen acelerómetros de tres ejes (X, Y, Z) construidos en un simple chip que ya incluye la parte de procesamiento de señales.

La mayoría actualmente se basa en la tecnología MEMS (Sistemas-Micro-Electro-Mecanizados) [6]. Por ejemplo, es posible encontrar acelerómetros en discos duros para detectar caída libre (gravedad cero) y anticiparse a desconectar el dispositivo antes de que choque contra el suelo y minimizar el daño.

2.1.2. Funcionamiento

Los acelerómetros cuentan con dos partes fundamentales: una base o cubierta unida al objeto del que queremos medir la aceleración y una masa, que aun estando unida a la base, puede moverse. Como vemos en la imagen 2.1 hay un resorte con una bola de metal pesada. Al mover la base, podemos medir la distancia del resorte que se estira y calcular la fuerza de la gravedad.

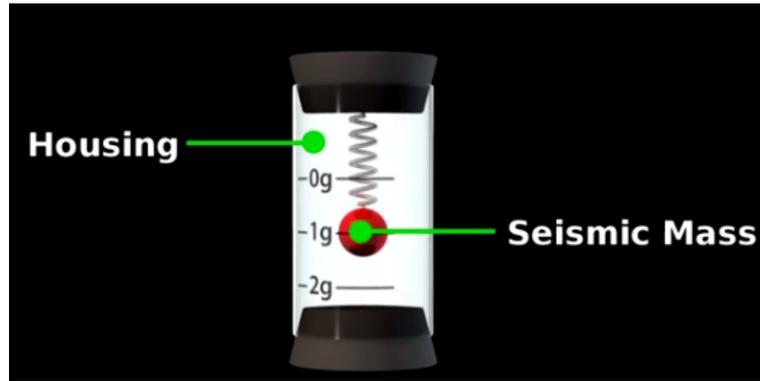


Figura 2.1: Partes del acelerómetro simple.

Si utilizamos tres de estos dispositivos, podemos ver en 2.2 que son capaces de determinar la orientación de un objeto tridimensional.

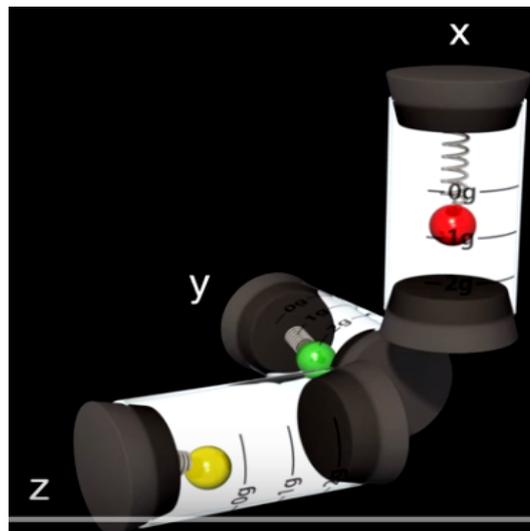


Figura 2.2: Configuración acelerómetro triaxial

En un *smartphone*, el funcionamiento es diferente pero tiene los mismos elementos fundamentales, ya que dentro del chip se encuentra un acelerómetro de silicio, con la base que está unida al teléfono 2.3. De esta forma, el flujo de corriente varía en las cerdas de color verde y se relaciona con la aceleración.

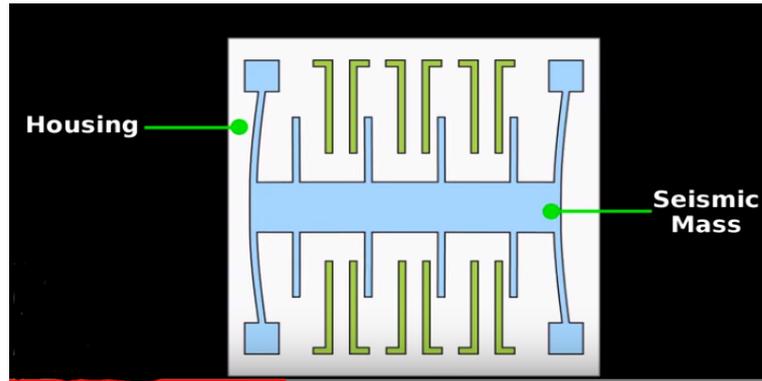
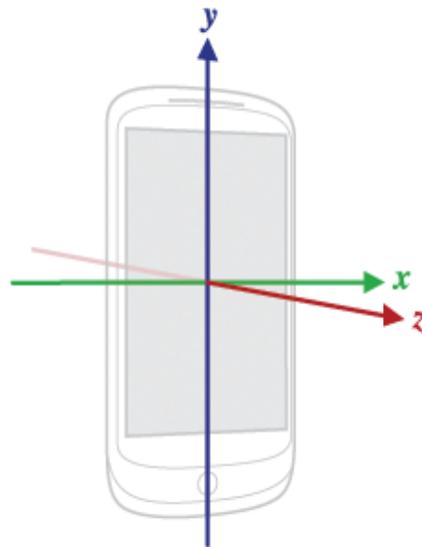


Figura 2.3: Configuración del chip en smartphones

2.1.3. Uso

Su uso en los smartphones está muy extendido, debido al amplio abanico de posibilidades que ofrece. La mayoría de ellos lo utilizan para rotar la pantalla en función de si se encuentra vertical u horizontal, así como detectar la toma de una fotografía vertical o apaisada.

Otro de los grandes usos que se da a este sensor proviene de terceros que desarrollan sus propias aplicaciones o en multitud de videojuegos de equilibrio o control que utilizan esta tecnología.

Figura 2.4: Orientación de los ejes en *smartphones* [1]

Fuera de los teléfonos, desde hace unos pocos años, es muy frecuente encontrarse acelerómetros en mandos de videoconsolas. Además, se pueden emplear también en la estabilización de videocámaras, equipamientos deportivos, robótica, monitorización de vibraciones en aplicaciones industriales y para medir el impacto recibido de objetos o productos para análisis de calidad. También son utilizados en los automóviles, por ejemplo, en sus sistemas de seguridad, como airbags o

en sistemas de estabilidad del vehículo.

Para el estudio del movimiento humano (objetivo de este proyecto), el acelerómetro se ha convertido en el sensor más utilizado debido a las ventajas que proporciona, entre otras, la información inercial dinámica (la señal proporcionada cuando hay movimiento), pero también ofrece información inercial estática (cuando hay ausencia de movimiento), por ejemplo, la orientación relativa respecto a la gravedad. En la actualidad, las pulseras de monitorización de actividad que son sincronizadas con el móvil, hacen uso principalmente de acelerómetros triaxiales, y son usadas para determinar las fases del sueño de una persona, determinar la distancia recorrida en el día, etc.

2.2. Reconocimiento de Actividades

El Reconocimiento de Actividad es un área de investigación que ha experimentado un gran auge en la última década. En ella convergen varias disciplinas científicas entre las que caben destacar, la inteligencia artificial, las redes de sensores, la visión por ordenador o la psicología. Esto ha dado origen a una gran diversidad de métodos y técnicas para abordar las tareas que involucra el proceso.

Desde los primeros trabajos, a principio de la década de los 80 del siglo pasado, cuando la mayoría de los trabajos se centraban en entornos simulados, el auge de la computación ubicua, las redes sociales y el big data, han dado pie a proyectos centrados en ser capaces de reconocer las acciones, metas, planes e intenciones de seres humanos o sistemas artificiales a partir de la observación de su comportamiento y del entorno. Los avances científicos en este área provienen de distintas disciplinas que van desde las ciencias de la computación hasta la psicología.

Este incremento de las investigaciones de lo que se conoce como computación centrada en personas hace que términos como computación ubicua o inteligencia ambiental resulten familiares en el ámbito tecnológico. Parte de estos avances consiste en el desarrollo de una gran gama de sensores que permiten, entre otras cosas, el reconocimiento de actividades. Entre la amplia gama de sensores disponibles en el mercado, se pueden encontrar sensores de contacto, RFID, acelerómetros, detectores movimiento, detectores de sonido, etc. Estos sensores se podrían agrupar por tipo, por propósito, por señal de salida, por infraestructura técnica, etc.

Sin embargo, desde el punto de vista de su utilidad para el reconocimiento de actividades, se podría hablar de dos tipos de reconocimiento, *basado en sensores portátiles* y en *densidad de sensores*. A continuación se describen estos enfoques [7].

- Reconocimiento de actividad basada en sensores portátiles. Cuando se habla de sensores portáti-

les se hace referencia a aquellos sensores que se colocan, directa o indirectamente en el cuerpo de la persona. Este tipo de sensores pueden llevar algún tipo de soporte especial (cinturón, adhesivo, etc.) para colocarse de manera directa en el cuerpo de una persona o, ir incrustados en la ropa (como en el caso de este proyecto, que va dentro del bolsillo del pantalón), accesorios, complementos (e.g. gafas, pulseras, relojes). Este tipo de sensores permite monitorizar la actividad de una persona mediante la recolección de datos.

- Reconocimiento de actividad basada en densidad de sensores. En este enfoque, los sensores están unidos a los objetos, por lo que el proceso de reconocimiento de actividades se basa en la interacción entre las personas y los objetos. La idea que subyace por detrás es que se puede modelar una actividad como por ejemplo, abrir el frigorífico, modelando la interacción de la persona con el frigorífico mediante sensores unidos a éste.

Dado que este estudio también está focalizado en el llamado *reconocimiento de posturas*, se podrían clasificar dos tipos de análisis, el análisis de señal en posturas estáticas (sentado, tumbado y de pie), y análisis de señal de posturas dinámicas (caminar, o transiciones posturales). Los análisis de señal estáticos, son aquellos que se basan en la extracción de características de una señal inercial solamente cuando la persona está quieta o en ausencia de movimiento. Por otro lado, el estudio dinámico implica estudiar las características dinámicas de una señal inercial donde se analiza el comportamiento de ésta a lo largo del tiempo. Aunque en la 2.5 se observa la respuesta inercial de los dos estados, en ausencia de movimiento a la izquierda, y cuando hay una respuesta inercial importante, en el caso de la derecha, caminando. [8]

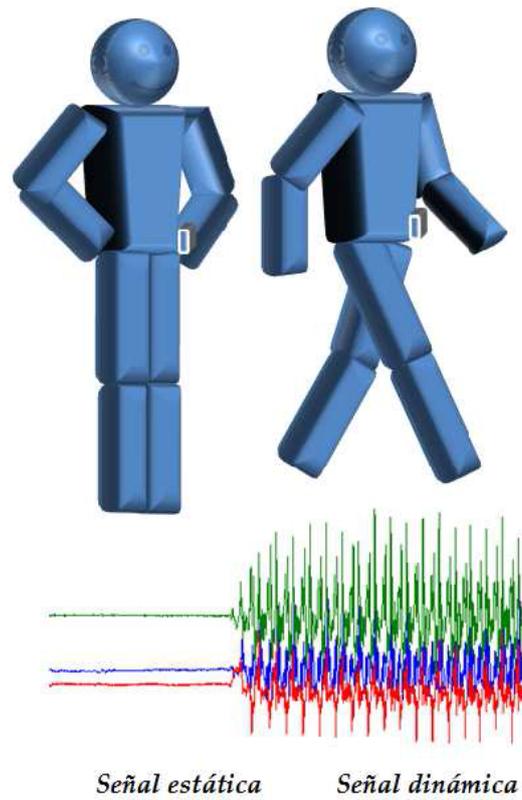


Figura 2.5: Respuesta inercial de movimientos estáticos y dinámicos

En nuestro proyecto las posturas estáticas convergen en una denominada *reposo* ya que cuando hay ausencia de movimiento, sólo se puede obtener el valor de la fuerza gravitacional a partir del módulo de la aceleración calculada según la siguiente expresión:

$$\sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)} \Big|_{static} = G$$

Figura 2.6: Fórmula del módulo

A continuación se exponen algunos proyectos que fueron realizados en relación al reconocimiento de actividades [9] [10] [11]:

- En el 2008, ingenieros informáticos de la Universidad de Londres desarrollaron un Sistema inalámbrico entrenamiento de ejercicios. Este sistema utiliza sensores inerciales inalámbricos, mediante los cuales se intenta obtener datos de movimiento que permitan obtener las características clave, y se envían al servidor donde se puede realizar un estudio para tener la zancada mientras se corre.

- En la Universidad de Dublín, Irlanda, se realizó un proyecto muy parecido, que consistía también en el uso de múltiples sensores en el cuerpo para obtener datos durante la práctica de deportes de manera que se pudiese realizar una monitorización durante la misma y se pudiesen después analizar los datos obtenidos para tener un control sobre el deportista.

- Otro proyecto que fue realizado conjuntamente por el Instituto de Tecnología de Massachusetts, Cambridge, el Centro Médico de Boston, y el Colegio Médico de Stanford, Palo Alto, todos ellos en USA, consiste en el desarrollo de un sistema que reconoce en tiempo real las actividades físicas y sus intensidades mediante el uso de acelerómetros inalámbricos y un monitor de ritmo cardíaco. En él se trabaja con un algoritmo en tiempo real que es capaz de reconocer automáticamente las actividades físicas y en algunos casos, sus intensidades, utilizando para ello 5 acelerómetros inalámbricos. Se utilizan los datos del ritmo cardíaco de la persona para intentar mejorar el reconocimiento de la actividad, aunque los resultados obtenidos demuestran que la diferencia de utilizar los datos de ritmo cardíaco o no, no son muy determinantes para la clasificación.

Ser capaz de reconocer qué han hecho, qué están haciendo o qué harán los otros, es una característica inherente a lo que se puede considerar un comportamiento inteligente. En la actualidad, los seres humanos no solo interactúan entre sí, sino que también lo hacen con "entes artificiales" como robots o aplicaciones informáticas. Aunque aún no existe ningún dispositivo artificial que exhiba un comportamiento similar al cerebro humano, tal como lo pronosticaba Alan Turing en los años 50 del siglo pasado, los avances científicos y tecnológicos han cambiado la forma en que conviven los seres humanos. A pesar de que los avances en el área son innegables, aún quedan muchos retos por cumplir.

Capítulo 3

PLANIFICACIÓN

3.1. Recursos

A continuación enumeraremos los recursos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto.

	Recursos humanos	Recursos hardware	Recursos software
Fase de Inicio	Francisco Carrero Fernández	Ordenador de desarrollo.	TextMaker 4.4.1, REM 1.2.2, Astah Professional,
Fase de Elaboración	Francisco Carrero Fernández	Ordenador de desarrollo.	TextMaker 4.4.1, REM 1.2.2, Astah Professional, Eclipse con Android SDK.
Fase de Construcción	Francisco Carrero Fernández	Ordenador de desarrollo, Huawei Ascend P7.	TextMaker 4.4.1, REM 1.2.2, Astah Professional, Eclipse con Android SDK, GIMP 2.8.
Fase de Transición	Francisco Carrero Fernández	Ordenador de desarrollo, Huawei Ascend P7, Doogee Dagger G550.	TextMaker 4.4.1, REM 1.2.2, Astah Professional, Eclipse con Android SDK.

Tabla 3.1: Recursos necesarios para el proyecto

3.1.1. Recursos humanos

Este proyecto ha sido realizado por Francisco Carrero Fernández como Trabajo de Fin de Grado, estudiante de Grado en Ingeniería Informática con mención en Tecnologías de la Información.

3.1.2. Recursos físicos

Ordenador de desarrollo	
Acer ASPIRE 5738G	
CPU	Intel Dual Core P7350 2.00 GHz
GPU	NVIDIA GEFORCE G105M CUDA 512MB
RAM	4 GB DDR3
HDD	500 GB
OS	Windows 8.1 Pro 64bits

Tabla 3.2: Características ordenador de desarrollo

Smartphone de desarrollo	
Huawei Ascend P7	
CPU	Hisilicon Kirin 910T, Núcleo cuádruple 1,8 GHz
GPU	Mali 450 MP4
RAM	4 GB DDR3
HDD	16 GB
OS	Android 4.4.2
Display	5" 139,8 x 68,8 x 6,5 mm

Tabla 3.3: Características smartphone de desarrollo

3.1.3. Recursos de software

- Windows 8.1 Pro 64 bits.
- TextMaker 4.4.1 con BibTex.
- Eclipse Kepler con Android SDK.
- Astah Professional 7.0.0
- REM 1.2.2
- GIMP 2.8

3.2. Roles y Responsabilidades

El proyecto va a ser desarrollado por una única persona, el alumno del proyecto, por lo que se encargará de todos los roles existentes desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Cuenta con la ayuda y guía del tutor Don Manuel Ángel González, profesor del Departamento de Física Aplicada.

3.3. Estimaciones de tiempos

La estimación de tiempos se ha realizado a partir de la experiencia obtenida en otros proyectos de las distintas asignaturas cursadas en el grado en la Universidad, así como la planificación de tareas realizadas en las prácticas de empresa.

Rol	Responsabilidad	Persona encargada
Gestor del proyecto	Planificar las etapas del proyecto, organizar, dirigir y controlar el plan de desarrollo software. Elaboración del plan de fases y definición de la organización del proyecto.	Francisco Carrero Fernández
Analista	Elaboración de la visión general, análisis de problemas, identificar requisitos, riesgos y proporcionar soluciones.	Francisco Carrero Fernández
Programador	Desarrollador de la aplicación, construye versiones funcionales del código y realiza baterías de pruebas para validar la funcionalidad.	Francisco Carrero Fernández
Diseñador	Diseñador gráfico de la aplicación.	Francisco Carrero Fernández

Tabla 3.4: Roles y responsabilidades

3.4. Plan de fases

La planificación del proyecto se va a realizar de acuerdo al método del Proceso Unificado, por lo que sus fases serán las presentes en éste:

Fase	Nº de iteraciones	Duración
Inicio	1	2 semanas
Elaboración	2	7 semanas
Construcción	2	12 semanas
Transición	1	2 semanas

Tabla 3.5: Duración e iteraciones de fases

El final de cada etapa estará marcado por un hito:

Fase	Hito
Inicio	Se ha estudiado el problema propuesto y se han identificado los requisitos generales. Se ha elegido una arquitectura de entre las estudiadas, y se ha creado un plan de fases y una identificación previa de riesgos. En esta fase se definen la visión general del sistema, se identificarán los principales casos de uso, modelo de dominio y riesgos.
Elaboración	Se han analizado todos los requisitos de la aplicación y reconocidos todos los casos de uso. Se ha comenzado con las primeras fases de desarrollo y elaborado un prototipo inicial. Esto permitirá hacer una revisión y refinamiento general de la planificación en caso de ser necesario para ajustarla y asegurar que se cumplen los objetivos.
Construcción	Todos los casos de uso han sido implementados y se finaliza su revisión para pasar a la implementación del código funcional que constituye el sistema. Existirán dos iteraciones en la cual se produce una versión beta funcional e incremental del sistema en cada una. Cada beta es probada y validada mediante una batería de pruebas. Se realiza la batería de pruebas de caja negra y blanca sobre las versiones de la aplicación para detectar y corregir fallos. Se obtiene la versión final de la aplicación.
Transición	Se despliega la versión final de la aplicación en dispositivos de distintas especificaciones hardware para comprobar su funcionamiento. Se finaliza el manual de usuario y se le entrega al usuario junto con la aplicación. Se produce la transición del proyecto y por tanto del sistema a los usuarios.

Tabla 3.6: Fases e hitos del proyecto

3.5. Calendario

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
Comienzo del proyecto	0 días	mar 10/03/15	mar 10/03/15		Francisco Carrero Fernández
▲ Fase de Inicio	15 días	mar 10/03/15	lun 30/03/15	1	
1ª Iteración	15 días	mar 10/03/15	lun 30/03/15	1	Francisco Carrero Fernández
▲ Fase de Elaboración	40 días	mar 31/03/15	dom 24/05/15	2	
1ª Iteración	20 días	mar 31/03/15	lun 27/04/15	3	Francisco Carrero Fernández
2ª Iteración	20 días	mar 28/04/15	dom 24/05/15	5	Francisco Carrero Fernández
▲ Fase de Construcción	60 días	lun 25/05/15	vie 14/08/15	4	
1ª Iteración	30 días	lun 25/05/15	dom 05/07/15	6	Francisco Carrero Fernández
2ª Iteración	30 días	lun 06/07/15	vie 14/08/15	8	Francisco Carrero Fernández
▲ Fase de Transición	12 días	sáb 15/08/15	lun 31/08/15	7	
1ª Iteración	12 días	sáb 15/08/15	lun 31/08/15	9	Francisco Carrero Fernández
Entrega de Proyecto	0 días	mar 01/09/15	mar 01/09/15	10;11	

Figura 3.1: Calendario del proyecto

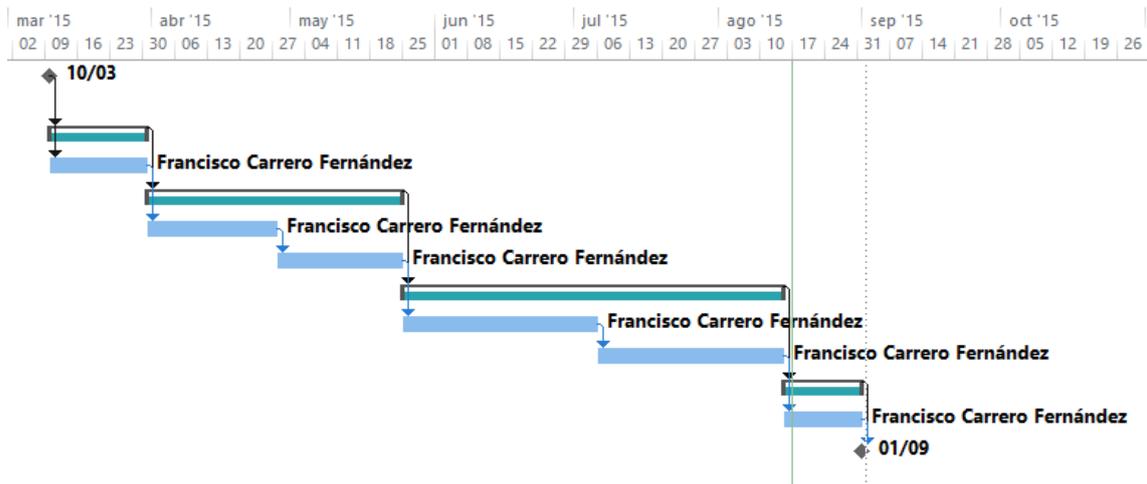


Figura 3.2: Diagrama de Gantt

3.6. Plan de proyecto

En las siguientes ilustraciones se detalla y representa la planificación de las distintas fases de las que consta el proyecto, con sus respectivas iteraciones en cada fase:

■ Calendario Fase de Inicio: 1ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
▲ Fase de Inicio	15 días	mar 10/03/15	lun 30/03/15		
▲ 1ª Iteración	15 días	mar 10/03/15	lun 30/03/15		
Toma de decisiones	1 día	mar 10/03/15	mar 10/03/15		
Organización del proyecto	2 días	mié 11/03/15	jue 12/03/15	3	Francisco Carrero Fernández
Calendario de fases	2 días	vie 13/03/15	lun 16/03/15	4	Francisco Carrero Fernández
Planificación fase de Inicio	1 día	mar 17/03/15	mar 17/03/15	5	Francisco Carrero Fernández
Plan de proyecto	2 días	mié 18/03/15	jue 19/03/15	6	Francisco Carrero Fernández
Plan de riesgos	1 día	vie 20/03/15	vie 20/03/15	7	Francisco Carrero Fernández
Identificación de requisitos	2 días	lun 23/03/15	mar 24/03/15	8	Francisco Carrero Fernández
Identificación de casos de uso	2 días	mié 25/03/15	jue 26/03/15	9	Francisco Carrero Fernández
Planificación fase de Elaboración : 1ª Iteración	2 días	vie 27/03/15	lun 30/03/15	10	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.3: Fase de Inicio: 1ª iteración



Figura 3.4: Diagrama de Gantt Fase de Inicio: 1ª iteración

■ Calendario Fase de Elaboración: 1ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
▲ Fase de Elaboración	40 días	mar 31/03/15	dom 24/05/15		
▲ 1ª Iteración	20 días	mar 31/03/15	lun 27/04/15		
Documento de análisis	5 días	mar 31/03/15	lun 06/04/15		
Creación casos de uso	5 días	mar 07/04/15	lun 13/04/15	3	Francisco Carrero Fernández
Diagramas de secuencia	6 días	mar 14/04/15	mar 21/04/15	4	Francisco Carrero Fernández
Descripción hardware	1 día	mié 22/04/15	mié 22/04/15	5	Francisco Carrero Fernández
Descripción software	1 día	jue 23/04/15	jue 23/04/15	6	Francisco Carrero Fernández
Planificación de fase de elaboración: 2ª iteración	2 días	vie 24/04/15	lun 27/04/15	7	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.5: Fase de Elaboración: 1ª iteración

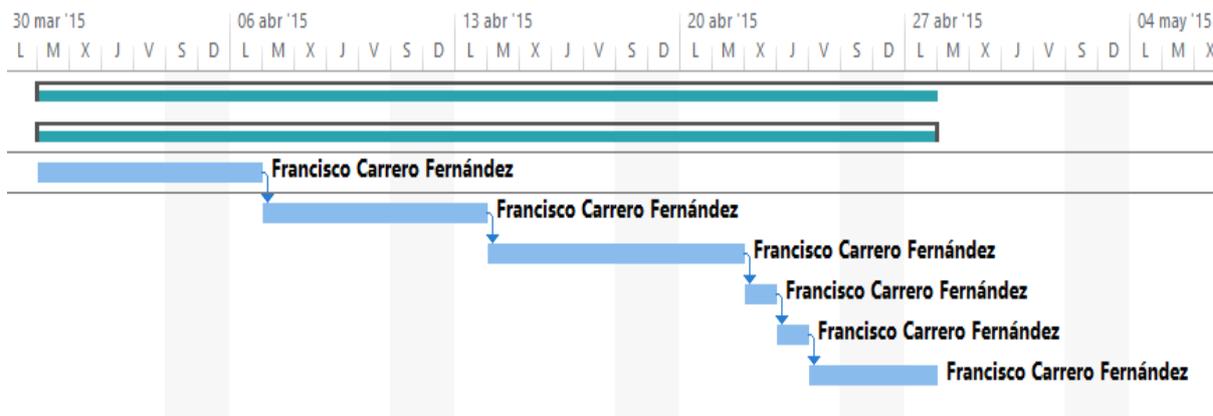


Figura 3.6: Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: 1ª iteración

■ Calendario Fase de Elaboración: 2ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece	Nombres de los recursos
▲ Fase de Elaboración	40 días	mar 31/03/15	dom 24/05/15		
▲ 2ª Iteración	20 días	mar 28/04/15	dom 24/05/15		
Revisión documento de análisis	5 días	mar 28/04/15	lun 04/05/15		Francisco Carrero Fernández
Revisión de casos de uso	5 días	mar 05/05/15	lun 11/05/15	3	Francisco Carrero Fernández
Revisión diagramas de secuencia	6 días	mar 12/05/15	mar 19/05/15	4	Francisco Carrero Fernández
Revisión descripción del hardware	1 día	mié 20/05/15	mié 20/05/15	5	Francisco Carrero Fernández
Revisión descripción del software	1 día	jue 21/05/15	jue 21/05/15	6	Francisco Carrero Fernández
Planificación fase de construcción: 1ª iteración	2 días	vie 22/05/15	dom 24/05/15	7	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.7: Fase de Elaboración: 2ª iteración

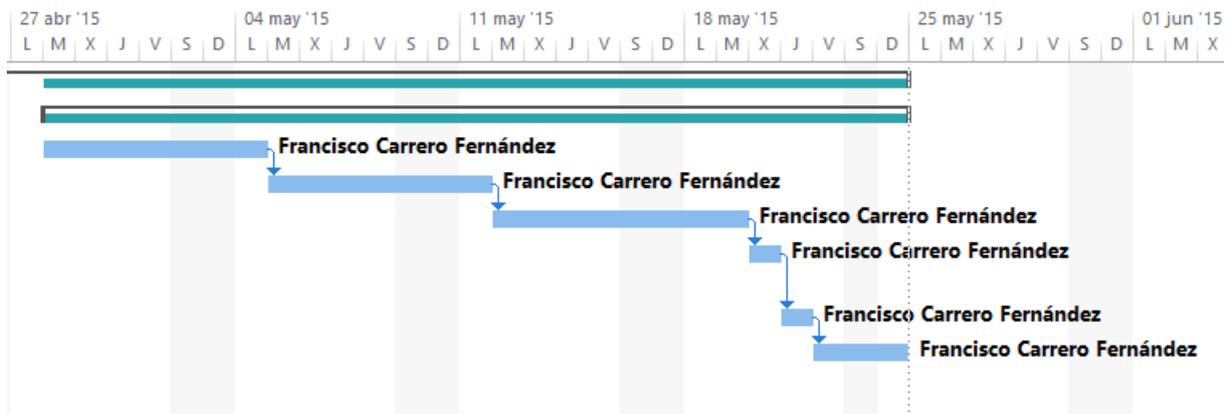


Figura 3.8: Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: 2ª iteración

■ Calendario Fase de Construcción: 1ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
▲ Fase de Construcción	60 días	lun 25/05/15	vie 14/08/15		
▲ 1ª Iteración	30 días	lun 25/05/15	vie 03/07/15		
Diagramas de clases	5 días	lun 25/05/15	vie 29/05/15		Francisco Carrero Fernández
Diagramas de secuencia	4 días	lun 01/06/15	jue 04/06/15	3	Francisco Carrero Fernández
Diagrama de arquitectura	3 días	lun 01/06/15	mié 03/06/15	3	Francisco Carrero Fernández
Programación de código	20 días	vie 05/06/15	jue 02/07/15	4;5	Francisco Carrero Fernández
Planificación fase de construcción: 2ª iteración	1 día	vie 03/07/15	vie 03/07/15	6	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.9: Fase de Construcción: 1ª iteración

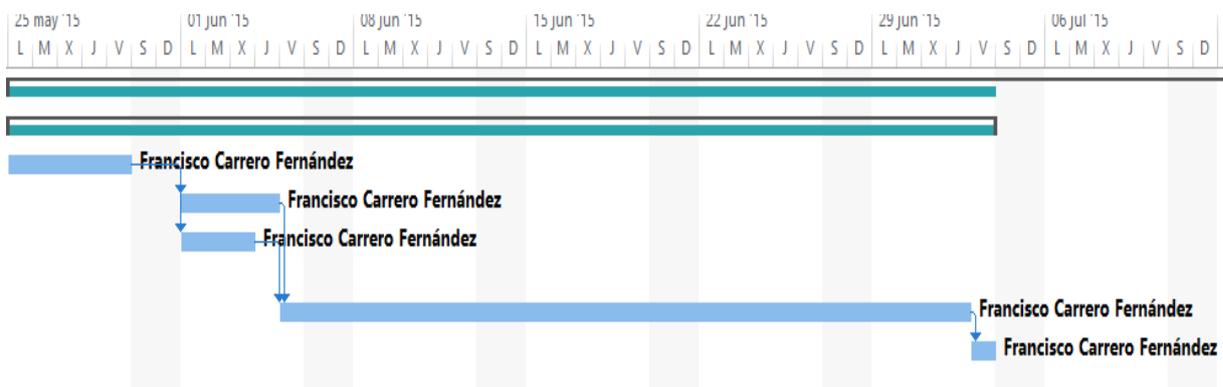


Figura 3.10: Diagrama de Gantt Fase de Construcción: 1ª iteración

■ Calendario Fase de Construcción: 2ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
▲ Fase de Elaboración	60 días	lun 25/05/15	jue 13/08/15		
▲ 2ª Iteración	30 días	sáb 04/07/15	jue 13/08/15		
Programación de código	24 días	sáb 04/07/15	mié 05/08/15		Francisco Carrero Fernández[96%]
Manual de usuario	4 días	sáb 04/07/15	mié 08/07/15		Francisco Carrero Fernández
Revisión diagramas de clases	2 días	jue 06/08/15	vie 07/08/15	3;4	Francisco Carrero Fernández
Revisión diagramas de secuencia	2 días	lun 10/08/15	mar 11/08/15	5	Francisco Carrero Fernández
Revisión diagrama de arquitectura	1 día	lun 10/08/15	lun 10/08/15	5	Francisco Carrero Fernández
Planificación fase de trasiación: 1ª iteración	2 días	mié 12/08/15	jue 13/08/15	6;7	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.11: Fase de Construcción: 2ª iteración

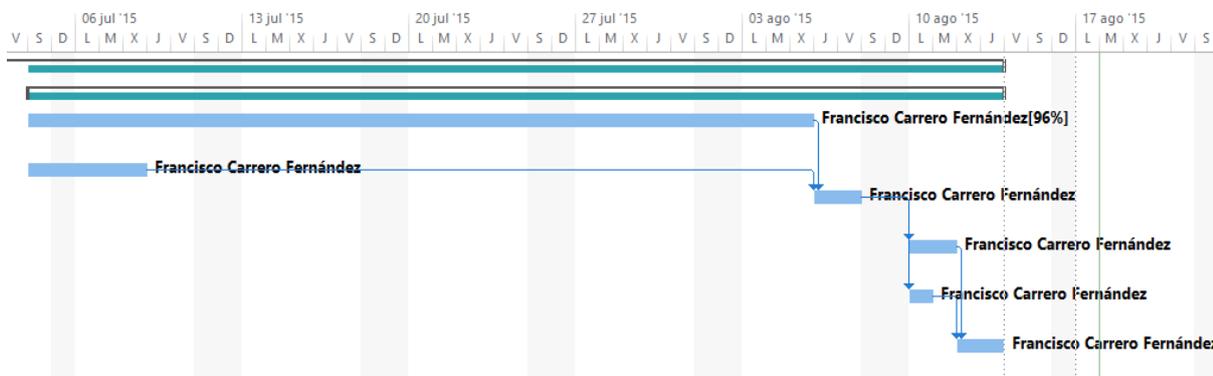


Figura 3.12: Diagrama de Gantt Fase de Construcción: 2ª iteración

■ Calendario Fase de Transición: 1ª Iteración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
▲ Fase de Transición	12 días	sáb 15/08/15	lun 31/08/15		
▲ 1ª Iteración	12 días	sáb 15/08/15	lun 31/08/15		
Depuración y pruebas	11 días	sáb 15/08/15	vie 28/08/15		Francisco Carrero Fernández
Corrección de errores	7 días	sáb 15/08/15	lun 24/08/15		Francisco Carrero Fernández
Revisión documentación	1 día	lun 31/08/15	lun 31/08/15	3;4	Francisco Carrero Fernández

Figura 3.13: Fase de Transición: 1ª iteración

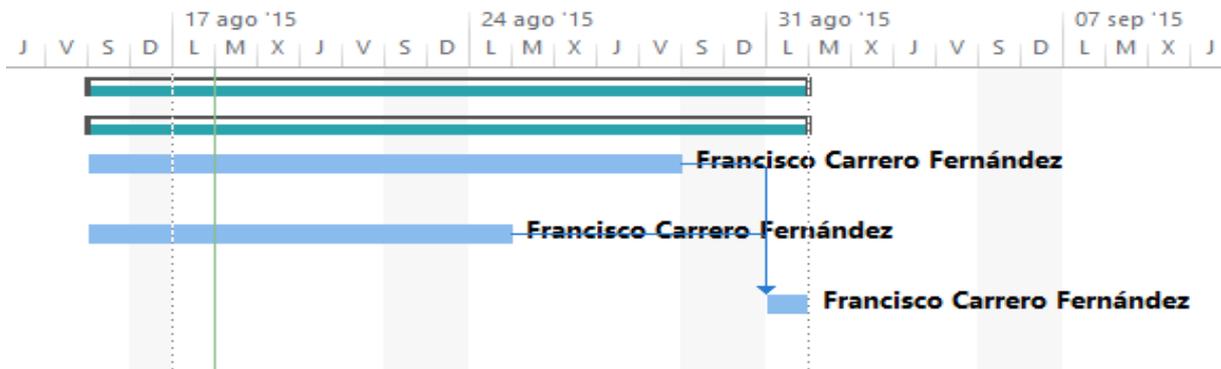


Figura 3.14: Diagrama de Gantt Fase de Transición: 1ª iteración

3.7. Costes

Para el desarrollo de este proyecto he tenido en cuenta los siguientes costes:

- COSTES DE PERSONAL: Este proyecto ha sido realizado por una persona estudiante de Grado en Ingeniería Informática. El sueldo de un ingeniero Junior (sin experiencia) se encuentra entre 16000-21000€netos/año. Supongamos un sueldo medio de 1300 €/mes por persona.

Aunque la duración total han sido unos seis meses naturales, en realidad computamos el sueldo de todos estos meses ya que las horas diarias dedicadas a este proyecto no han sido ocho, jornada laboral normal de un trabajador, sino que se ha trabajado una media de 5-6 horas diarias, por lo que estos costes se estiman en relación a 4 meses de trabajo.

En resumen, los costes de personal se reducen a lo siguiente:

$$\text{COSTE TOTAL PERSONAL} = 4 \text{ meses} \times 1300 \text{ €/mes} \times 1 \text{ persona} = 5200 \text{ €}$$

- COSTES DE MATERIAL Y EQUIPOS: Para el desarrollo se ha necesitado dos ordenadores portátiles (el principal de trabajo y el de repuesto) y dos dispositivos móviles. No se tendrá en cuenta el coste de software ya que todo lo utilizado es gratuito.

- Smartphone Huawei Ascend P7 : 96€.
- Smartphone Doogee Dagger G550 : 120€.
- PCs para el desarrollo: 400€x 2 = 800€.

$$\text{COSTE TOTAL MATERIAL} = 800 + 120 + 96 = 1016 \text{ €}.$$

- COSTES DE PUBLICACIÓN: Para poder distribuir esta aplicación es recomendable subirla al *Google Play*. Para poder publicar aplicaciones es necesario registrarse y pagar 25 dólares que a la conversión actual (año 2015) del dólar-euro supone aproximadamente unos 22,58 €. Cabe decir que este pago es único y que sirve para futuras publicaciones de otras aplicaciones del mismo usuario registrado.

En conclusión los costes totales del desarrollo de este proyecto ascienden a un total de **6238,58 €**. Entre publicidad y precio de utilización de la app, se deberían recaudar esa cantidad para amortizar los gastos del proyecto.

3.8. Análisis de Riesgos

Identificar y analizar los posibles riesgos a los que se puede enfrentar el proyecto es una tarea importante mediante la que se puede incrementar las posibilidades de éxito y calidad del resultado final.

En las siguientes tablas se detallan algunos de los riesgos considerados en la realización del proyecto, así como su posible corrección.

Riesgo-0001	Planificación no realista
Descripción	La planificación inicial realizada es demasiado optimista y los plazos estimados son inasumibles.
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Alta.
Gravedad	Alta.
Detección	Alta.
Acción correctora	La planificación inicial se realizará de forma realista, con márgenes en cada fase, especialmente en las más exigentes como la de elaboración y construcción, para mitigar posibles problemas y retrasos.
Plan de contingencia	Aumentar el ritmo de trabajo para ajustarse a la planificación en caso de detectar que los plazos no van a poder cumplirse.

Tabla 3.7: Riesgo-0001

Riesgo-0002	Pérdida de datos
Descripción	Pérdida parcial o total de algún elemento del proyecto (código fuente, imágenes, documentos, archivos de configuración, etc.).
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Baja.
Gravedad	Alta.
Detección	Alta.
Acción correctora	Se realizaran copias de seguridad semanales de todos los elementos del proyecto, tanto en almacenamiento local como en soporte externo.
Plan de contingencia	Aumentar el ritmo de trabajo para recuperar los datos perdidos.

Tabla 3.8: Riesgo-0002

Riesgo-0003	Cambios en los requisitos
Descripción	Cambios inesperados en los requisitos iniciales del proyecto.
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Media.
Gravedad	Media.
Detección	Alta.
Acción correctora	Establecer márgenes de tiempo extra en cada fase de la planificación para mitigar el efecto negativo con este suceso.
Plan de contingencia	Aumentar el ritmo de trabajo para adecuarse a los nuevos requisitos.

Tabla 3.9: Riesgo-0003

Riesgo-0004	Pérdida o avería de los dispositivos de desarrollo
Descripción	Los dispositivos físicos sobre los que sea realiza el desarrollo y pruebas se extravían o averían.
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Baja.
Gravedad	Alta.
Detección	Alta.
Acción correctora	Contar con otro dispositivo de repuesto, evitar la sobrecarga y utilización de los dispositivos de desarrollo fuera del propio desarrollo del proyecto.
Plan de contingencia	Obtener otro dispositivo sobre el que realizar las pruebas o utilizar emuladores en la medida de los posible.

Tabla 3.10: Riesgo-0004

Riesgo-0005	Enfermedad o ausencia temporal
Descripción	Imposibilidad de trabajar en el proyecto por causas de fuerza mayor.
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Baja.
Gravedad	Media.
Detección	Alta.
Acción correctora	Realizar la planificación teniendo en cuenta que puede darse este riesgo y tomar más tiempo en cada fase.
Plan de contingencia	Aumentar el ritmo de trabajo para recuperar el tiempo perdido.

Tabla 3.11: Riesgo-0005

Riesgo-0006	Fallos de software
Descripción	Imposibilidad de utilizar software necesario en el desarrollo del proyecto, ya sea por caducidad de licencias, amenazas en forma de virus, actualizaciones con fallos, etc.
Efecto	Retraso en las tareas del proyecto.
Frecuencia	Baja.
Gravedad	Media.
Detección	Media.
Acción correctora	Instalar en los dispositivos de repuesto todo el software necesario, con licencias temporales que cubran el tiempo necesario de desarrollo.
Plan de contingencia	Aumentar el ritmo de trabajo para recuperar el tiempo de trabajo perdido.

Tabla 3.12: Riesgo-0006

Capítulo 4

DOCUMENTO DE ANÁLISIS

4.1. **Ámbito**

En primer lugar el usuario deben definir los patrones de movimiento o actividades a analizar, para ello se recogen los datos proporcionados por el sensor de cada uno de ellos mientras realiza la actividad y su móvil está en el bolsillo. Se determina que la posición del teléfono es el bolsillo del pantalón, ya que usualmente es donde se lleva y al estar próximo a la cadera la recogida del movimiento será mejor.

Para realizar la grabación, se deberá rellenar un pequeño formulario sobre la persona que realiza la actividad, y al acabar se podrá dar como válida la grabación (y señalar el tipo de actividad realizada) o descartarla por ser errónea.

De forma determinada, la última grabación queda recogida como referencia, es decir, será la utilizada por los algoritmos después para el reconocimiento. Se da la posibilidad al usuario de cambiar las referencias por si sus patrones en las actividades cambian, o incluso si hay un cambio de usuario. Con esto conseguimos también probar las diferencias en los patrones entre personas de diferente sexo, edad, altura...

El usuario deberá grabar los patrones de las siguientes actividades físicas, que más tarde deberán poder ser identificadas, y que han sido clasificadas como básicas ya que las personas normalmente las realizan en el día a día:

- Estar en reposo
- Andar
- Correr
- Subir Escaleras
- Bajar Escaleras

Una vez recogidas las grabaciones, el usuario puede ver la información de cada una, así como observar en gráficos diferentes los valores recogidos, para poder identificar visualmente los patrones de la actividad.

El usuario una vez tenga los patrones de cada actividad, puede llevar a cabo el reconocimiento, y podrá variar el tiempo en el que realiza la actividad a reconocer. Se desarrollarán tres algoritmos diferentes, uno de ellos aparecerá como un estudio propuesto por el alumno durante la ejecución del proyecto, para comprobar su fiabilidad y comportamiento. Los otros dos son propuestos por el tutor desde el principio, ya que son algoritmos definidos que el alumno deberá programar y obtener el mayor grado de fiabilidad con ellos.

4.2. Participantes en el proyecto

Participante-001	Francisco Carrero Fernández
Organización	Estudiante E.T.S Ingeniería Informática
Rol	Jefe de proyecto, analista, diseñador y desarrollador
Es desarrollador	Si
Es cliente	Si
Es usuario	Si

Tabla 4.1: Participante-0001

Participante-002	Manuel Ángel González Delgado
Organización	Departamento de Física Aplicada.
Rol	Tutor del TFG.
Es desarrollador	No.
Es cliente	Si.
Es usuario	Si.

Tabla 4.2: Participante-0002

Participante-003	Jesús Vegas Hernández
Organización	Departamento de Informática.
Rol	Cotutor del TFG.
Es desarrollador	No.
Es cliente	Si.
Es usuario	Si.

Tabla 4.3: Participante-0003

4.3. Objetivos del sistema

En las siguientes tablas se detallan cuales son los objetivos del sistema a desarrollar en el proyecto, explicando en qué consisten y qué relevancia tienen:

Objetivo-001	Grabar patrón
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario la grabación y la representación gráfica de los valores del acelerómetro.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.4: Objetivo-0001

Objetivo-002	Analizar patrón
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario analizar las actividades previamente grabadas.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.5: Objetivo-0002

Objetivo-003	Reconocimiento de actividades
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario el reconocimiento de las actividades que realiza en tiempo real.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.6: Objetivo-0003

4.4. Requisitos

Se define en este apartado las funciones que debe cumplir el software a desarrollar en el proyecto para poder llevar a cabo los objetivos propuestos.

4.4.1. Requisitos funcionales

En las siguientes tablas se detallan cuáles son los requisitos del sistema en relación al funcionamiento del mismo:

FRQ-001	Grabación y almacenamiento de actividades
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario grabar con el dispositivo los valores extraídos del acelerómetro mientras realiza una actividad física y almacenarlos.
Dependencias	No.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.7: Requisito funcional-0001

FRQ-002	Análisis de las actividades guardadas
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario ver las actividades guardadas y la información relativa a ellas.
Dependencias	No.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.8: Requisito funcional-0002

FRQ-003	Visualización de patrones en diferentes tipos de gráficas
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario ver las actividades guardadas y la información relativa a ellas.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.9: Requisito funcional-0003

FRQ-004	Selección de actividades de referencia
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario seleccionar las actividades de referencia que se usarán en los algoritmos de reconocimiento.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.10: Requisito funcional-0004

FRQ-005	Reconocimiento de actividades en tiempo real
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá proporcionar al usuario diferentes métodos de reconocimiento de actividades en tiempo real.
Dependencias	No.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.11: Requisito funcional-0005

FRQ-006	Eliminar grabaciones realizadas
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá permitir al usuario eliminar las grabaciones de actividades realizadas, tanto si han sido almacenadas como si acaba de realizar la grabación.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.12: Requisito funcional-0006

FRQ-007	Actividades reconocidas
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá poder reconocer al menos los patrones de las actividades: reposo, subir escaleras, bajar escaleras, andar y correr.
Dependencias	No.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.13: Requisito funcional-0007

4.4.2. Requisitos no funcionales

En las siguientes tablas se explican aquellos requisitos del sistema referidos a las propiedades del sistema no relacionadas con su funcionamiento:

NFR-001	Almacenamiento de los datos en memoria interna
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá poder almacenar los archivos en el almacenamiento interno del teléfono.
Dependencias	No.
Importancia	Vital.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.14: Requisito no funcional-0001

NFR-002	Borrado de todos los datos en la desinstalación de la aplicación
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá eliminar todos los ficheros en caso de que el usuario desinstale la aplicación del teléfono.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.15: Requisito no funcional-0002

NFR-003	Facilidad de uso
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá poder ser usado de una manera sencilla e intuitiva.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.16: Requisito no funcional-0003

NFR-004	Compatibilidad con dispositivos diversos
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	El sistema deberá poder funcionar correctamente en dispositivos con características hardware diversas siempre que se disponga de los requisitos mínimos exigidos por la aplicación.
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.17: Requisito no funcional-0004

NFR-005	Compatibilidad con Android
Versión	1.0 (23/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Fuentes	Manuel Ángel González Delgado.
Descripción	Se podrá acceder a la aplicación mediante dispositivos cuyo sistema operativo sea 3.0 o superior (API 11 mínima requerida).
Dependencias	No.
Importancia	Importante.
Urgencia	Inmediatamente.
Estado	En construcción.
Estabilidad	Baja.

Tabla 4.18: Requisito no funcional-0005

4.4.3. Requisitos de información

Información necesaria para grabar actividades:

- Sexo de la persona que realiza la actividad.
- Edad de la persona que realiza la actividad.
- Altura de la persona que realiza la actividad.
- Peso de la persona que realiza la actividad.
- Tiempo de grabación de la actividad.
- Tipos de actividad realizada.

Información almacenada sobre las actividades:

- Sexo de la persona que realiza la actividad.
- Edad de la persona que realiza la actividad.
- Altura de la persona que realiza la actividad.
- Peso de la persona que realiza la actividad.
- Tiempo de grabación de la actividad.
- Tipos de actividad realizada.
- Fecha de la realización de la actividad.
- Hora de la realización de la actividad.
- Valor de actividad de referencia.
- Valores del módulo de los elementos recogidos en el sensor (triaxial).
- Número de valores registrados.
- Media aritmética de los valores.
- Desviación típica de los valores.
- Máximo de los valores.

- Mínimo de los valores.
- Coeficiente de asimetría de Pearson de los valores.

4.5. Actores

En la siguiente tabla se presentan los actores que estarán presentes para el desarrollo de los diferentes casos de uso identificados en la utilización de la aplicación:

ACT-001	Usuario
Versión	1.0 (24/03/2015).
Autores	Francisco Carrero Fernández.
Descripción	El actor <i>Usuario</i> representa a cualquier usuario de la aplicación.

Tabla 4.19: Actor-0001

4.6. Diagrama de casos de uso

Acorde a los requisitos identificados en el punto anterior, a continuación se muestra el diagrama de casos de uso del sistema, donde se listan los principales procesos a los que se enfrentará el usuario en la utilización de la aplicación.

Los casos de uso en el diagrama no mantienen un orden jerárquico, pero se puede decir que su colocación es un orden de profundidad según el flujo de la aplicación: los casos de uso referidos a las primeras pantallas son los que están situadas más arriba, mientras que los que se acceden pasando por más pantallas antes de llegar al caso de uso son los que están en la parte inferior.

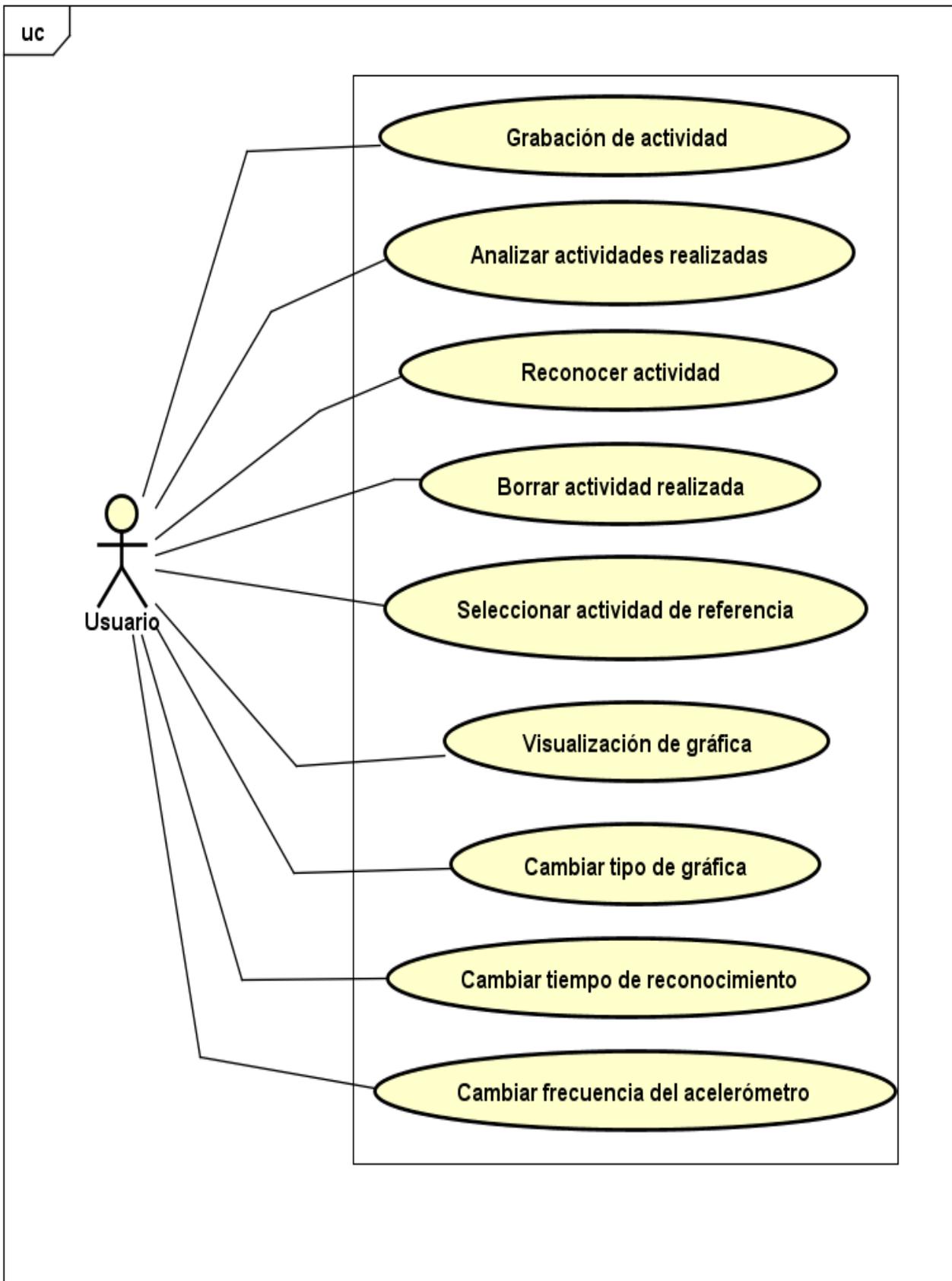


Figura 4.1: Diagrama de casos de uso

4.7. Casos de uso

En las siguientes tablas se describen los casos de uso del diagrama 4.1, explicando el flujo de pasos que debe seguir el usuario al interactuar con el sistema para completar el proceso con éxito, así como las excepciones que puedan surgir:

UC-0001		Grabación de actividad	
Versión	1.0 (07/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere grabar el patrón de una actividad física.		
Precondición	Ninguna.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Grabar Patrón en la pantalla del menú principal.	
	2	El sistema muestra la pantalla del formulario con la información a rellenar por el usuario.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) rellena los datos requeridos.	
	4	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón Play.	
	5	El sistema muestra y avisa con sonido la cuenta atrás para que empiece la grabación.	
	6	El actor Usuario (ACT-0001) guarda el dispositivo en su bolsillo y comienza a hacer la actividad física.	
	7	El sistema avisa cuando la grabación ha terminado mediante un sonido y muestra la pantalla con la gráfica de los valores recogidos y las opciones de guardado.	
	8	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón Guardar.	
	9	El sistema almacena la actividad en la memoria interna del teléfono y vuelve al menú principal.	
		Paso	Acción
Excepciones	5	El actor Usuario (ACT-0001) no ha rellenado todos los datos del formulario, el sistema muestra un aviso en la pantalla y el caso de uso continúa en el paso 2.	
	9	El actor Usuario (ACT-0001) ha pulsado el botón Descartar, el sistema no guarda la actividad realizada y el caso de uso continúa en el paso 2.	
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.20: Caso de uso-0001

UC-0002		Analizar actividades realizadas	
Versión	1.0 (07/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario desea obtener la información de las actividades que han sido grabadas.		
Precondición	El actor Usuario (ACT-0001) ha grabado con anterioridad una actividad física.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Analizar Patrón en la pantalla del menú principal.	
	2	El sistema muestra la pantalla con las actividades que están almacenadas en el teléfono con una información mínima sobre cada una de ellas.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la actividad de la que desea ver la información.	
	4	El sistema muestra la pantalla con toda la información que ha sido almacenada sobre la actividad.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.21: Caso de uso-0002

UC-0003		Reconocer Actividad	
Versión	1.0 (07/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere reconocer la actividad física que está realizando.		
Precondición	Ninguna.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Identificar Actividad en la pantalla del menú principal.	
	2	El sistema muestra la pantalla con los diferentes algoritmos de reconocimiento a elegir.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona el algoritmo que quiere usar.	
	4	El sistema muestra la pantalla previa al reconocimiento.	
	5	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón de iniciar el reconocimiento.	
	6	El sistema muestra y avisa con sonido la cuenta atrás para que empiece el reconocimiento.	
	7	El actor Usuario (ACT-0001) guarda el teléfono en su bolsillo y comienza a realizar una actividad.	
	8	El sistema avisa al usuario cuando se agota el tiempo de reconocimiento y muestra la pantalla de la actividad reconocida.	
		Paso	Acción
Excepciones	4	El actor Usuario (ACT-0001) no ha grabado patrones de al menos una actividad física de todas las que se pueden reconocer, el sistema avisa al usuario y el caso de uso continúa en el paso 2.	
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.22: Caso de uso-0003

UC-0004		Borrar actividad realizada
Versión	1.0 (08/04/2015)	
Autores	Francisco Carrero Fernández	
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere borrar una actividad física que ha guardado previamente.	
Precondición	El actor Usuario (ACT-0001) ha grabado con anterioridad una actividad física.	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Analizar Patrón en la pantalla del menú principal.
	2	El sistema muestra la pantalla con las actividades que están almacenadas en el teléfono con una información mínima sobre cada una de ellas.
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón eliminar de la actividad que desea borrar.
	4	El sistema muestra un aviso de confirmación de eliminación de actividad.
	5	El actor Usuario (ACT-0001) confirma la eliminación.
	6	El sistema elimina la información y ficheros asociados a la actividad de la memoria interna del teléfono.
Excepciones	Ninguna.	
Importancia	Vital	
Urgencia	Inmediatamente	
Estado	Completado.	
Estabilidad	Alta.	

Tabla 4.23: Caso de uso-0004

UC-0005		Seleccionar actividad de referencia	
Versión	1.0 (08/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere marcar una actividad como referencia.		
Precondición	El actor Usuario (ACT-0001) ha grabado con anterioridad al menos más de actividad física de un tipo.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Analizar Patrón en la pantalla del menú principal.	
	2	El sistema muestra la pantalla con las actividades que están almacenadas en el teléfono con una información mínima sobre cada una de ellas.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la actividad que desea marcar como referencia.	
	4	El sistema muestra la pantalla con toda la información que ha sido almacenada sobre la actividad.	
	6	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la marca de referencia.	
	7	El sistema avisa al usuario de que ahora esa actividad es de referencia.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.24: Caso de uso-0005

UC-0006		Visualización de gráfica	
Versión	1.0 (09/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere visualizar gráficas sobre los patrones de actividades guardadas.		
Precondición	El actor Usuario (ACT-0001) ha grabado con anterioridad al menos una actividad física de un tipo.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) selecciona la opción Analizar Patrón en la pantalla del menú principal.	
	2	El sistema muestra la pantalla con las actividades que están almacenadas en el teléfono con una información mínima sobre cada una de ellas.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la actividad que desea visualizar sus gráficas.	
	4	El sistema muestra la pantalla con toda la información que ha sido almacenada sobre la actividad.	
	5	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre opción Ver Gráficas.	
	6	El sistema muestra la pantalla con la gráfica de los valores asociados a la actividad.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.25: Caso de uso-0006

UC-0007		Cambiar tipo de gráfica	
Versión	1.0 (09/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere cambiar el tipo de gráfica.		
Precondición	Ninguna.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón de opciones del dispositivo.	
	2	El sistema muestra las opciones de ajustes.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa la opción de Configuración.	
	4	El sistema muestra la pantalla de configuración de la aplicación.	
	5	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la opción de Datos Representados o Tipos de Gráficos.	
	6	El sistema muestra los tipos de gráficas disponibles.	
	7	El actor Usuario (ACT-0001) elige una opción entre las mostradas.	
	8	El sistema guarda la opción elegida.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.26: Caso de uso-0007

UC-0008		Cambiar tiempo de reconocimiento	
Versión	1.0 (10/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere cambiar el tiempo de identificación de actividad.		
Precondición	Ninguna.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón de opciones del dispositivo.	
	2	El sistema muestra las opciones de ajustes.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa la opción de Configuración.	
	4	El sistema muestra la pantalla de configuración de la aplicación.	
	5	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la opción de Tiempo de Reconocimiento.	
	6	El sistema muestra los tiempos disponibles.	
	7	El actor Usuario (ACT-0001) elige una opción entre las mostradas.	
	8	El sistema guarda la opción elegida.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.27: Caso de uso-0008

UC-0009		Cambiar frecuencia del acelerómetro	
Versión	1.0 (10/04/2015)		
Autores	Francisco Carrero Fernández		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal y como se describe en el siguiente caso de uso, cuando un usuario quiere cambiar la frecuencia del acelerómetro.		
Precondición	Ninguna.		
Secuencia normal	Paso	Acción	
	1	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa el botón de opciones del dispositivo.	
	2	El sistema muestra las opciones de ajustes.	
	3	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa la opción de Configuración.	
	4	El sistema muestra la pantalla de configuración de la aplicación.	
	5	El actor Usuario (ACT-0001) pulsa sobre la opción de Velocidad de Muestreo.	
	6	El sistema muestra los cuatro tipos de frecuencias que se presentan en dispositivos con Android.	
	7	El actor Usuario (ACT-0001) elige una opción entre las mostradas.	
	8	El sistema guarda la opción elegida.	
Excepciones	Ninguna.		
Importancia	Vital		
Urgencia	Inmediatamente		
Estado	Completado.		
Estabilidad	Alta.		

Tabla 4.28: Caso de uso-0009

4.8. Modelo de dominio

En la siguiente ilustración se presenta el modelo de dominio del sistema, donde se identifican las principales identidades del sistema, con sus relaciones y atributos:

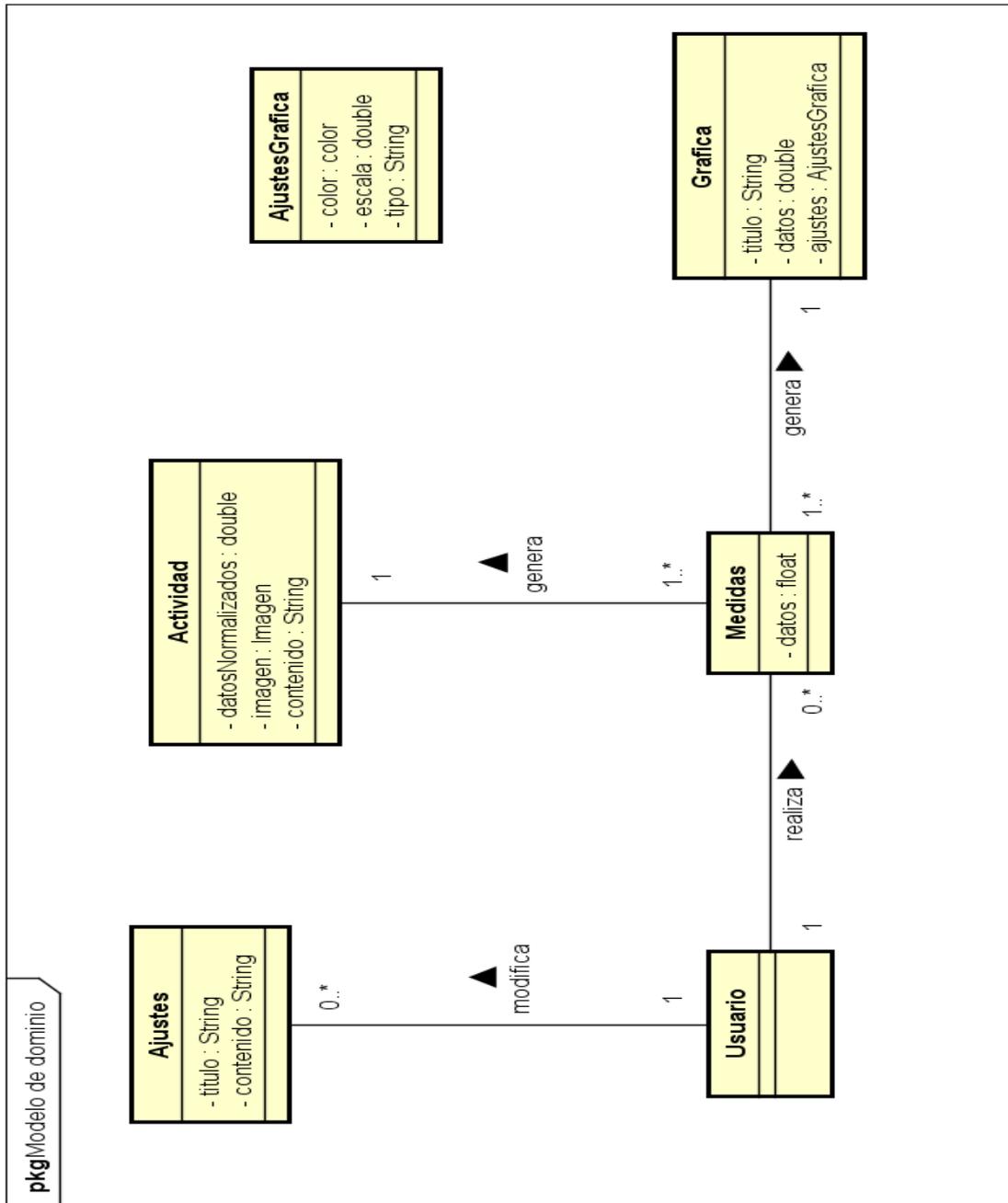


Figura 4.2: Modelo de dominio

4.8.1. Descripción del modelo de dominio

- **Usuario:** representa a un usuario de la aplicación.
- **Medidas:** representa a los datos obtenidos del acelerómetro al medir el movimiento en las actividades físicas. Contiene unos datos numéricos decimales.
- **Ajustes:** representa una pantalla con los ajustes de la aplicación: Contiene un título y unos contenidos en formato texto.
- **Actividad:** representa una actividad que ha realizado el usuario. Contiene los datos normalizados del acelerómetro (módulo), el contenido en formato texto y una imagen asociada.
- **Grafica:** la gráfica que representa las medidas realizadas. Contiene un título, los datos en formato float y los ajustes de la gráfica.
- **AjustesGrafica:** representa los ajustes de una gráfica, contiene el color de las representaciones, la escala de los ejes y el tipo de gráfica.

4.9. Diagramas de secuencia

En ese apartado se van a mostrar los diagramas de secuencia que detallan en profundidad la interacción de las entidades del sistema del modelo de dominio, en los casos de uso detallados anteriormente.

GRABACIÓN DE ACTIVIDAD

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario realiza una grabación de los patrones de una actividad física:

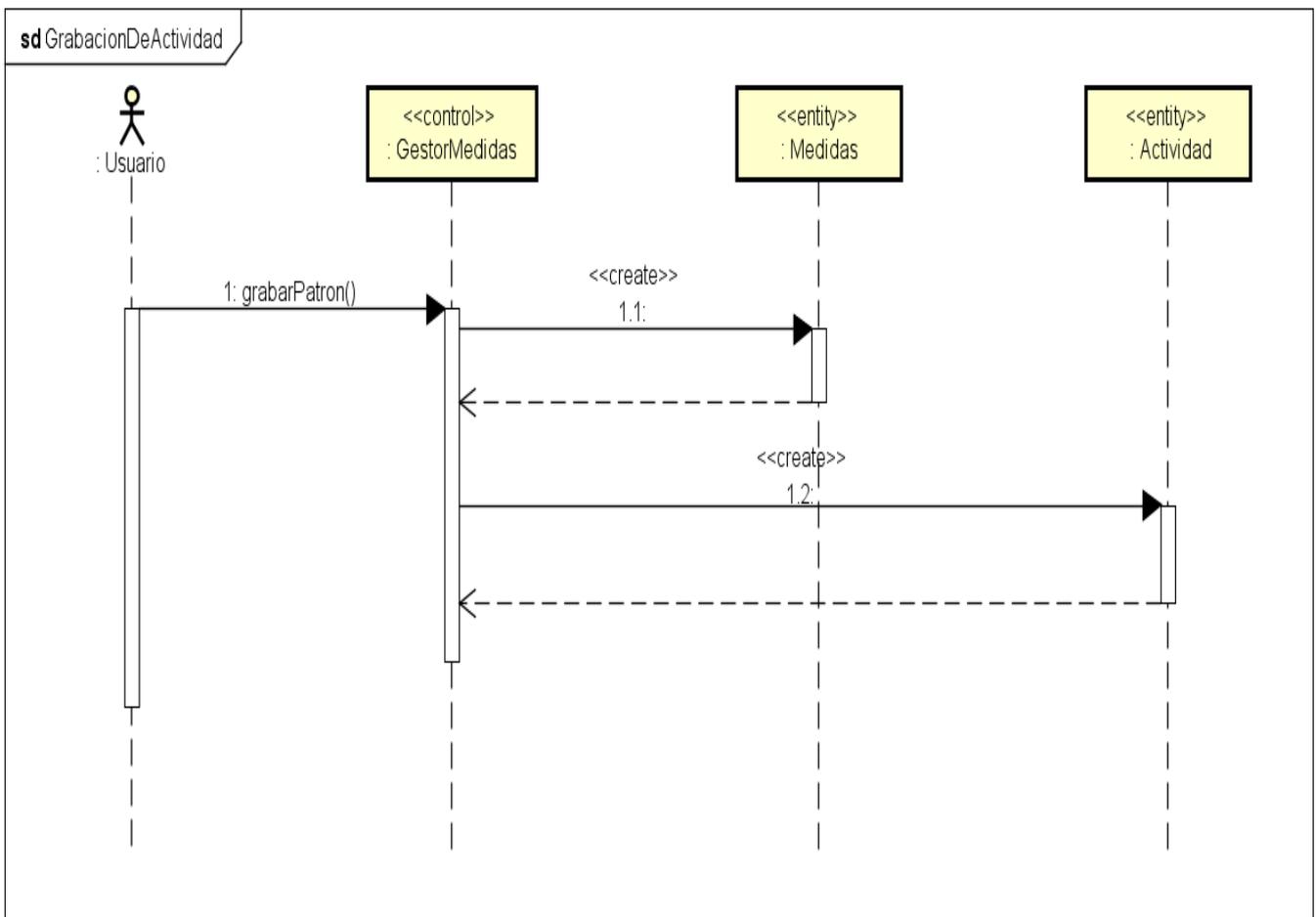


Figura 4.3: Diagrama de secuencia: Grabación de actividad

ANALIZAR ACTIVIDADES REALIZADAS

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario analiza las actividades que ha grabado:

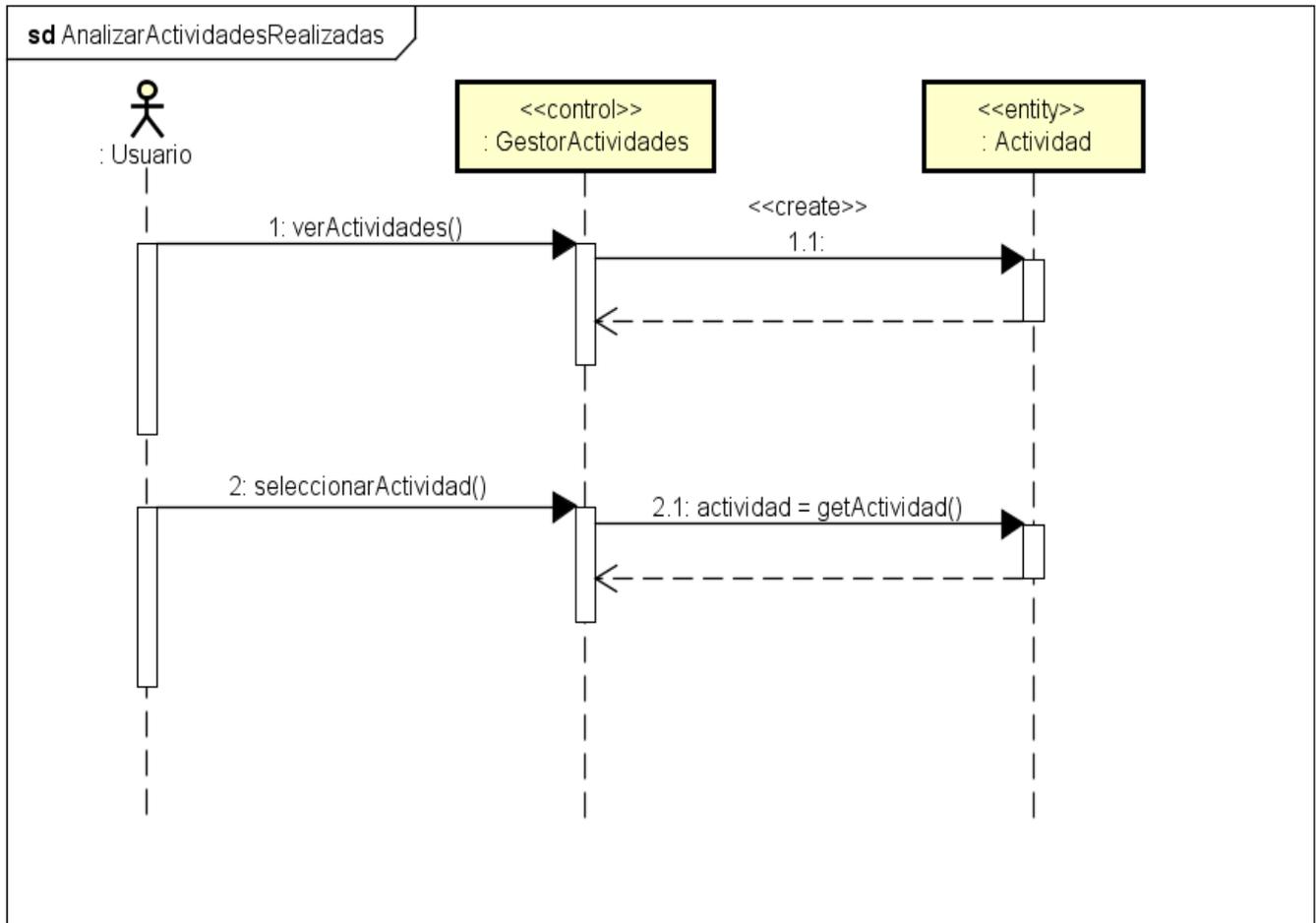


Figura 4.4: Diagrama de secuencia: Analizar actividades realizadas

RECONOCER ACTIVIDAD

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario inicia el reconocimiento de la actividad que está realizando:

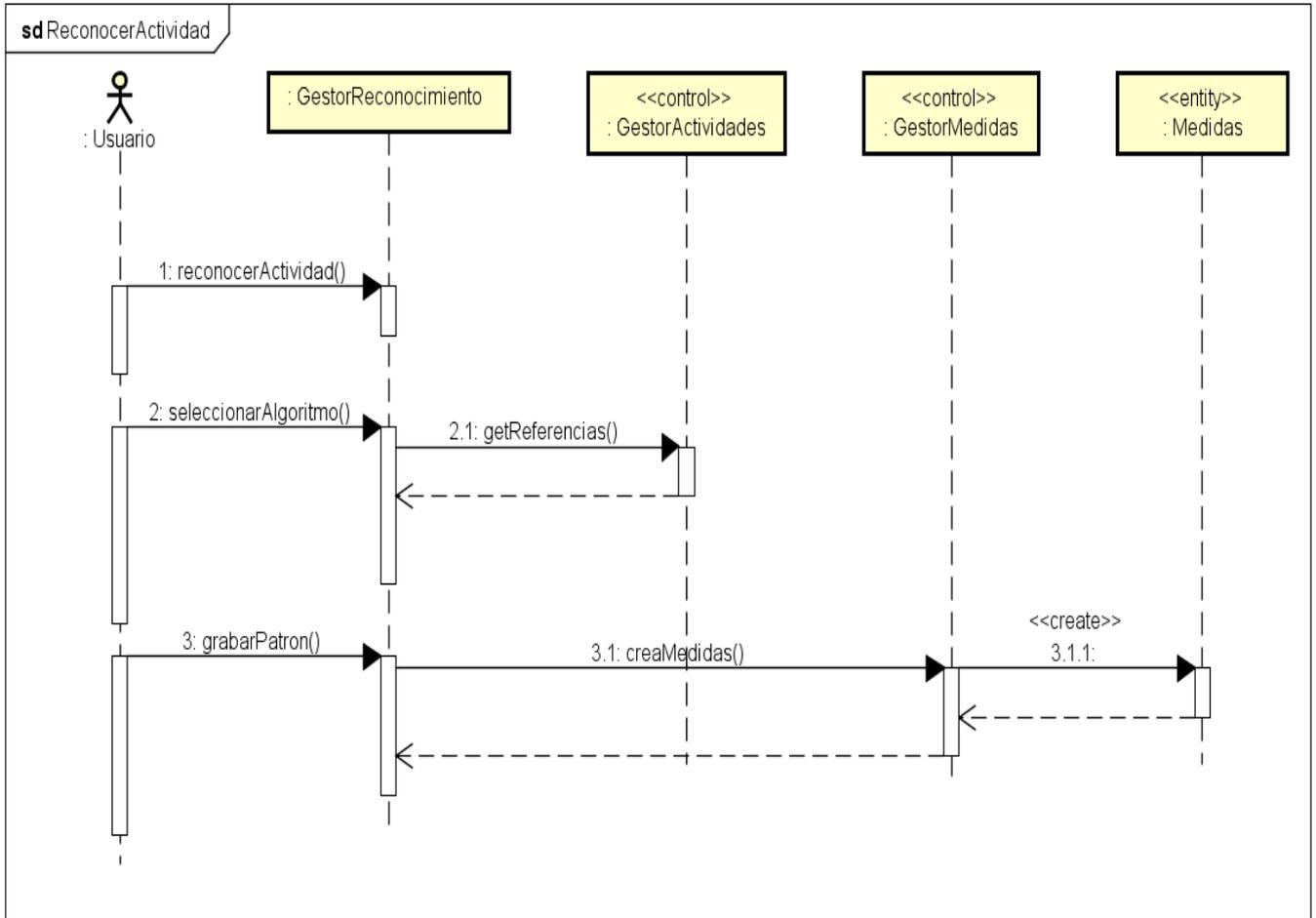


Figura 4.5: Diagrama de secuencia: Reconocer actividad

BORRAR ACTIVIDAD REALIZADA

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere borrar una actividad que ha realizado:

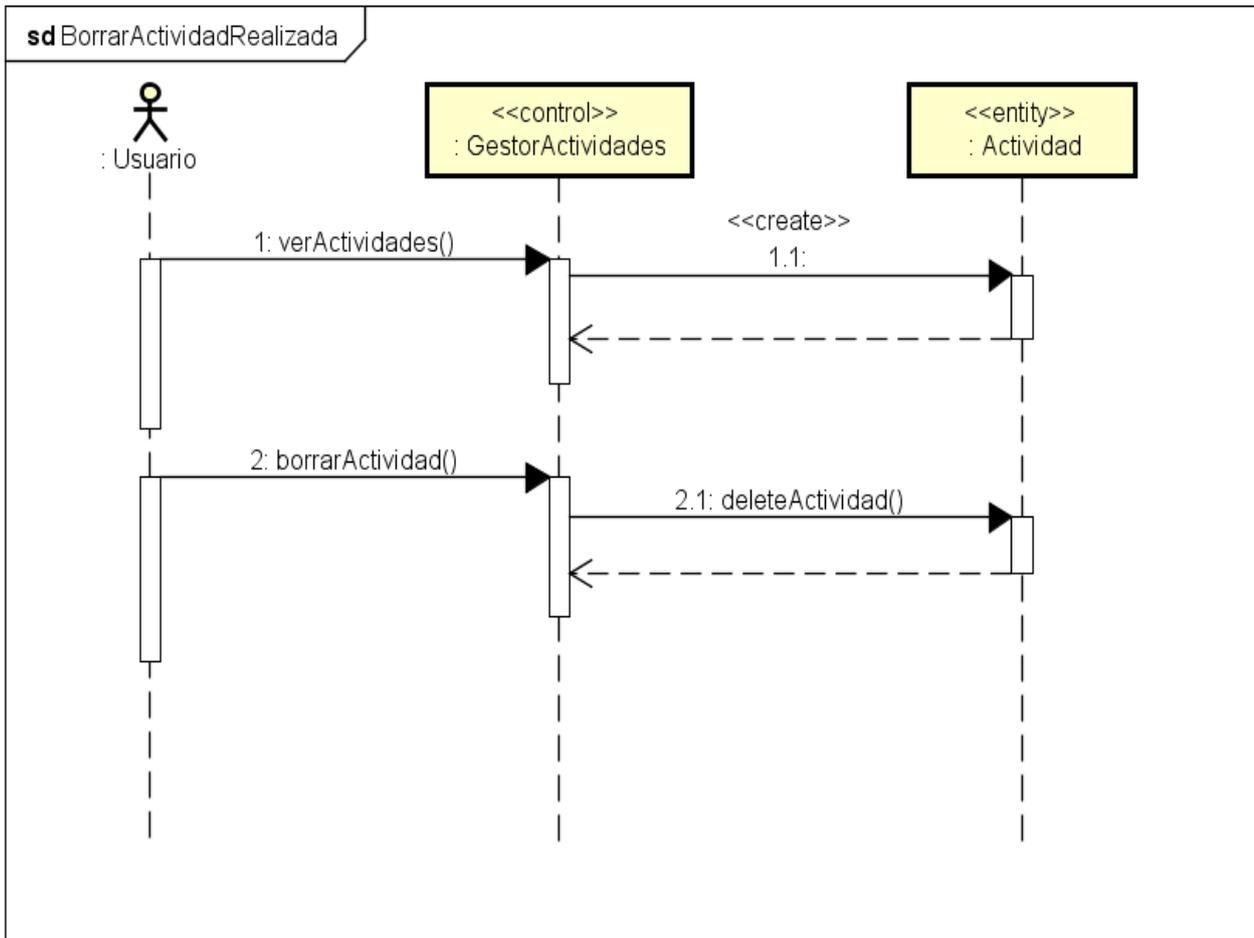


Figura 4.6: Diagrama de secuencia: Borrar actividad realizada

SELECCIONAR ACTIVIDAD DE REFERENCIA

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere borrar una actividad que ha realizado:

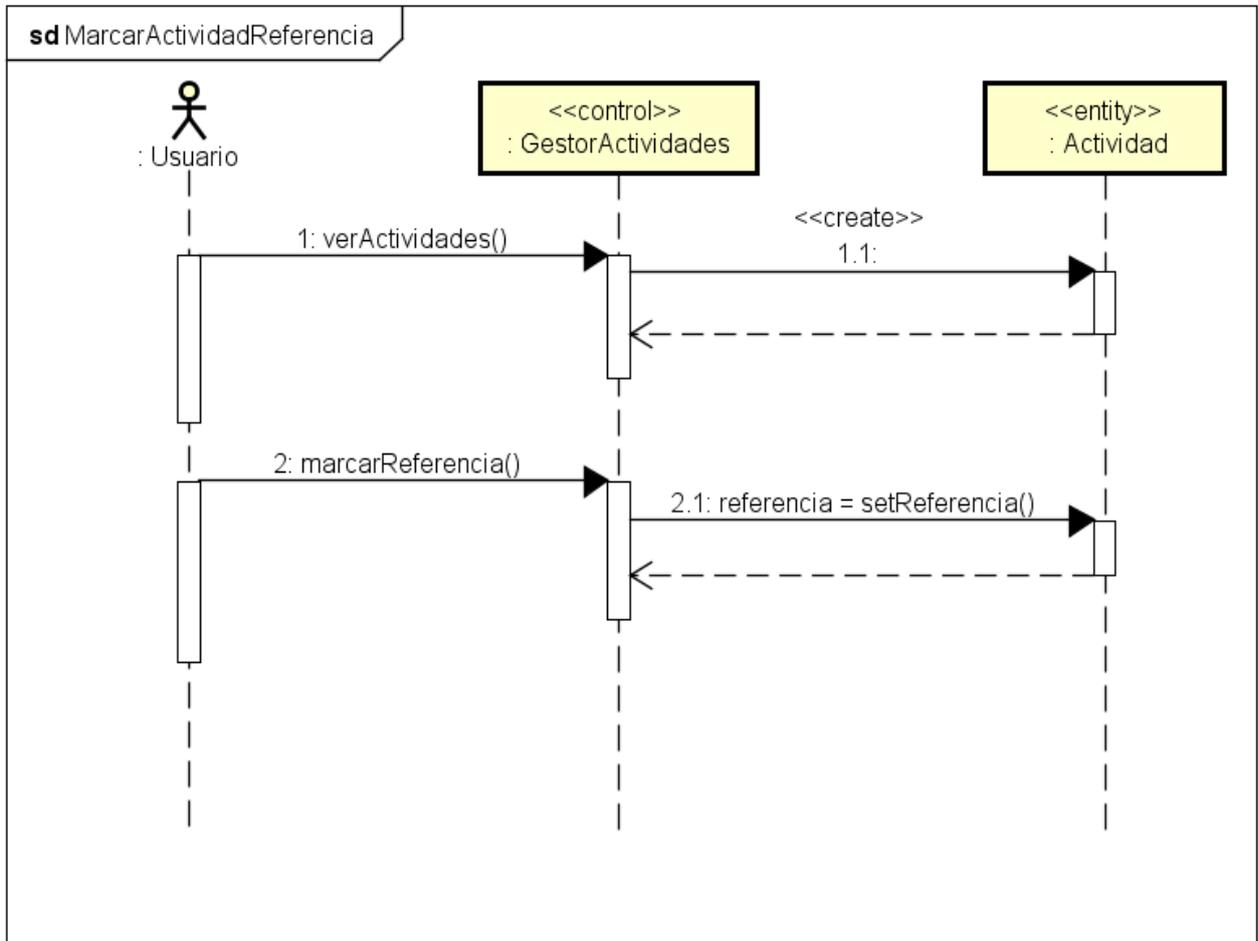


Figura 4.7: Diagrama de secuencia: Seleccionar actividad de referencia

VISUALIZACIÓN DE GRÁFICA

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere visualizar las gráficas de las medidas de una actividad:

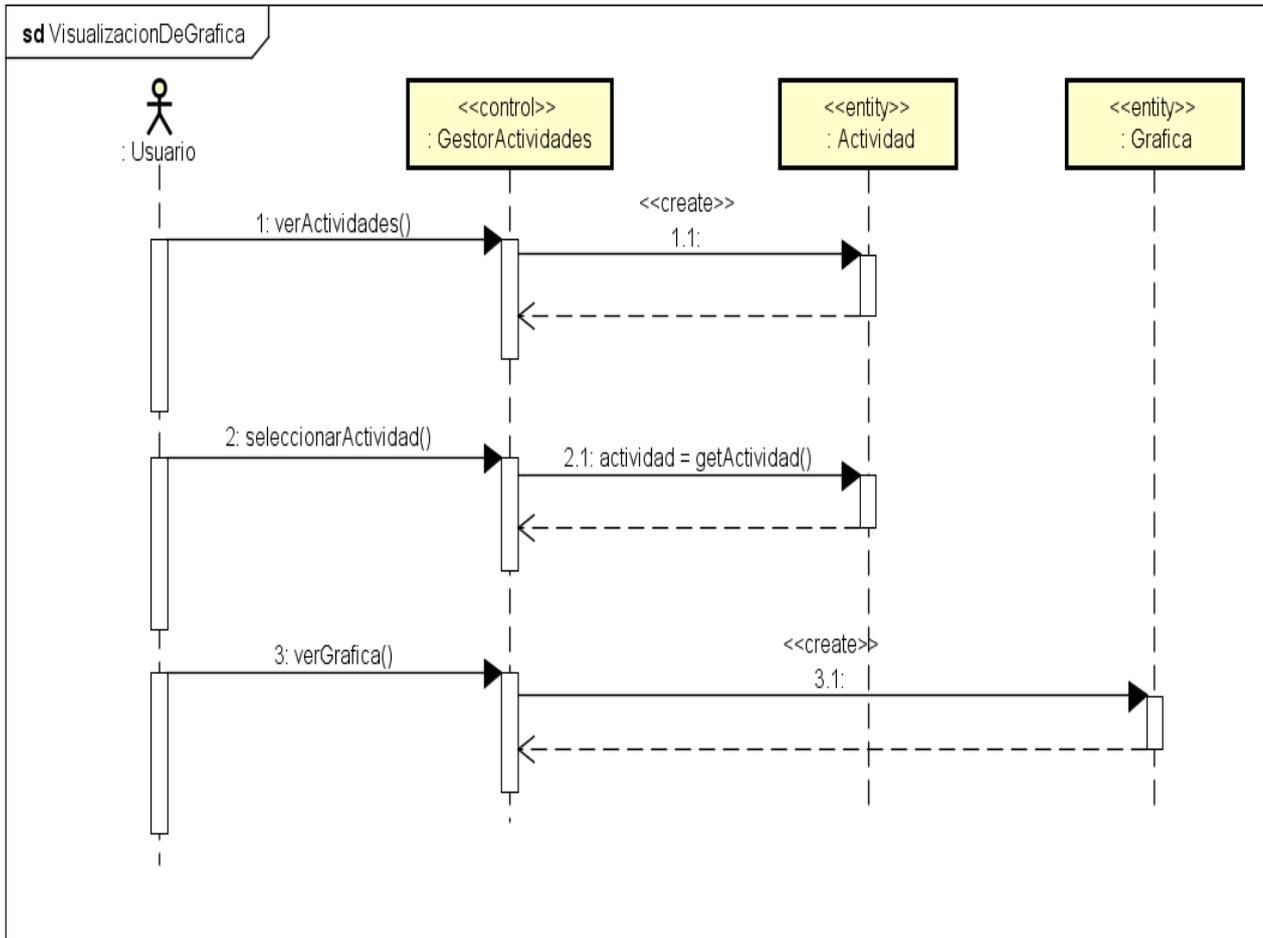


Figura 4.8: Diagrama de secuencia: Visualización de gráfica

CAMBIAR TIPO DE GRÁFICA

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere cambiar las gráficas de las medidas de una actividad:

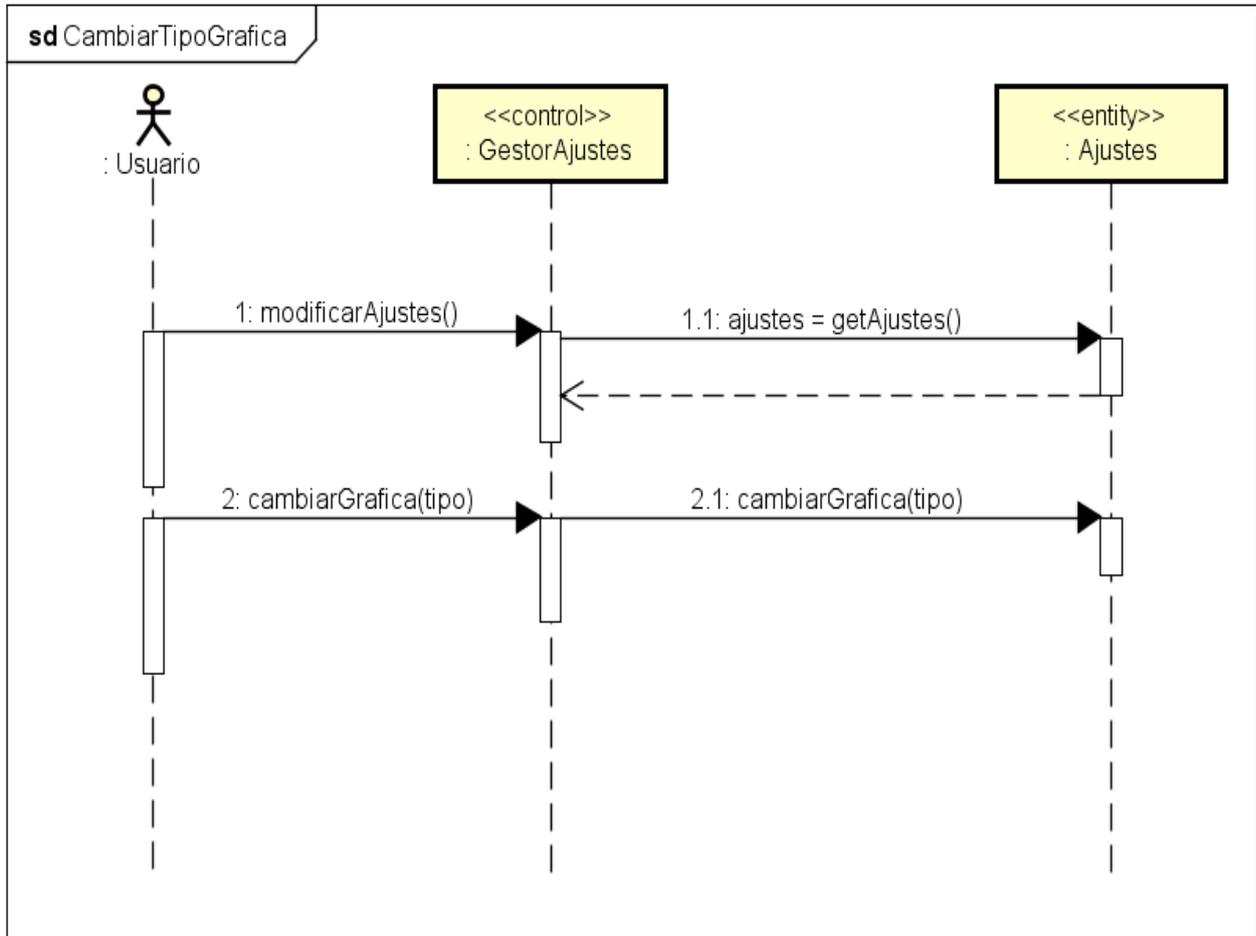


Figura 4.9: Diagrama de secuencia: Cambiar tipo de gráfica

CAMBIAR TIEMPO DE RECONOCIMIENTO

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere cambiar el tiempo de reconocimiento de una actividad:

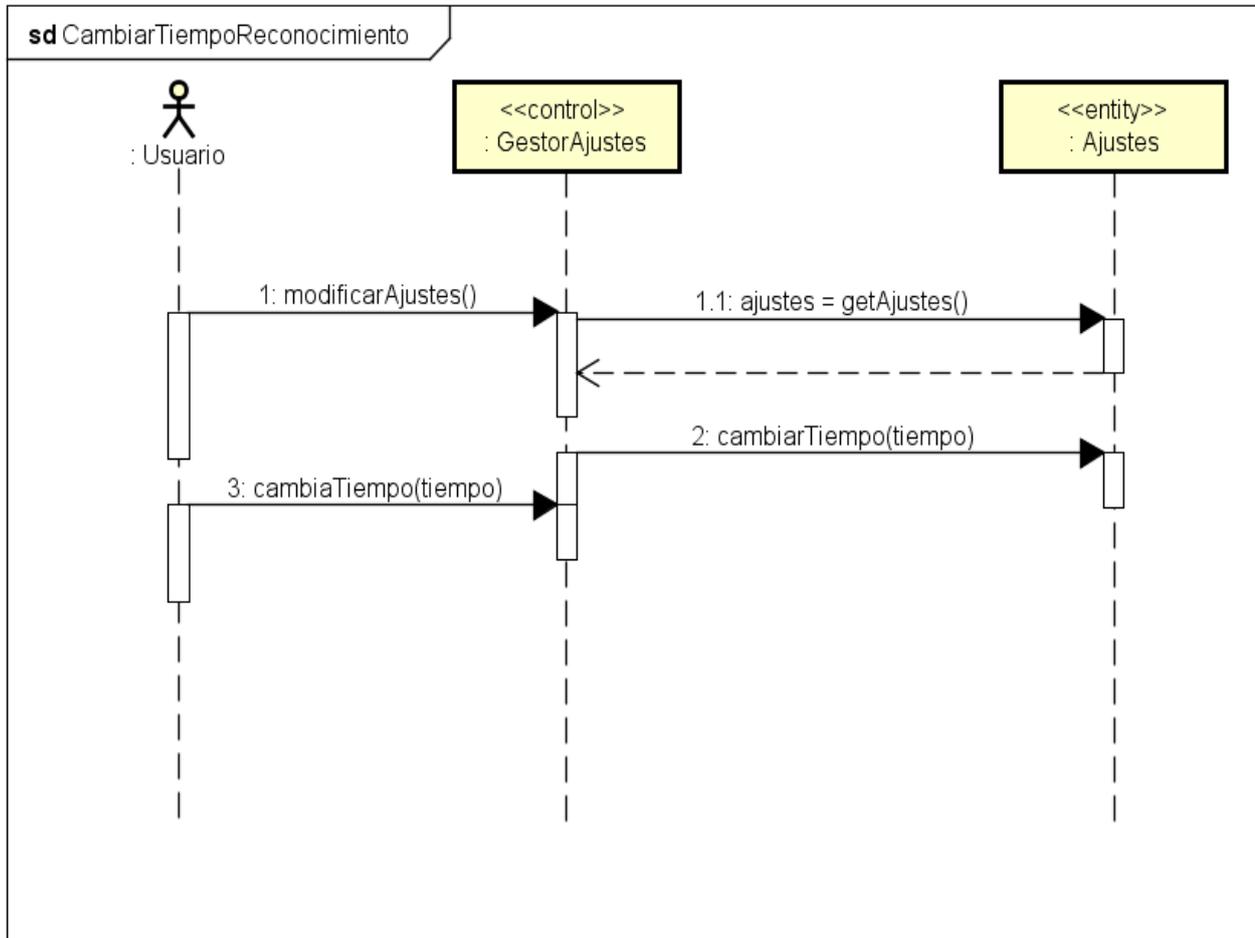


Figura 4.10: Diagrama de secuencia: Cambiar tiempo reconocimiento

CAMBIAR FRECUENCIA DEL ACELERÓMETRO

Diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso en el que el usuario quiere cambiar la frecuencia del acelerómetro:

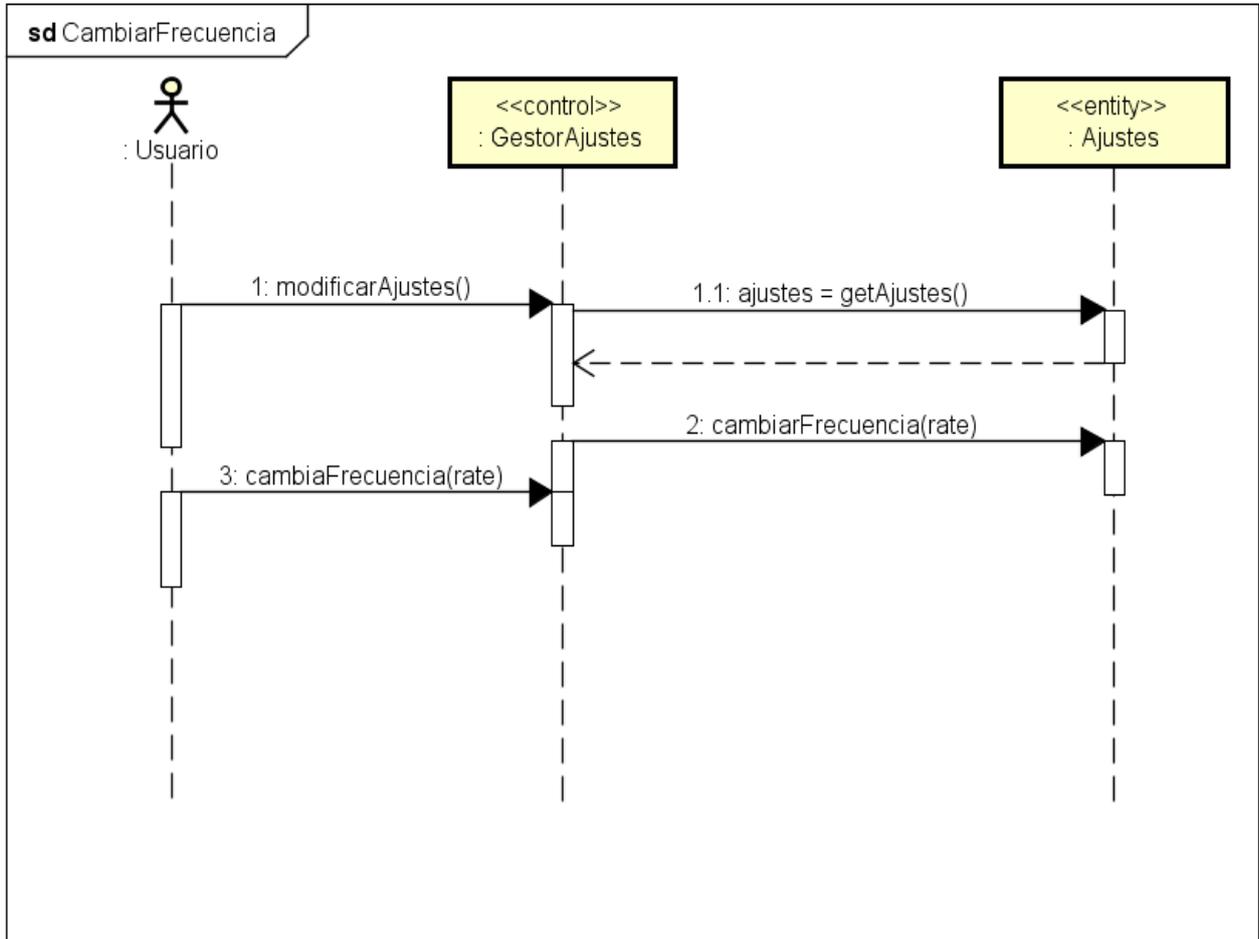


Figura 4.11: Diagrama de secuencia: Cambiar frecuencia acelerómetro

Capítulo 5

DOCUMENTO DE DISEÑO

5.1. Diagramas de clase

Una vez terminada la etapa de análisis, procedemos a pasar con el diseño de la aplicación. En los siguientes diagramas veremos las clases que construyen la aplicación, estudiando sus relaciones entre sí en las distintas pantallas que puede acceder el usuario en la aplicación.

De todas las que se van a detallar a continuación, se puede destacar tres pantallas en concreto:

-Grabar Patrón, pantalla donde el usuario puede realizar la grabación de los patrones de una actividad física. *Grabacion* representa a dicha pantalla, relacionada con Chart para representar las mediciones.

-Analizar Patrón, pantalla donde el usuario puede analizar las actividades previamente guardadas. *AnalizarPatron* representa a dicha pantalla y se relaciona con Actividad (clase que representa una actividad física), DatosActividad (clase que recoge la información asociada a una actividad física específica), Grafico (clase que soporta el procesamiento en gráfica de los datos normalizados) y Chart.

-Identificar Actividad, pantalla donde el usuario puede elegir el algoritmo de reconocimiento e iniciar la identificación en tiempo real. *Reconocimiento* representa esta a dicha pantalla, y está relacionada con las clases encargadas de procesar los algoritmos.

Por último se muestra el diagrama de clases final de la aplicación, donde se representan todas las clases que forman la aplicación con sus respectivas relaciones.

MENÚ PRINCIPAL

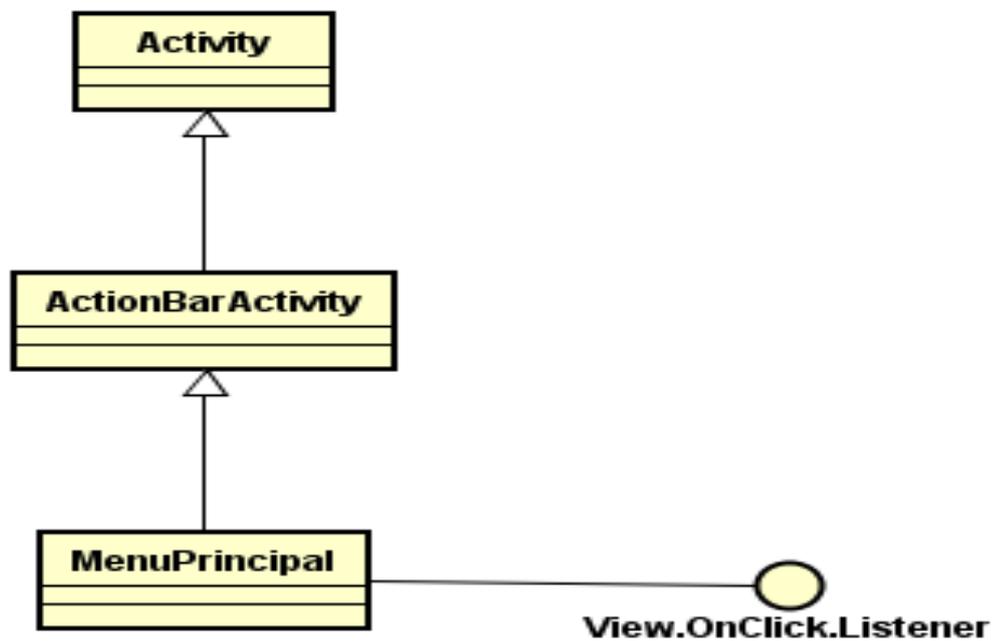


Figura 5.1: Diagrama de clases: Menú principal

GRABACIÓN

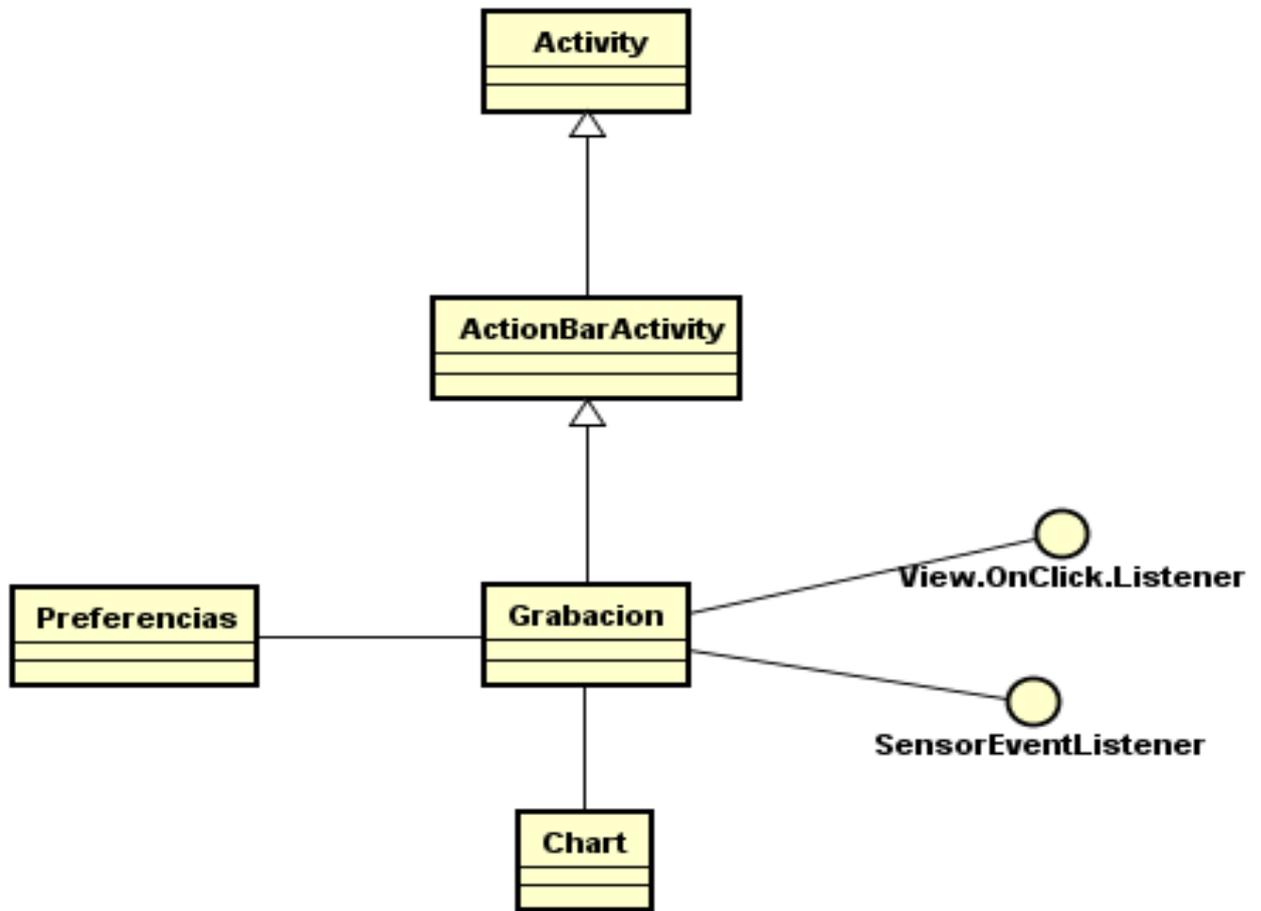


Figura 5.2: Diagrama de clases: Grabación

ANALIZAR PATRÓN

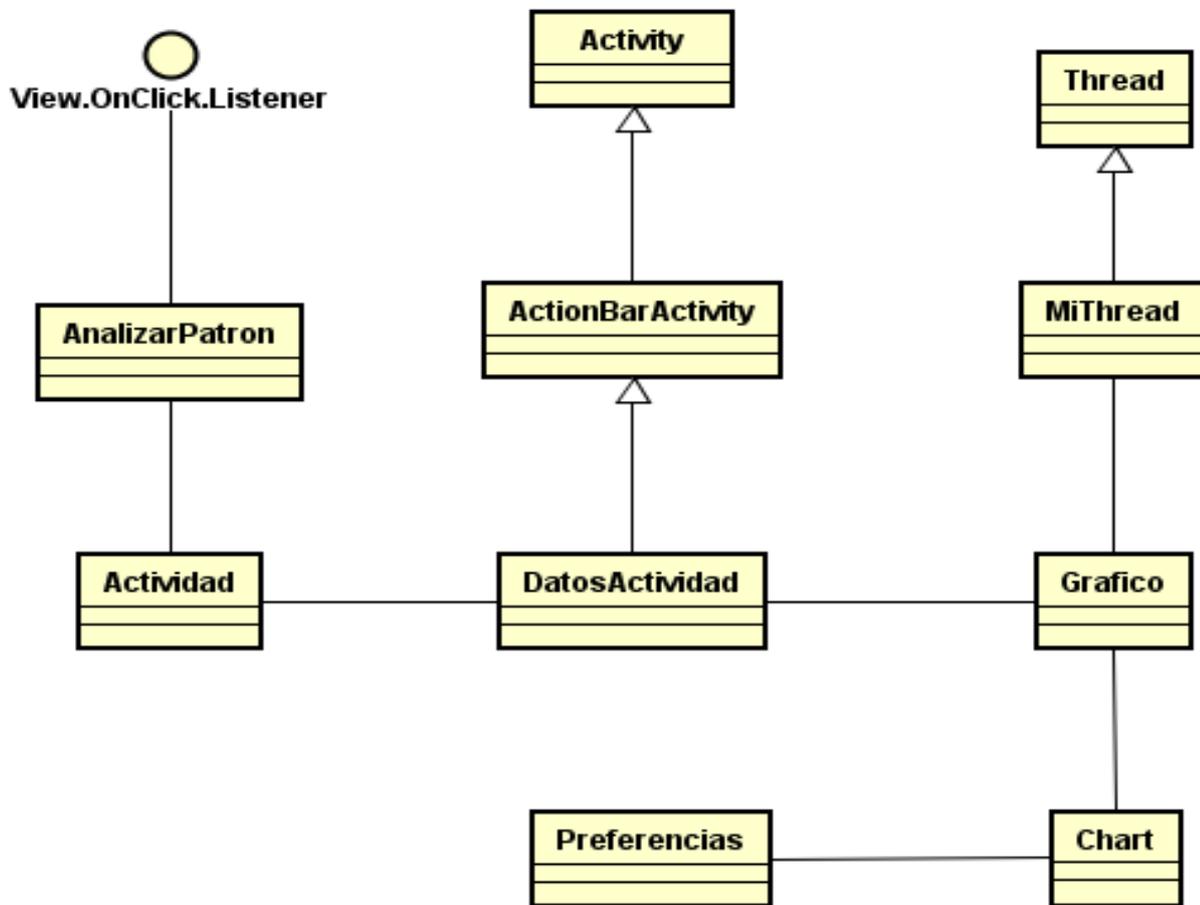


Figura 5.3: Diagrama de clases: Analizar patrón

IDENTIFICAR ACTIVIDADES

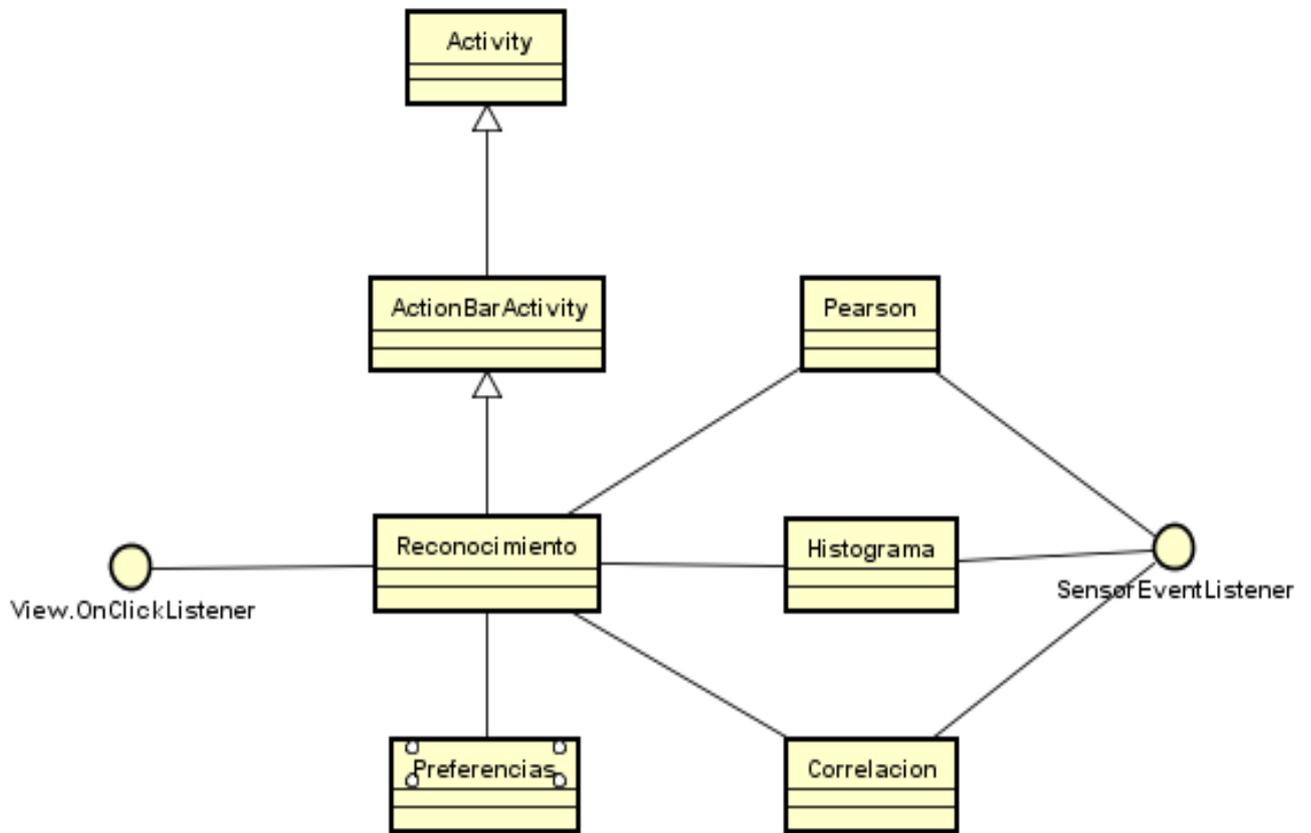


Figura 5.4: Diagrama de clases: Identificar actividades

AJUSTES

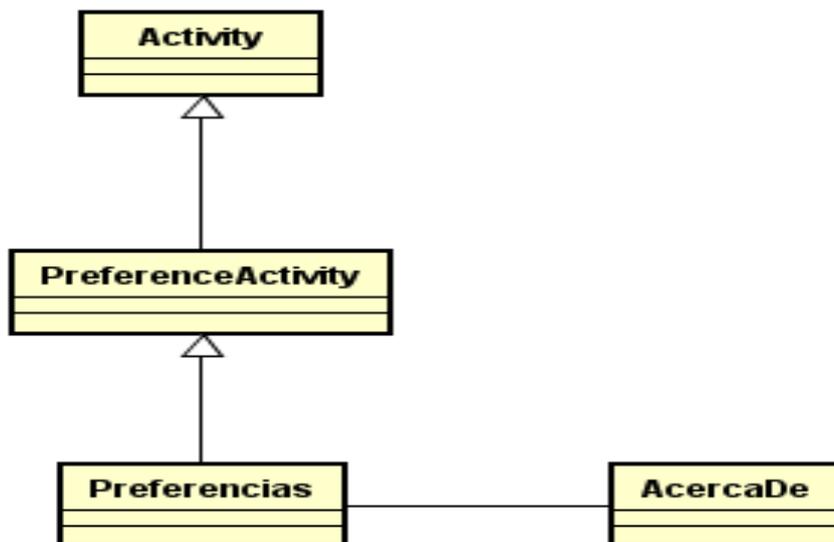


Figura 5.5: Diagrama de clases: Ajustes

DIAGRAMA DE CLASES FINAL

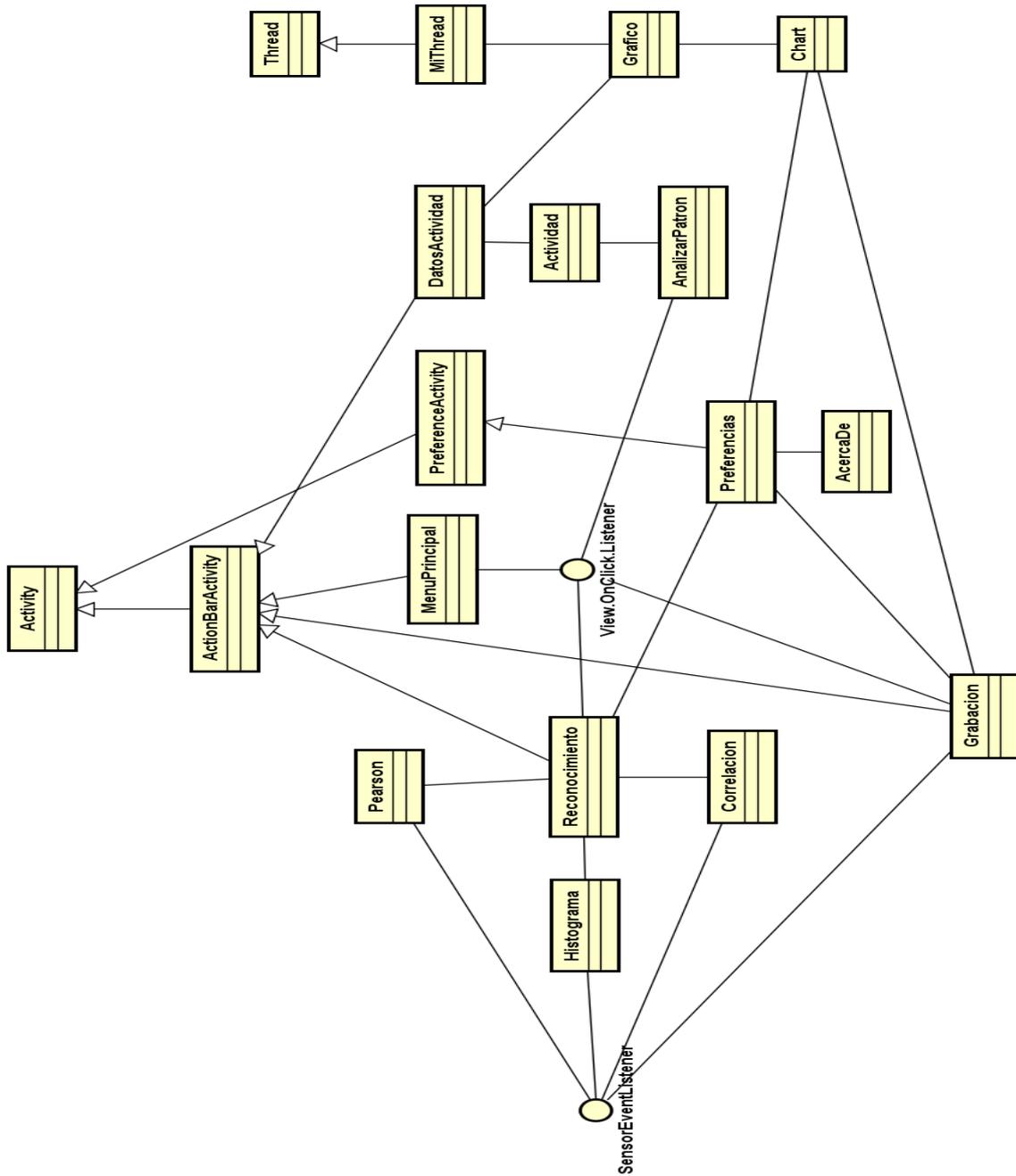


Figura 5.6: Diagrama de clases completo

Las operaciones y atributos de las clases van a ser detalladas a continuación, junto a una explicación de la funcionalidad de cada clase.

MenuPrincipal: clase que representa a la actividad encargada de mostrar al usuario la pantalla principal. Desde aquí, el usuario puede grabar, analizar patrones y reconocer actividades.

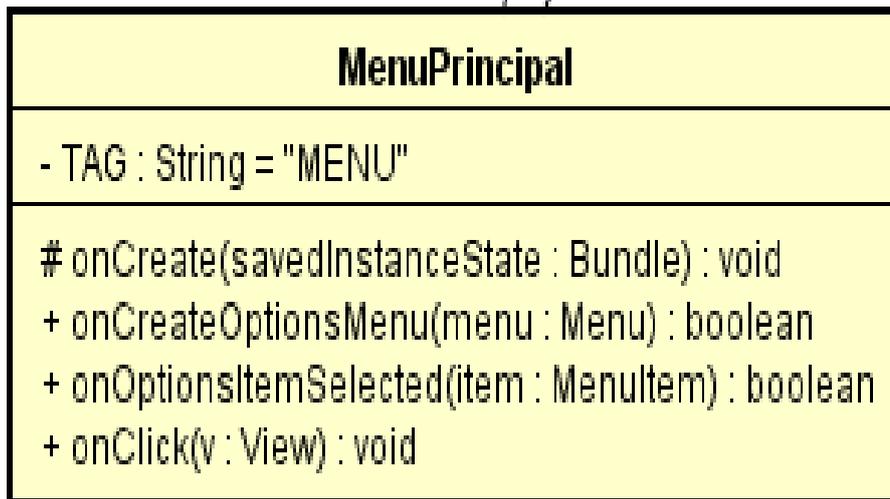


Figura 5.7: MenuPrincipal

Grabacion: clase que representa a la actividad encargada de realizar la grabación de una actividad. Desde aquí el usuario puede almacenar los valores e información de una actividad en el teléfono.

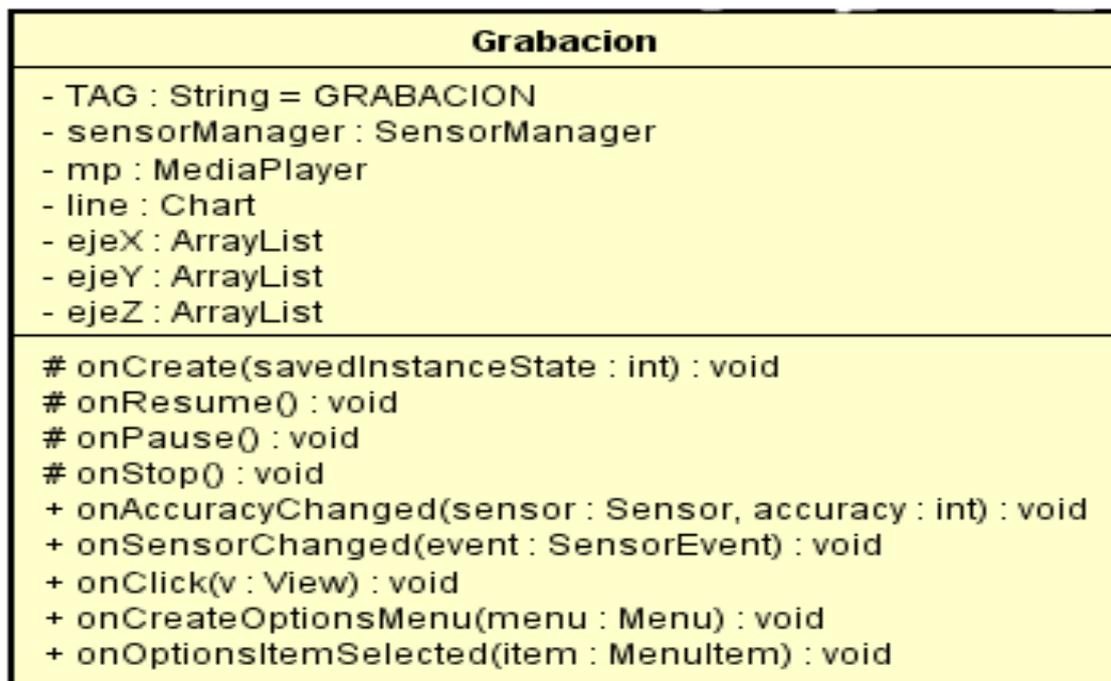


Figura 5.8: Grabacion

Chart: clase que representa a la actividad encargada de crear el gráfico que se muestra al usuario, y con el que puede interactuar (mover mediante la utilización de los dedos, zoom, etc). Aparece el constructor de la clase, además de métodos para recoger la vista y otros métodos con el mismo nombre pero difieren en los argumentos que reciben que serán los datos a pintar.

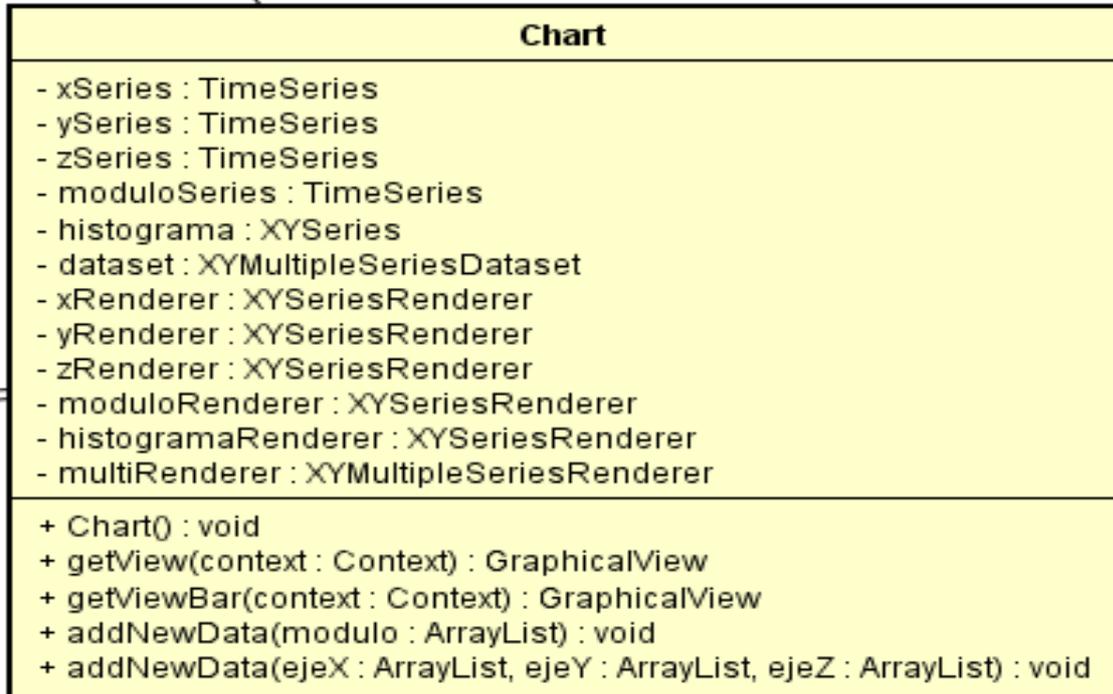


Figura 5.9: Chart

Preferencias: clase que representa a la actividad encargada de mostrar los ajustes de la aplicación al usuario. Permite al usuario cambiar entre los tipos de gráfica a mostrar, la frecuencia del acelerómetro y el tiempo de reconocimiento.

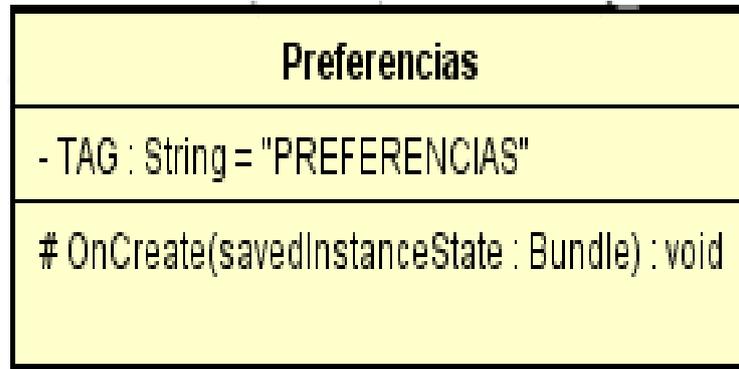


Figura 5.10: Preferencias

AnalizarPatron: clase que representa a la actividad encargada de mostrar las actividades físicas que ha grabado el usuario, gestionar la selección y el borrado de ellas.

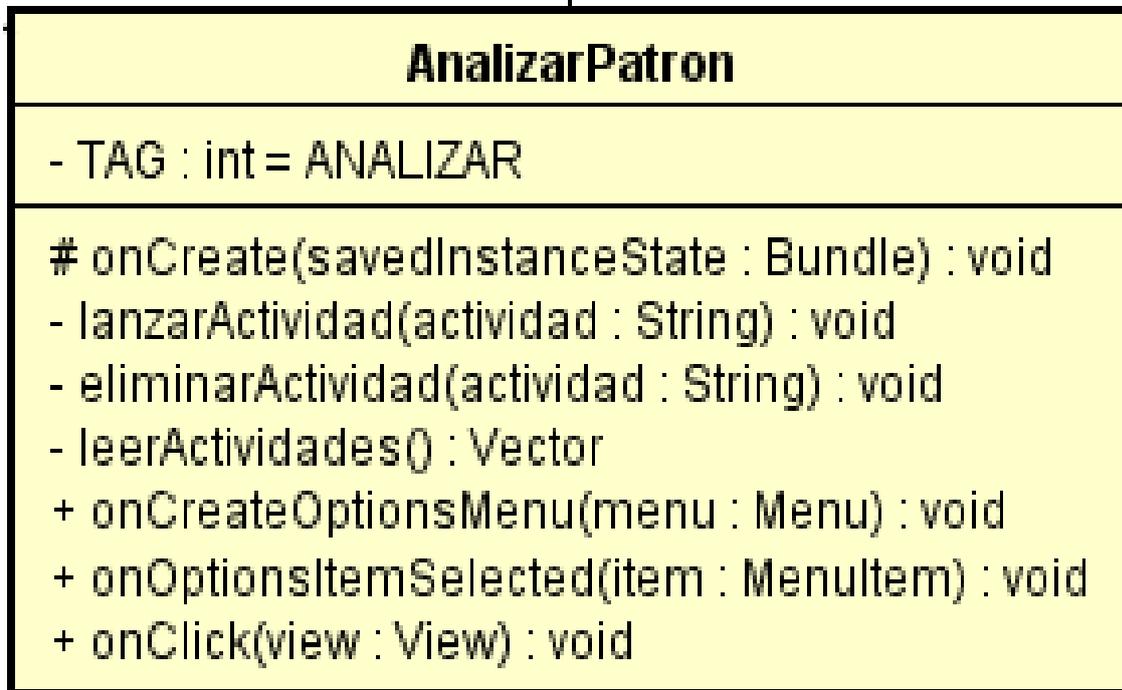


Figura 5.11: AnalizarPatron

Actividad: clase que representa a la actividad física y contiene toda la información y medidas asociadas a ella.

Actividad
<ul style="list-style-type: none"> - nombreActividad : String - sexo : String - edad : int - altura : int - peso : int - tiempo : int - n_valores : int - promedio : float - desviacion : float - maximo : float - minimo : int - pearson : float - referencia : boolean - ejeX : ArrayList - ejeY : ArrayList - ejeZ : ArrayList - modulo : ArrayList
<ul style="list-style-type: none"> + Actividad() : void + getNombre() : String + getSexo() : String + setNombre(nombre : String) : void + setSexo(sexo : String) : void + getPromedio() : String + setPromedio(promedio : String) : void + getDesviacion() : String + setDesviacion(desviacion : String) : void + getValores() : String + setValores(n_valores : String) : void + getMaximo() : String + setMaximo(maximo : String) : void + getMinimo() : String + setMinimo(minimo : String) : void + getEdad() : String + setEdad(edad : String) : void + getAltura() : String + setAltura(altura : String) : void + getPeso() : String + setPeso(peso : String) : void + getTiempo() : String + setTiempo(tiempo : String) : void + getPearson() : String + setPearson() : void + getReferencia() : String + setReferencia(referencia : String) : void + getEjeX() : ArrayList + setEjeX(valor : float) : void + getEjeY() : ArrayList + setEjeY(valor : float) : void + getEjeZ() : ArrayList + setEjeZ(valor : float) : void + getModulo() : ArrayList + setModulo(valor : float) : void

DatosActividad: clase que representa la actividad encargada de mostrar toda la información asociada a una actividad específica de las guardadas por el usuario.

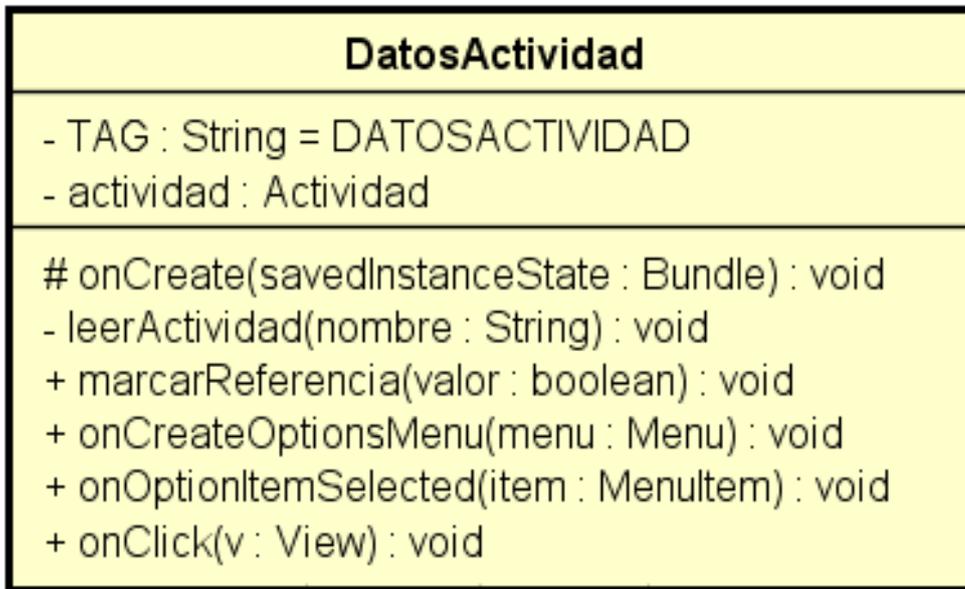


Figura 5.13: DatosActividad

Grafico: clase que representa la actividad encargada de mostrar en un gráfico los valores que han sido medidos por en una actividad física específica.

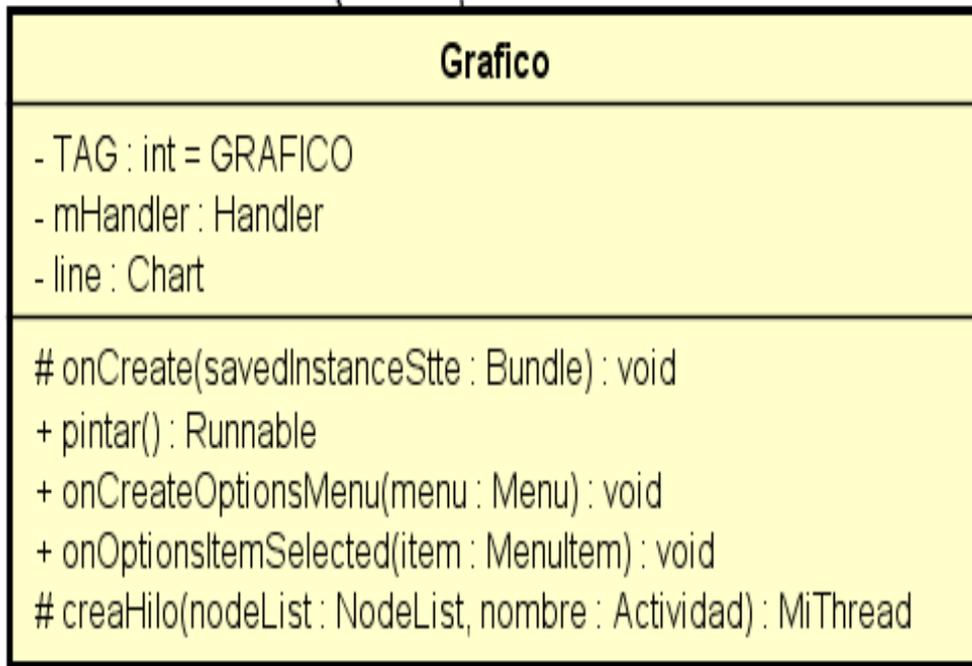


Figura 5.14: Grafico

MiThread: clase encargada de ayudar al procesamiento de datos fuera del hilo principal de la aplicación para devolver los valores finales a representar en gráficos.

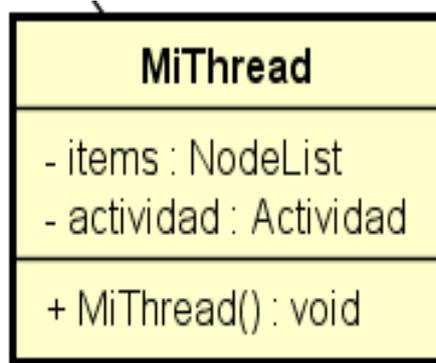


Figura 5.15: MiThread

Reconocimiento: clase que representa la actividad encargada de mostrar los diferentes algoritmos de reconocimientos implementados.

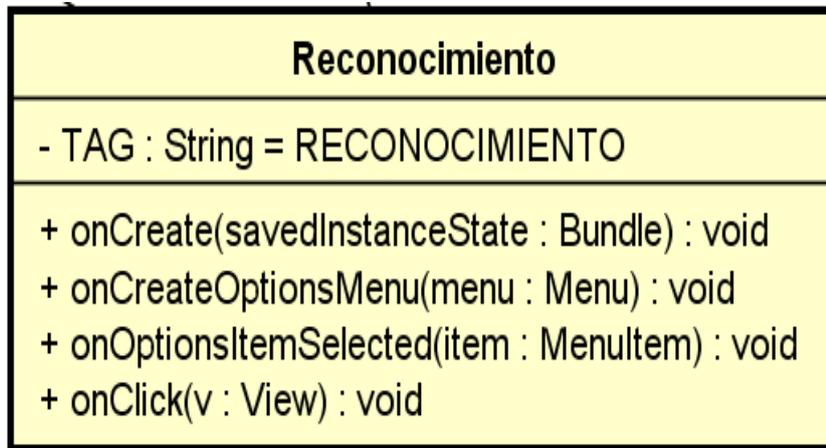


Figura 5.16: Reconocimiento

Pearson: clase que representa la actividad encargada de realizar el reconocimiento mediante el algoritmo de Pearson. La actividad lleva a cabo la grabación de medidas del acelerómetro mientras la persona realiza la actividad y luego las procesa en base a las actividades de referencia previamente guardadas.

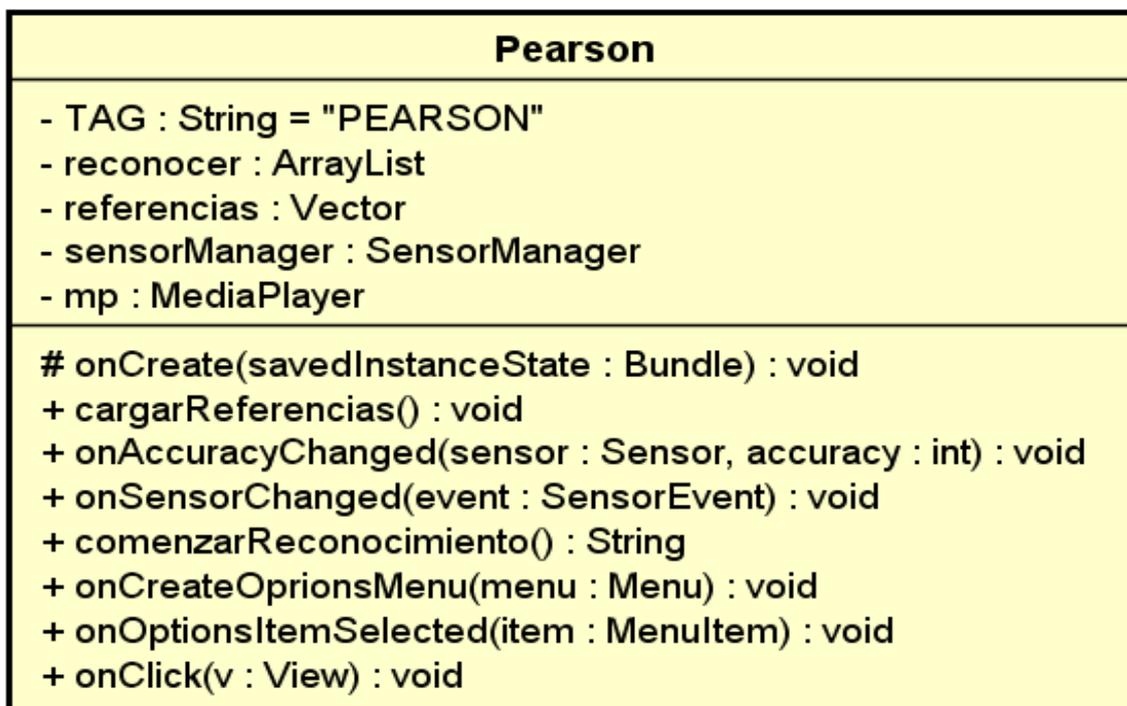


Figura 5.17: Pearson

Histograma: clase que representa la actividad encargada de realizar el reconocimiento mediante el algoritmo de diferencia de histogramas. La actividad hace la grabación de medidas del acelerómetro mientras la persona realiza la actividad, luego las normaliza y las procesa en base a las actividades de referencia previamente guardadas.

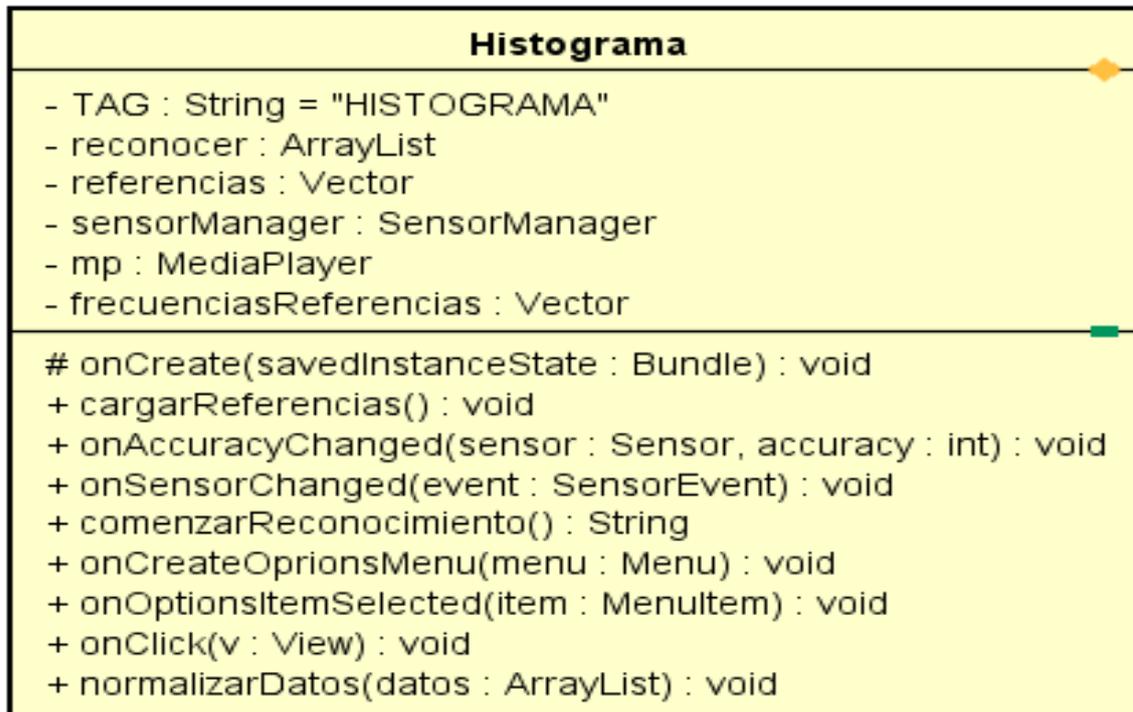


Figura 5.18: Histograma

Correlacion: clase que representa la actividad encargada de realizar el reconocimiento mediante el algoritmo de correlación para hallar la diferencia de paso. La actividad lleva a cabo la grabación de medidas del acelerómetro mientras la persona realiza la actividad, normaliza los datos, calcula la diferencia de paso y luego la procesa en base a las actividades de referencia previamente guardadas.

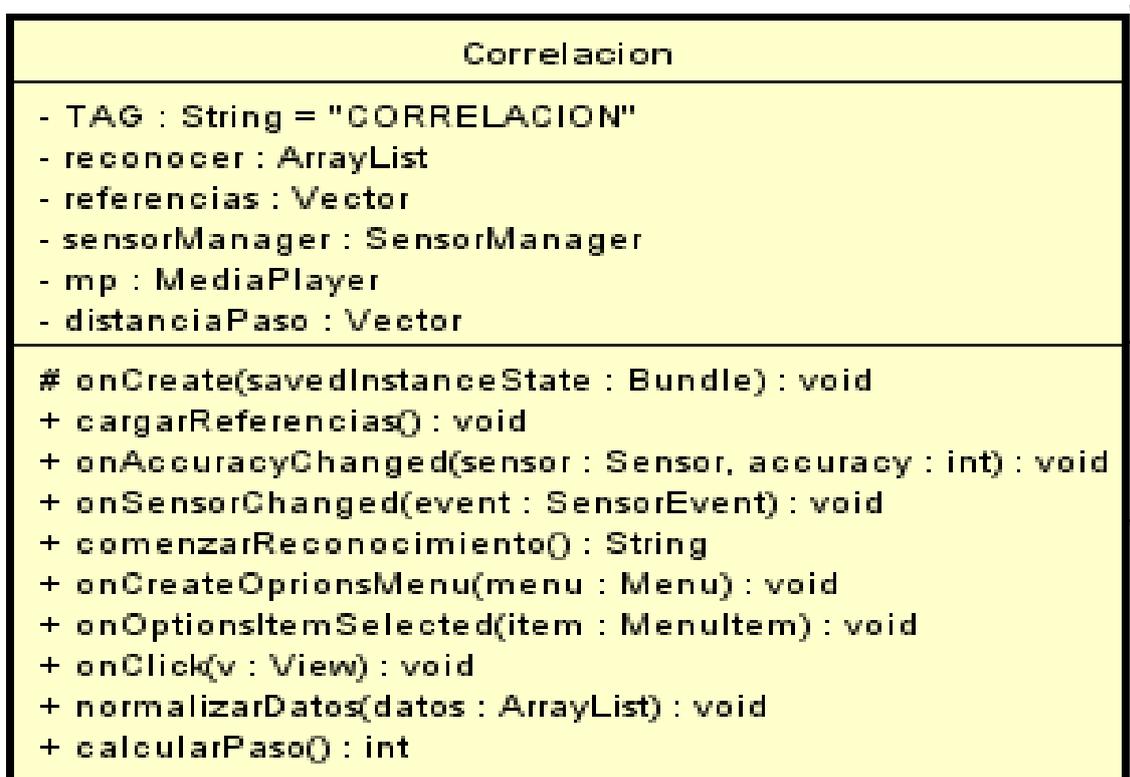


Figura 5.19: Correlacion

5.2. Diagramas de secuencia

A continuación se muestran los diagramas de secuencia de cada pantalla de la aplicación. Nótese que han sido sintetizados y resumidos para su mejor comprensión; si se desea conocer el comportamiento en profundidad de la aplicación se puede recurrir al código fuente proporcionado en el CD junto a la memoria, donde también se encuentran los diagramas por si hay problemas de visión debido al tamaño.

PANTALLA PRINCIPAL

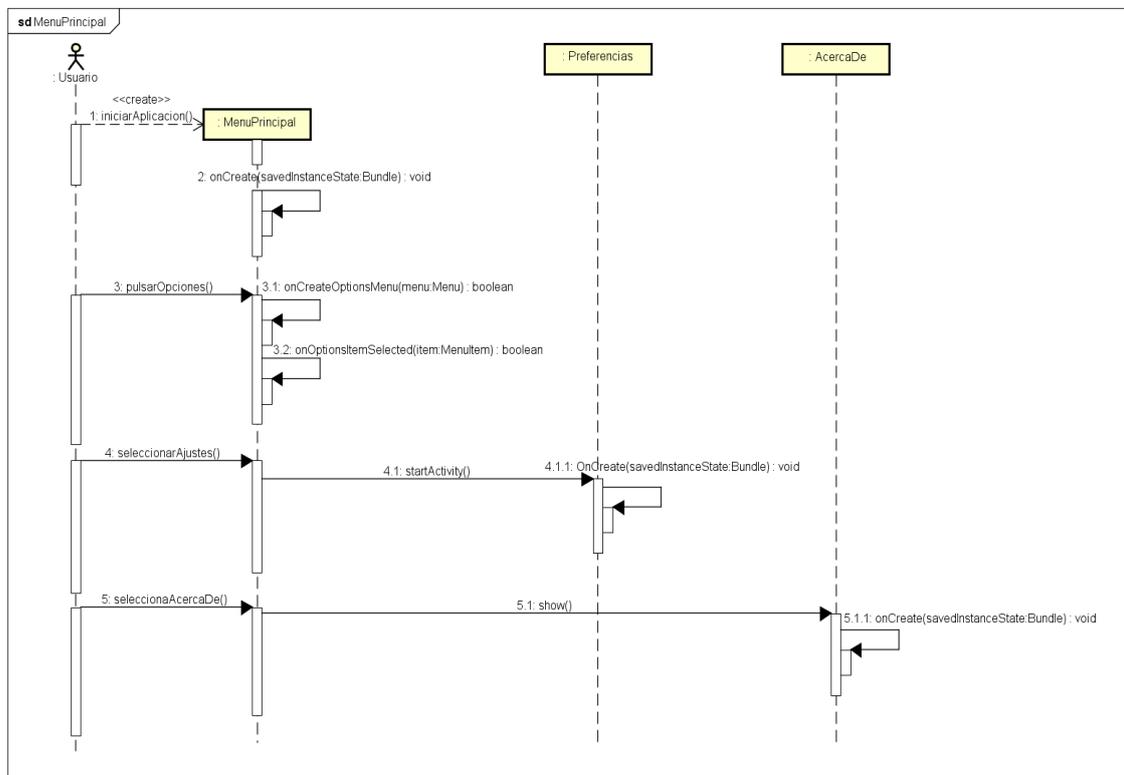


Figura 5.20: Diagrama de secuencia: Pantalla principal

PANTALLA GRABACIÓN

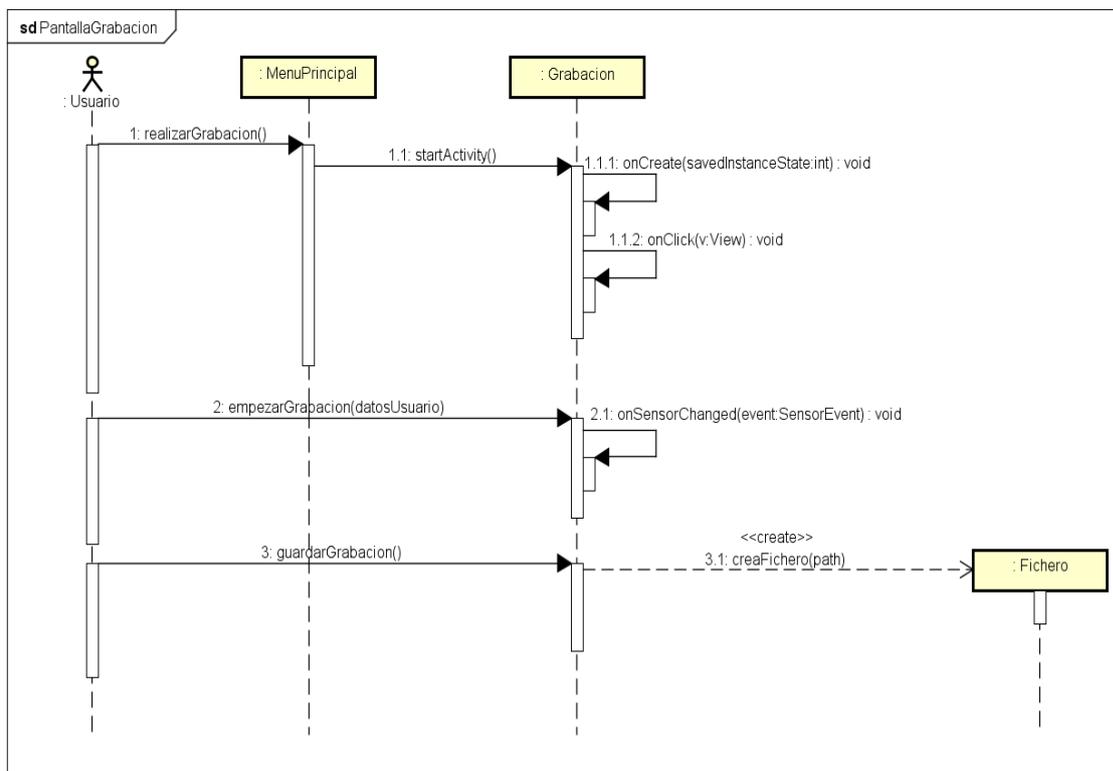


Figura 5.21: Diagrama de secuencia: Pantalla grabación

PANTALLA ANALIZAR PATRÓN

PANTALLA RECONOCIMIENTO

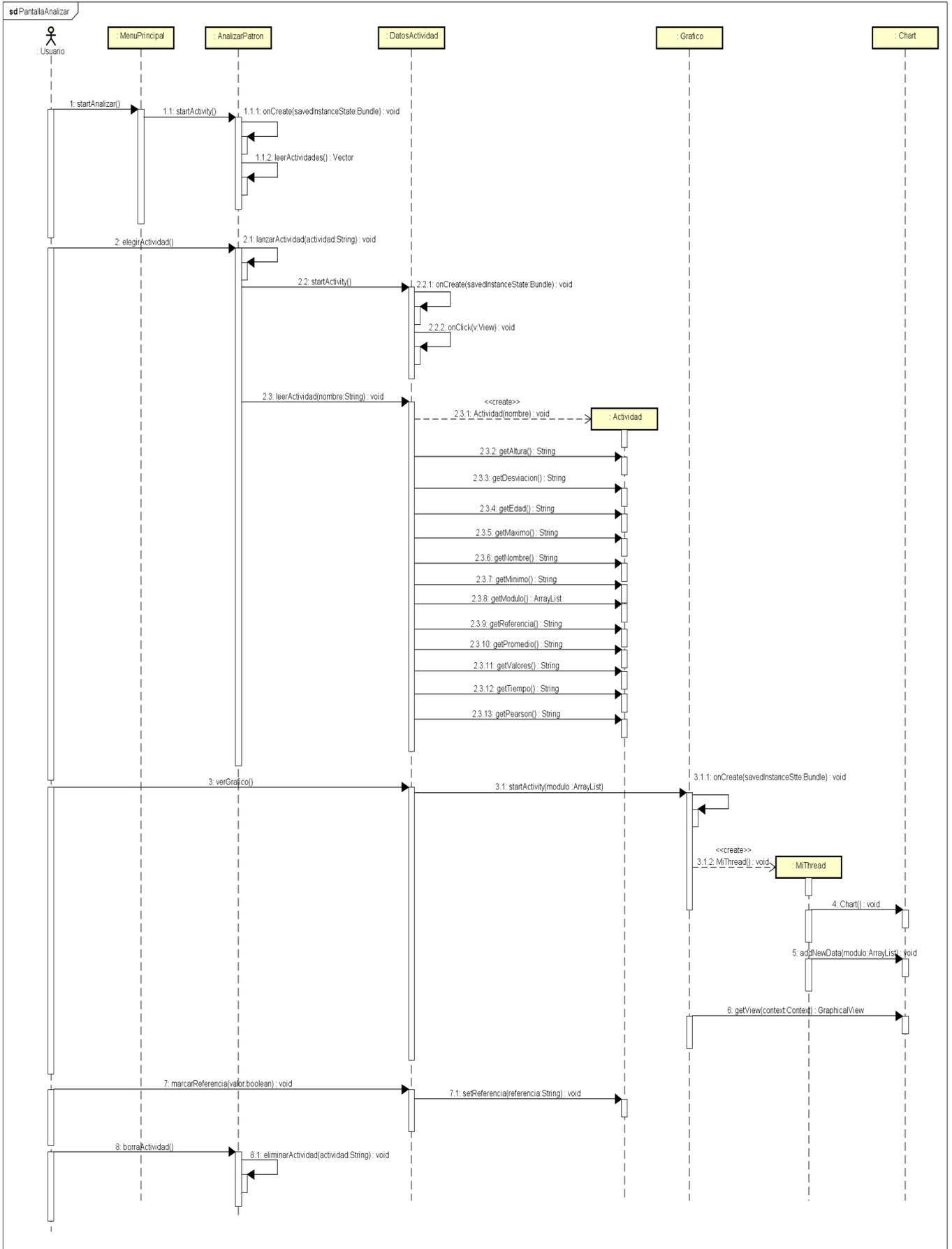


Figura 5.22: Diagrama de secuencia: Pantalla analizar patrón

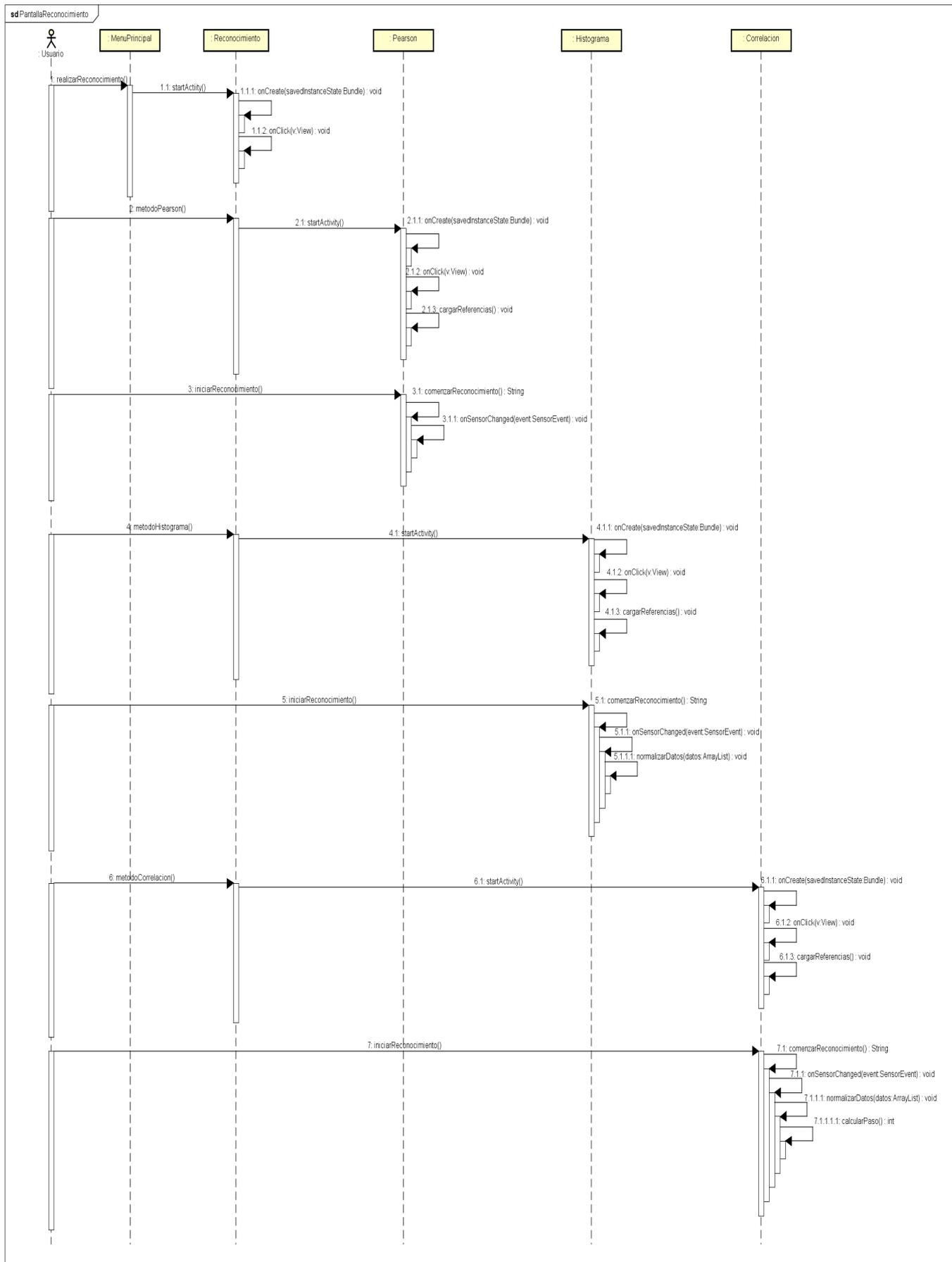


Figura 5.23: Diagrama de secuencia: Pantalla reconocimiento

AJUSTES

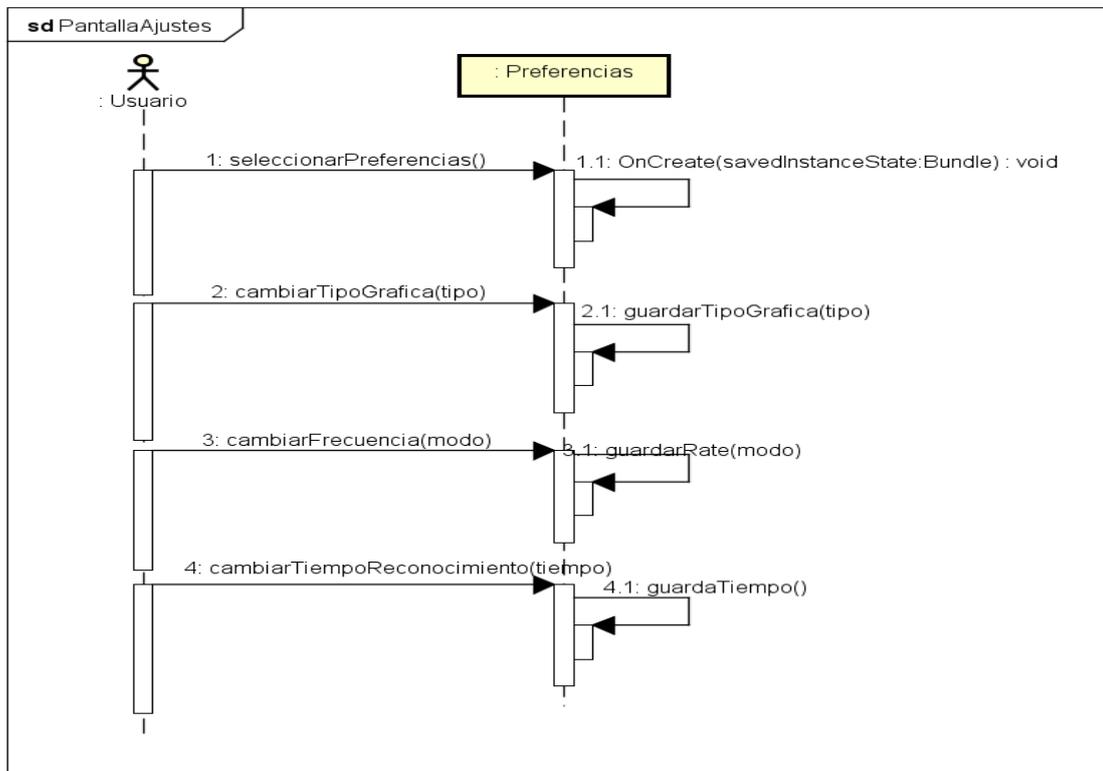


Figura 5.24: Diagrama de secuencia: Pantalla ajustes

Capítulo 6

IMPLEMENTACIÓN

6.1. Decisiones de implementación

6.1.1. Estilo visual

El estilo visual empleado para la aplicación ha sido elegido para adecuarse a las ideas de sencillez y facilidad de uso que guían hoy en día los patrones de diseño de las interfaces de usuario. Parte de los colores, estilos e iconos han sido creados por el propio alumno mediante la herramienta GIMP 2.8, durante las iteraciones en la etapa de construcción.



Figura 6.1: Estilo visual Pantalla Principal y Analizar Patrón

6.1.2. Proceso de grabación

Para la grabación de medidas se decidió crear un pequeño formulario para que el usuario rellenas antes de realizar las mediciones, ya que es necesario tener información de la persona que esté asociada a la actividad y poder comprobar más tarde las diferencias y la fiabilidad que se obtienen en los algoritmos con personas con características físicas diferentes. Por ejemplo, el movimiento al andar de un chico es diferente al de una chica, o entre personas de diferente edad y peso también puede variar.

Una vez recogida la información necesaria, dotamos al usuario de 5 segundos para que guarde su terminal en el bolsillo, implementado mediante un *CountDownTimer*, y con el *MediaPlayer* avisamos con sonidos al usuario que la grabación comienza. En la práctica con usuarios se ha visto que es tiempo suficiente para poder guardar el dispositivo y comenzar la actividad. El tiempo de grabación en un principio no era determinado, pero finalmente decidimos tener tres opciones (20, 30 y 40 segundos) que eran suficientes para tener patrones de movimiento de cada actividad. Además de esta manera resolvemos el problema de datos falsos si el usuario tuviese que parar él la grabación, ya que el movimiento al sacar el móvil del bolsillo provocaría esta situación.

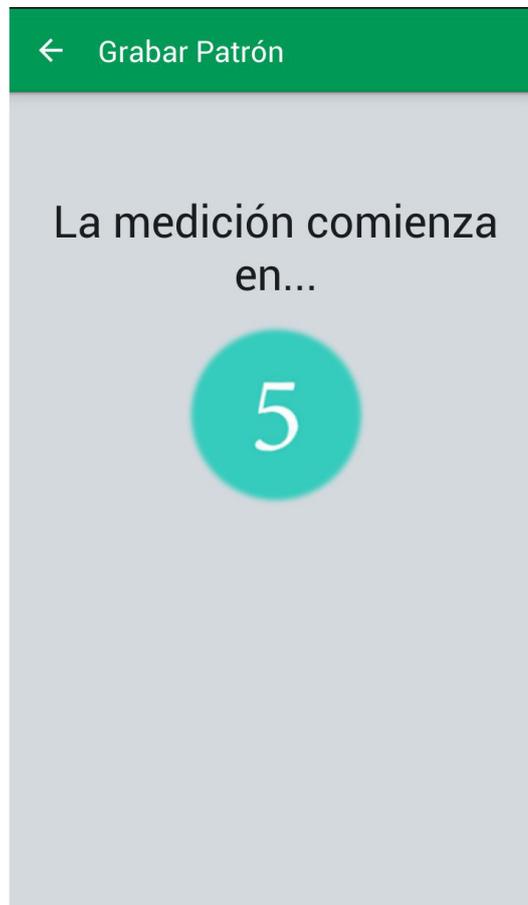


Figura 6.2: Cuenta atrás de la grabación

Cuando la aplicación avisa que la grabación ha concluído (finaliza el tiempo marcado), se propone que el usuario pueda ver las gráficas de los valores almacenados y las opciones de guardar si todo ha ido bien, o descartar la grabación por si ha habido cualquier problema durante la grabación, por ejemplo un tropiezo o caída del usuario, o si le llaman al teléfono.



Figura 6.3: Finalización de grabación

Para el almacenamiento se ha decidido guardar los archivos en la memoria interna del teléfono, ya que muchos de los nuevos terminales que aparecen en el mercado ya no traen la posibilidad de ampliar su capacidad mediante tarjetas de tipo SD. Los ficheros son guardados en formato *XML*, ya que durante la carrera ha sido empleado y se ha estudiado diferentes tipos de tratamiento, por lo que está más familiarizado.

6.1.3. Proceso de análisis

En el proceso de análisis se decide que el usuario pueda ver todas las grabaciones que ha realizado, como se puede ver en la figura 6.1, se listan todas las grabaciones, para ello se infla la vista de la actividad por cada fichero que ha sido almacenado, y al tener las etiquetas de cada fichero podemos mostrar una información mínima de cada una de ellas. El listado se ordena desde la

grabación más reciente a la más antigua y mediante un *listener* manejamos la pulsación de cada elemento.

Para la representación de los datos de una actividad específica, se procede a crear un objeto de la clase *Actividad* y mostrar tanto los datos referidos a la persona que la ha realizado, tanto como los datos estadísticos de las medidas almacenadas. Para la representación del gráfico se ha utilizado un hilo porque el procesamiento tomaba demasiado tiempo y podía bloquear la aplicación. Se creó una clase específica que hereda de la clase *Thread*, que se encarga del procesamiento de las medidas almacenadas y a través de un objeto *Runnable* devolvemos el control al hilo principal para que modifique y muestre la vista.

6.1.4. Algoritmos de reconocimiento

Pearson Este algoritmo fue propuesto por el alumno a lo largo del desarrollo del proyecto al tutor, quien determinó la realización de él para comprobar si es útil y tiene validez para actuar como clasificador de actividades, y si es así que fiabilidad presenta. Una vez implementado, se determina que no es posible garantizar unos intervalos del coeficiente característicos para cada actividad, por lo tanto no tendrá una buena fiabilidad como clasificador. Finalmente hemos decidido dejarlo presente en este trabajo como un estudio y observar sus resultados, ya que ha supuesto también un trabajo dentro del marco del proyecto.

La asimetría es la medida que indica la simetría de la distribución de una variable respecto a la media aritmética, sin necesidad de hacer la representación gráfica. Los coeficientes de asimetría indican si hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media.

Existen tres tipos de curva de distribución según su asimetría:

- *Asimetría negativa*: la cola de la distribución se alarga para valores inferiores a la media.
- *Simétrica*: hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media. En este caso, coinciden la media, la mediana y la moda.
- *Asimetría positiva*: la cola de la distribución se alarga para valores superiores a la media.

El *coeficiente de asimetría de Pearson* CA_P mide la diferencia entre la media y la moda respecto a la dispersión del conjunto $X=(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

$$CA_P = \frac{\bar{x} - Mo(X)}{s}$$

Donde \bar{x} es la media, $Mo(X)$ la moda y s la desviación típica.

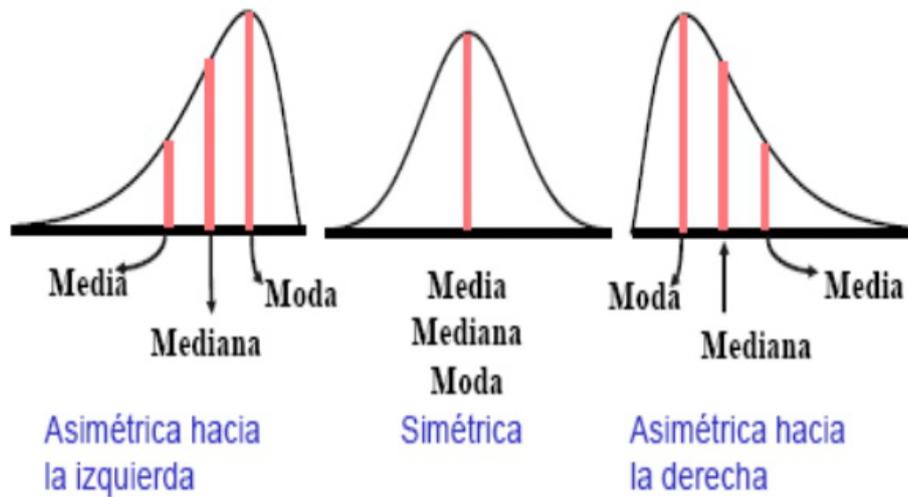


Figura 6.4: Tipos de asimetrías

- Si $CA_P < 0$: la distribución tiene una asimetría negativa, puesto que la media es menor que la moda.
- Si $CA_P = 0$: la distribución es simétrica.
- Si $CA_P > 0$: la distribución tiene una asimetría positiva, ya que la media es mayor que la moda.

En base a esto, nuestra idea era estudiar los valores de los coeficientes de cada actividad, para observar su asimetría y ver si obteníamos diferencias significativas entre ellas y poder utilizarlos como clasificadores. Los resultados obtenidos se muestran en el capítulo de Pruebas [7].

Diferencia de histogramas Para realizar este clasificador, calcularemos en primer lugar las frecuencias relativas en las medidas almacenadas para cada actividad de referencia. Debemos multiplicar por un factor, en nuestro caso 100, para no manejar números muy pequeños.

Una vez que se tienen calculados los valores, se realiza el mismo procedimiento con los valores que se recogen mientras el usuario realiza la actividad a reconocer.

Cuando el tiempo asignado de reconocimiento acaba, se calcula la diferencia que existe entre el histograma de la actividad a reconocer y las actividades de referencia, tal como podemos ver en la figura 6.5.

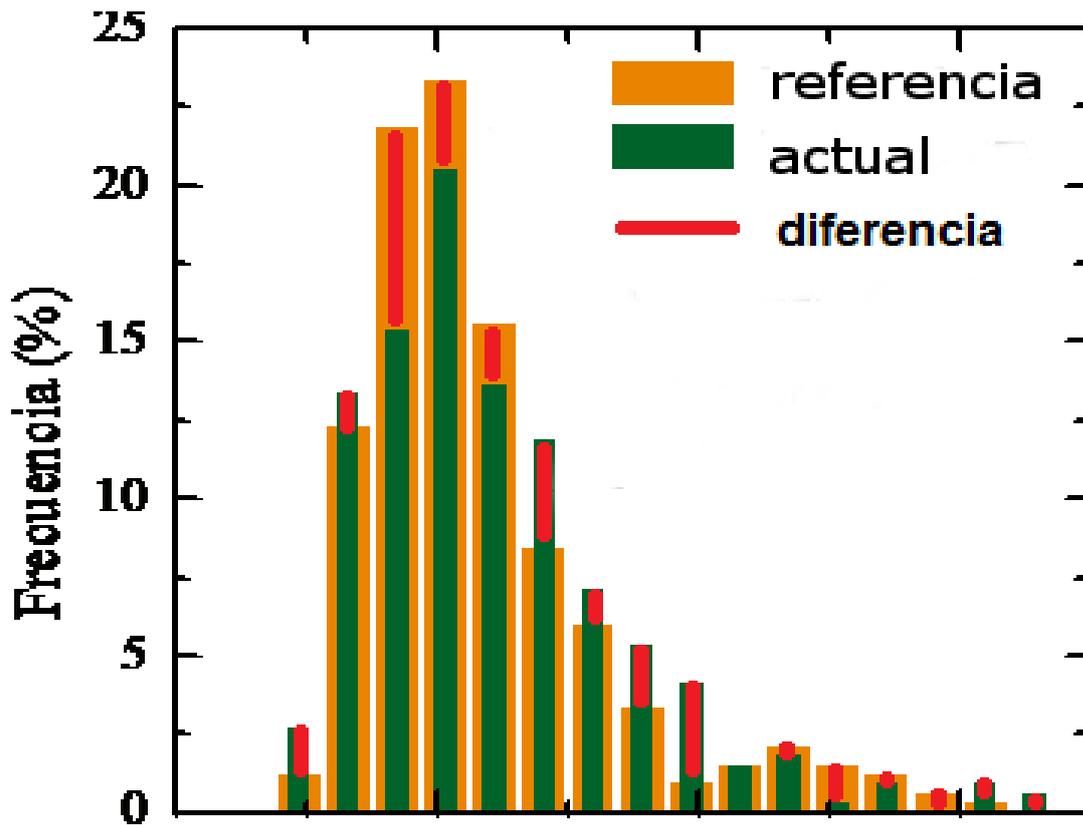


Figura 6.5: Diferencia de histogramas

Una vez calculadas las diferencias, la menor de ellas corresponderá con la actividad de referencia asociada. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente capítulo.

$$\sum_{i=0}^n (reconocer(i) - referencia(i))^2$$

Donde *reconocer* son los valores de la actividad a identificar y *referencia* los valores almacenados de las actividades marcadas como referencia. El valor de *n* se establece en 30, valor extremo superior establecido al estudiar las mediciones durante la fase de construcción.

Correlación En este algoritmo el cálculo realizado se basa en la diferencia de paso de las actividades. Para realizar el clasificador, es necesario normalizar los valores para poder observar visualmente cuando se produce cada paso en las actividades. En la figura 6.6 se puede ver las gráficas obtenidas al normalizar las actividades de referencia de andar y correr.

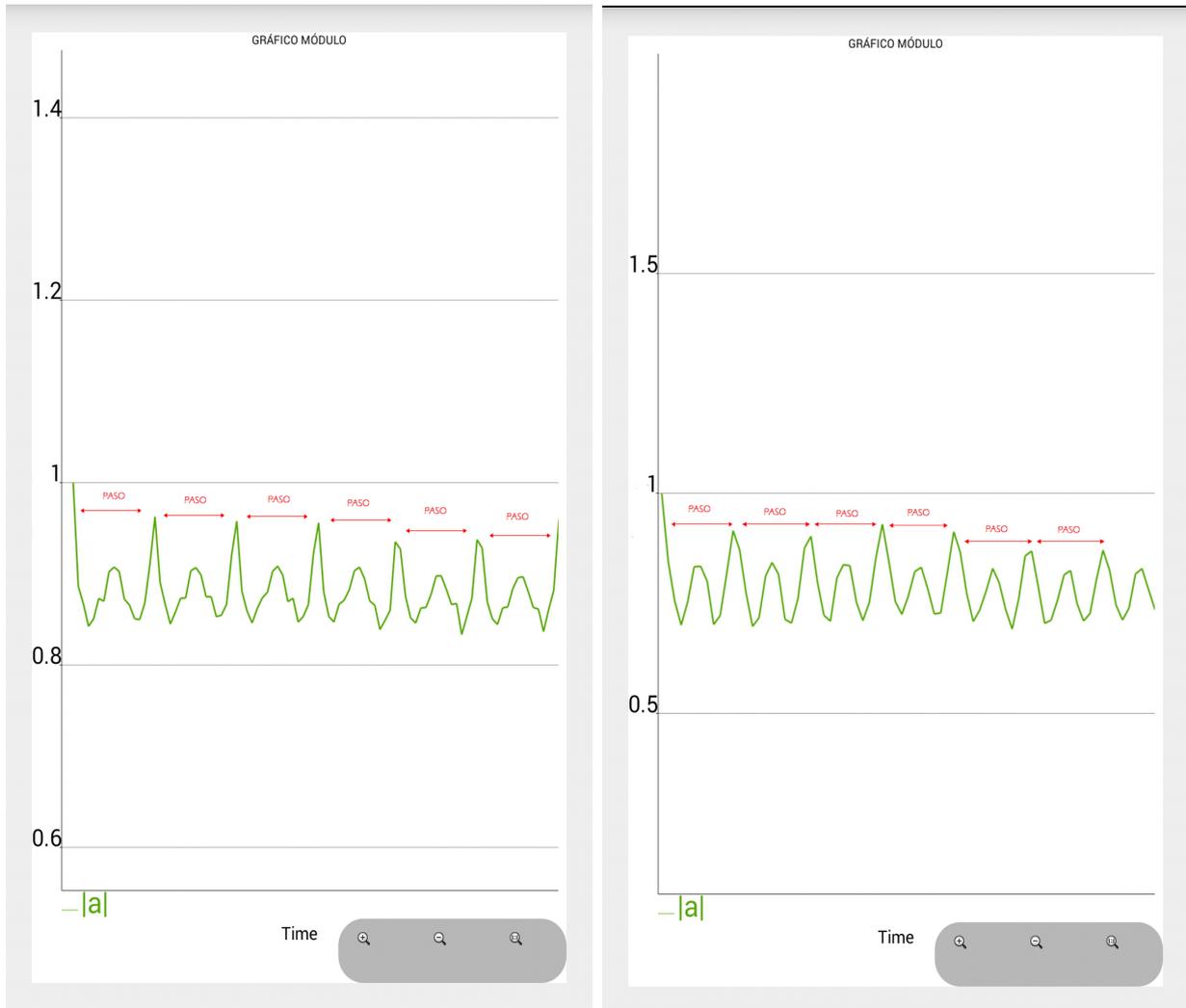


Figura 6.6: Ejemplo diferencia paso en actividades andar y correr

Se realiza el mismo procedimiento con los valores obtenidos de la actividad a identificar, y comparamos con los de las actividades de referencia para poder realizar la clasificación.

$$C(\Delta t) = \frac{\sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n g_i(t) \cdot g_j(t + \Delta t)}{\sum_{i=0}^n g_i(t) \cdot g_i(t)}$$

Figura 6.7: Fórmula de correlación de medidas

6.2. Librerías utilizadas

A parte de las propias librerías de Android (android-support-v7.jar), se ha necesitado utilizar en el desarrollo de la aplicación:

-**aChartEngine 1.1.0** [12] se trata de una librería gratuita de representación de gráficas para aplicaciones Android. Incorpora un framework que se encarga de construir la estructura gráfica según los datos que queramos representar. Se aplica a una vista y se programa dinámicamente desde una actividad Java con funciones propias. Tiene disponible varios tipos de representaciones de las gráficas, como gráficas temporales (TimeChart), lineales (LineChart), cúbicas (CubicLineChart), esféricas (RoundChart), histogramas (BarChart)...

El modelo y el código gráfico está optimizado para soportar y visualizar una gran cantidad de valores. Las gráficas son dinámicas y se puede realizar una programación sencilla que controle el zoom de la vista, además la librería contiene funciones que permiten cambiar multitud de aspectos tales como el color el grosor, la cuadrícula, el tipo de valores de los ejes, etc. Esta gran variedad permite crear y manipular el aspecto de la gráfica tanto como se desee, y es por esto por lo que es una de las librerías más destacadas para realizar gráficas en móviles

Capítulo 7

PRUEBAS

7.1. Pruebas del dominio de la aplicación

Las pruebas de dominio consisten en comprobar las distintas respuestas que puede dar a la aplicación ante información o acciones realizadas por el usuario:

PDOM-0001	
Descripción	En la pantalla grabar, no se introduce el sexo de la persona que graba y se pulsa <i>Play</i> .
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error y se resalta el campo sin rellenar.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.1: Prueba de dominio-0001

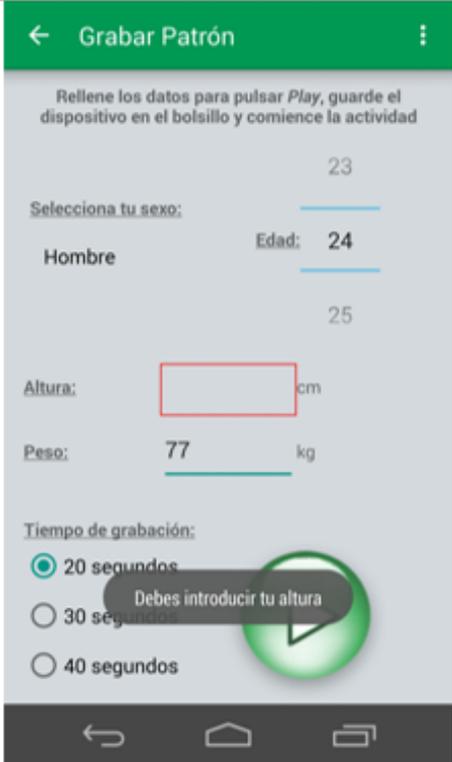
PDOM-0002	
Descripción	En la pantalla grabar, no se introduce la altura de la persona que graba y se pulsa <i>Play</i> .
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error y se resalta el campo sin rellenar.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.2: Prueba de dominio-0002

PDOM-0003	
Descripción	En la pantalla grabar, no se introduce el peso de la persona que graba y se pulsa <i>Play</i> .
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error y se resalta el campo sin rellenar.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.3: Prueba de dominio-0003

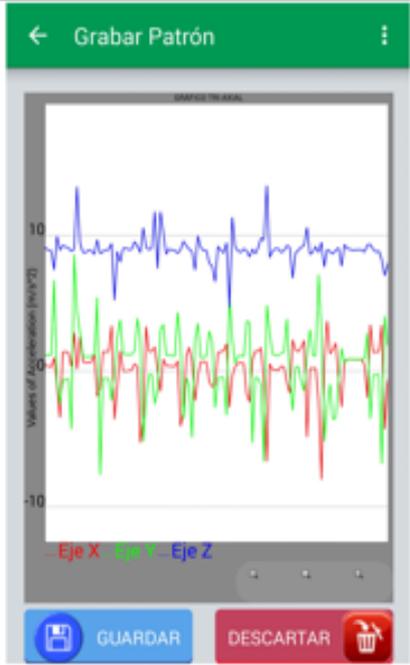
PDOM-004	
Descripción	En la pantalla de ajustes, marcar en <i>datos representados</i> el valor triaxial.
Entrada	
Resultado esperado	Mostrar gráfica con los valores recogidos en los tres ejes.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.4: Prueba de dominio-0004

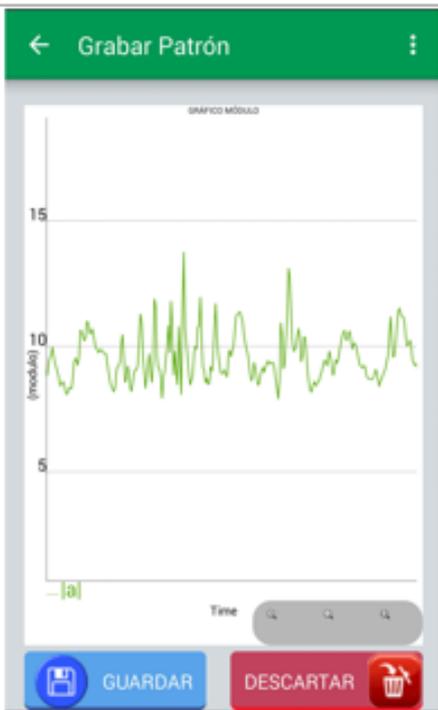
PDOM-005	
Descripción	En la pantalla ajustes, marcar en <i>datos representados</i> el valor módulo.
Entrada	
Resultado esperado	Mostrar gráfica con el módulo de los valores recogidos en los tres ejes.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.5: Prueba de dominio-0005

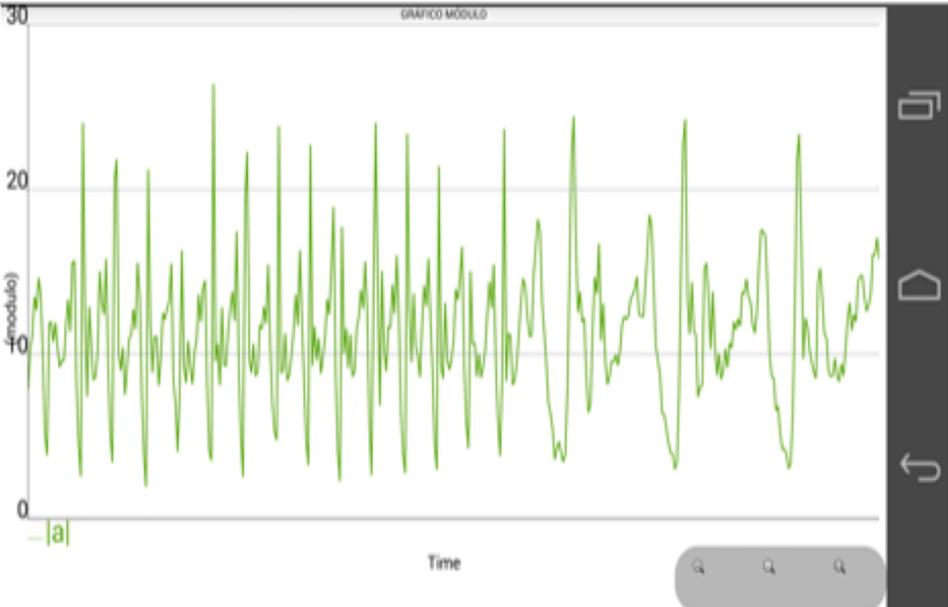
PDOM-0006	
Descripción	En la pantalla ajustes, se marca en <i>Análisis de datos</i> el tipo de gráfico lineal.
Entrada	
Resultado esperado	Mostrar gráfica con el módulo de los valores recogidos en los tres ejes.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.6: Prueba de dominio-0006

PDOM-0007	
Descripción	En la pantalla ajustes, se marca en <i>Análisis de datos</i> el tipo de gráfico histograma.
Entrada	
Resultado esperado	Mostrar gráfica con las frecuencias de los valores del módulo.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.7: Prueba de dominio-0007

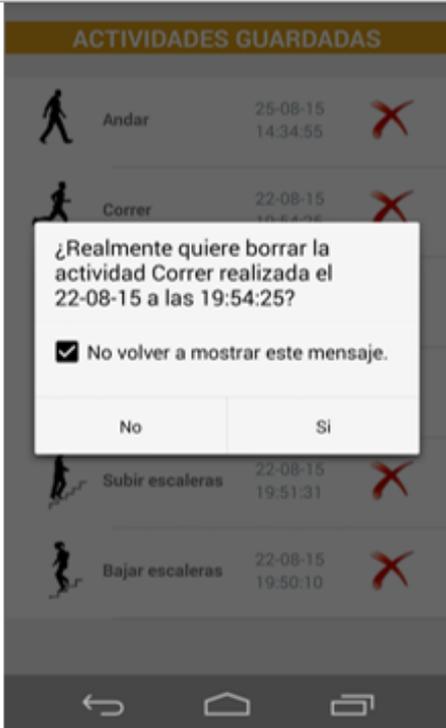
PDOM-0008	
Descripción	En la pantalla de analiza patrón, si se pulsa para borrar una actividad guardada.
Entrada	 <p>The screenshot shows a mobile application interface titled "ACTIVIDADES GUARDADAS". It displays a list of activities with their dates and times, and a confirmation dialog box overlaid on the screen. The dialog box asks: "¿Realmente quiere borrar la actividad Correr realizada el 22-08-15 a las 19:54:25?". Below the question is a checked checkbox labeled "No volver a mostrar este mensaje." and two buttons: "No" and "Si".</p>
Resultado esperado	Mostrar mensaje de confirmación con posibilidad de marcar la opción de que no vuelva a mostrarse.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.8: Prueba de dominio-0008

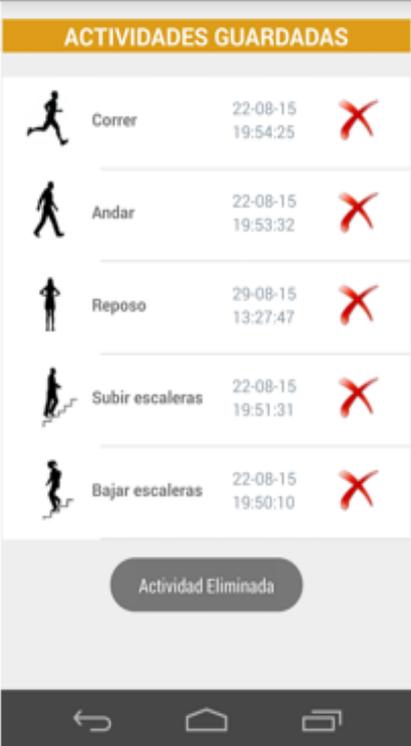
PDOM-0009	
Descripción	En la pantalla analizar patrón, al confirmar la eliminación de una actividad que estaba guardada.
Entrada	 <p>The screenshot shows a mobile application interface with a yellow header 'ACTIVIDADES GUARDADAS'. Below the header is a list of five activities, each with an icon, a name, a date and time, and a red 'X' mark. The activities are: Correr (22-08-15 19:54:25), Andar (22-08-15 19:53:32), Reposo (29-08-15 13:27:47), Subir escaleras (22-08-15 19:51:31), and Bajar escaleras (22-08-15 19:50:10). At the bottom of the list is a grey button with the text 'Actividad Eliminada'. The Android navigation bar is visible at the very bottom.</p>
Resultado esperado	Mensaje de confirmación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.9: Prueba de dominio-0009

PDOM-0010	
Descripción	En la pantalla reconocimiento, falta la actividad de referencia de reposo.
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.10: Prueba de dominio-0010

PDOM-0011	
Descripción	En la pantalla reconocimiento, falta la actividad de referencia de andar.
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.11: Prueba de dominio-0011

PDOM-0012	
Descripción	En la pantalla reconocimiento, falta la actividad de referencia de correr.
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error sobre el patrón que falta.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.12: Prueba de dominio-0012

PDOM-0013	
Descripción	En la pantalla reconocimiento, falta la actividad de referencia de bajar escaleras.
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error sobre el patrón que falta.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.13: Prueba de dominio-0013

PDOM-0014	
Descripción	En la pantalla reconocimiento, falta la actividad de referencia de subir escaleras.
Entrada	
Resultado esperado	Mensaje de error sobre el patrón que falta.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.14: Prueba de dominio-0014

PDOM-0015	
Descripción	En la pantalla datos de actividad, al marcar la actividad como referencia.
Entrada	 <p>The screenshot shows a mobile application screen titled 'Datos Actividad'. At the top, it says 'ACTIVIDAD REALIZADA: Correr' with a blue star icon. Below this, there are fields for 'Día' (22-08-15) and 'Hora' (19:54:25). Further down, personal data is listed: 'Sexo: Hombre', 'Edad: 14 años', 'Altura: 25 cm', 'Peso: 14 kg', and 'Tiempo medido: 20 segundos'. A section titled 'DATOS ESTADÍSTICOS' follows, with values for 'Valores registrados: 305', 'Promedio: 14.791841', 'Desviación típica: 7.521079', 'Máximo: 32.487003', and 'Mínimo: 0.8602617'. At the bottom of this section, a button labeled 'Marcada como referencia' is highlighted with a grey circle. Below the statistics is a green button with a bar chart icon and the text 'VER GRÁFICO'. The bottom of the screen shows standard Android navigation icons.</p>
Resultado esperado	Mensaje de confirmación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.15: Prueba de dominio-0015

7.2. Pruebas de la interfaz gráfica

En este apartado se presentan las pruebas relacionadas con la interfaz gráfica de la aplicación, como es el caso de los comportamientos de los botones o la navegación entre pantallas.

PGUI-0001	
Descripción	Se pulsa el botón Grabar Patrón en la pantalla principal.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra el formulario a rellenar por el usuario que estará asociado a la grabación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.16: Prueba de la interfaz gráfica-0001

PGUI-0002	
Descripción	Se pulsa el botón Play en la pantalla Grabación.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Si el formulario ha sido rellenado, se inicia la cuenta atrás para que el usuario guarde el dispositivo en el bolsillo.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.17: Prueba de la interfaz gráfica-0002

PGUI-0003	
Descripción	Se pulsa el botón Guardar en la pantalla Grabación al finalizar las mediciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se avisa al usuario del almacenamiento y se muestra la pantalla principal.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.18: Prueba de la interfaz gráfica-0003

PGUI-0004	
Descripción	Se pulsa el botón Descartar en la pantalla Grabación al finalizar las mediciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra un nuevo formulario a rellenar por el usuario que estará asociado a la nueva grabación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.19: Prueba de la interfaz gráfica-0004

PGUI-0005	
Descripción	Se pulsa el botón Descartar en la pantalla Grabación al finalizar las mediciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra un nuevo formulario a rellenar por el usuario que estará asociado a la nueva grabación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.20: Prueba de la interfaz gráfica-0005

PGUI-0006	
Descripción	Se pulsa el botón Analizar Patrón en la pantalla principal.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la lista de actividades físicas que han sido almacenadas.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.21: Prueba de la interfaz gráfica-0006

PGUI-0007	
Descripción	Se pulsa sobre una actividad guardada que aparece en la lista en la pantalla de analizar patrón.
Entrada	Pulsación de imagen.
Resultado esperado	Se carga una pantalla con toda la información recogida sobre la actividad física y los datos de la persona que la realizó.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.22: Prueba de la interfaz gráfica-0007

PGUI-0008	
Descripción	Se pulsa sobre el botón Ver Gráfico en la pantalla de los datos de una actividad.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la gráfica según el tipo marcado en preferencias.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.23: Prueba de la interfaz gráfica-0008

PGUI-0009	
Descripción	Se pulsa sobre el botón Identificar Actividad en la pantalla principal.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la pantalla con los tres algoritmos a elegir para el reconocimiento.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.24: Prueba de la interfaz gráfica-0009

PGUI-0010	
Descripción	Se pulsa sobre la imagen del algoritmo según el coeficiente de Pearson.
Entrada	Pulsación de imagen.
Resultado esperado	Se muestra la pantalla para iniciar el reconocimiento.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.25: Prueba de la interfaz gráfica-0010

PGUI-0011	
Descripción	Se pulsa sobre la imagen del algoritmo según la diferencia de histogramas.
Entrada	Pulsación de imagen.
Resultado esperado	Se muestra la pantalla para iniciar el reconocimiento.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.26: Prueba de la interfaz gráfica-0011

PGUI-0012	
Descripción	Se pulsa sobre la imagen del algoritmo de correlación.
Entrada	Pulsación de imagen.
Resultado esperado	Se muestra la pantalla para iniciar el reconocimiento.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.27: Prueba de la interfaz gráfica-0012

PGUI-0013	
Descripción	Se pulsa el botón Play en las pantallas de Pearson, Histogramas y Correlación.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la cuenta atrás para que el usuario guarde el dispositivo en el bolsillo y comienza la recolección de medidas.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.28: Prueba de la interfaz gráfica-0013

PGUI-0014	
Descripción	Se pulsa el botón Opciones del dispositivo o del ActionBar en las pantalla principal, pantalla grabación, pantalla datos actividad y pantalla reconocimiento.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra un menú con la opción de Configuración, Acerca de y Salir.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.29: Prueba de la interfaz gráfica-0014

PGUI-0015	
Descripción	Se pulsa el botón Configuración en las opciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la pantalla de preferencias de la aplicación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.30: Prueba de la interfaz gráfica-0015

PGUI-0016	
Descripción	Se pulsa el botón <i>Acerca de</i> en las opciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se muestra la información sobre la aplicación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.31: Prueba de la interfaz gráfica-0016

PGUI-0017	
Descripción	Se pulsa el botón salir en las opciones.
Entrada	Pulsación de botón.
Resultado esperado	Se cierra la aplicación.
Resultado prueba	Correcta.

Tabla 7.32: Prueba de la interfaz gráfica-0017

7.3. Pruebas de algoritmos

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos en el reconocimiento de actividades. Las pruebas fueron realizadas a diversas personas con características físicas diferentes y las conclusiones de los resultados se comentan en el siguiente capítulo.

COEFICIENTE DE ASIMETRÍA DE PEARSON A continuación aparecen las pruebas que fueron realizadas con el clasificador propuesto por el alumno. Se presentan las pruebas individuales y en conjunto total.

PRUEBA FINAL 1					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	24				
Peso (kg)	77				
Altura (cm)	188				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	4	-	4	1	-
Andar	3	20	1	9	4
Correr	4	-	7	-	-
Subir escaleras	3	-	-	-	-
Bajar escaleras	2	-	-	-	12
Total	16	20	12	10	16

Tabla 7.33: Matriz de confusión-0001

PRUEBA FINAL 2					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	23				
Peso (kg)	56				
Altura (cm)	158				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	-	4	-	2	-
Andar	-	-	-	3	-
Correr	-	-	7	-	-
Subir escaleras	5	1	-	3	-
Bajar escaleras	-	1	-	-	6
Total	5	6	7	8	6

Tabla 7.34: Matriz de confusión-0002

PRUEBA FINAL 3					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	52				
Peso (kg)	85				
Altura (cm)	172				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	-	2	-	-	-
Andar	-	1	3	-	-
Correr	-	-	-	-	1
Subir escaleras	7	-	-	4	-
Bajar escaleras	-	2	2	-	4
Total	7	5	5	4	5

Tabla 7.35: Matriz de confusión-0003

PRUEBA FINAL 4					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	49				
Peso (kg)	65				
Altura (cm)	156				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	2	3	1	1	-
Andar	5	1	-	-	-
Correr	-	-	-	-	-
Subir escaleras	-	1	1	4	-
Bajar escaleras	1	-	2	-	4
Total	8	5	4	5	4

Tabla 7.36: Matriz de confusión-0004

RESULTADOS TOTALES					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	6	9	5	4	-
Andar	8	22	4	12	4
Correr	4	-	14	-	1
Subir escaleras	15	2	1	11	-
Bajar escaleras	3	3	4	-	26
Total	36	34	28	27	31

Tabla 7.37: Matriz de confusión total

DIFERENCIA ENTRE HISTOGRAMAS A continuación se presentan las pruebas realizadas con el clasificador de la diferencia entre histogramas, tanto las individuales a cada persona como el conjunto en total.

PRUEBA FINAL 1					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	24				
Peso (kg)	77				
Altura (cm)	188				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	20	-	-	-	-
Andar	-	18	-	3	-
Correr	-	-	20	-	-
Subir escaleras	-	2	-	17	-
Bajar escaleras	-	-	-	-	20
Total	20	20	20	20	20

Tabla 7.38: Matriz de confusión-0005

PRUEBA FINAL 2					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	23				
Peso (kg)	56				
Altura (cm)	158				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	7	-	-	-	-
Andar	-	7	-	-	-
Correr	-	-	7	-	-
Subir escaleras	-	-	-	5	1
Bajar escaleras	-	-	-	-	4
Total	7	7	7	5	5

Tabla 7.39: Matriz de confusión-0006

PRUEBA FINAL 3					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	52				
Peso (kg)	85				
Altura (cm)	172				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	5	-	-	-	-
Andar	-	6	-	-	-
Correr	-	-	5	-	-
Subir escaleras	-	3	-	5	1
Bajar escaleras	-	-	-	-	4
Total	5	9	5	5	5

Tabla 7.40: Matriz de confusión-0007

PRUEBA FINAL 4					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	49				
Peso (kg)	65				
Altura (cm)	156				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	7	-	-	-	-
Andar	-	7	-	-	-
Correr	-	-	7	-	-
Subir escaleras	-	-	-	7	3
Bajar escaleras	-	-	-	-	4
Total	7	7	7	7	7

Tabla 7.41: Matriz de confusión-0008

RESULTADOS TOTALES					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	39	-	-	-	-
Andar	-	38	-	3	-
Correr	-	-	39	-	-
Subir escaleras	-	5	-	34	5
Bajar escaleras	-	-	-	-	32
Total	39	43	39	37	37

Tabla 7.42: Matriz de confusión total

CORRELACIÓN DEL PASO A continuación aparecen las pruebas que fueron realizadas con el clasificador de correlación del paso en las actividades físicas. Aparecen las pruebas individuales y el conjunto de todos.

PRUEBA FINAL 1					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	24				
Peso (kg)	77				
Altura (cm)	188				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	20	-	-	-	-
Andar	-	20	-	-	-
Correr	-	-	19	-	-
Subir escaleras	-	-	-	20	-
Bajar escaleras	-	-	1	-	20
Total	20	20	20	20	20

Tabla 7.43: Matriz de confusión-0009

PRUEBA FINAL 2					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	23				
Peso (kg)	56				
Altura (cm)	158				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	7	-	-	-	-
Andar	-	8	1	-	-
Correr	-	-	7	-	-
Subir escaleras	-	-	-	5	1
Bajar escaleras	-	-	-	-	6
Total	7	8	8	5	7

Tabla 7.44: Matriz de confusión-0010

PRUEBA FINAL 3					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Hombre				
Edad (años)	52				
Peso (kg)	85				
Altura (cm)	172				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	7	-	-	-	-
Andar	-	5	-	-	-
Correr	-	-	5	-	-
Subir escaleras	-	-	-	5	-
Bajar escaleras	-	-	-	-	5
Total	7	5	5	5	5

Tabla 7.45: Matriz de confusión-0011

PRUEBA FINAL 4					
INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO					
Sexo	Mujer				
Edad (años)	49				
Peso (kg)	65				
Altura (cm)	156				
RESULTADOS EN EL RECONOCIMIENTO					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	5	-	-	-	-
Andar	-	5	-	-	-
Correr	-	-	5	-	-
Subir escaleras	-	-	-	5	-
Bajar escaleras	-	-	-	-	5
Total	5	5	5	5	5

Tabla 7.46: Matriz de confusión-0012

RESULTADOS TOTALES					
Reconocida\Real	Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras
Reposo	39	-	-	-	-
Andar	-	38	1	-	-
Correr	-	-	36	-	-
Subir escaleras	-	-	-	35	1
Bajar escaleras	-	-	1	-	36
Total	39	38	38	35	37

Tabla 7.47: Matriz de confusión total

Capítulo 8

CONCLUSIONES Y LINEAS DE AMPLIACIÓN

8.1. Conclusiones y resultados

Finalizado el proyecto, se puede afirmar que se han cumplido los principales requisitos de la aplicación, donde el usuario puede realizar grabaciones de las medidas del movimiento cuando realiza una actividad física, después analizarlas más en profundidad y realizar un reconocimiento en tiempo real con diferentes métodos. En cuanto a los resultados obtenidos en el reconocimiento para cada tipo de clasificador como los porcentajes de acierto, diferencias entre personas y causas de mal reconocimiento se presentan a continuación:

- **Coefficiente de Pearson:** a partir de la tabla de pruebas [7.37] obtenemos la tasa de acierto para cada actividad y el total (número de actividades reconocidas bien entre el número de actividades a reconocer):

TASA DE ACIERTO					
Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras	TOTAL
16,66%	64,7%	50%	40,74%	83,87%	50,64%

Tabla 8.1: Porcentaje de aciertos-0001

Vemos que en general no es un buen clasificador, ya que tiene una tasa de acierto baja y una de cada dos actividades reconocería bien, pero individualmente en algunas la tasa es incluso menor. Esto se puede deber a que las dispersiones de medidas no son muy diferentes en general para estas actividades, y sus asimetrías no son suficientemente diferentes para clasificarlas de manera clara. Ya en la parte de pruebas se vió que el coeficiente a veces era común en algunas actividades, lo que nos daba a priori una visión de que podría no tener una fiabilidad buena.

- **Diferencia de histogramas:** a partir de la tabla de pruebas [7.42] obtenemos la tasa de acierto con este método para cada actividad y el total (número de actividades reconocidas bien entre el número de actividades a reconocer):

TASA DE ACIERTO					
Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras	TOTAL
100%	88,37%	100%	91,89%	86,48%	93,33%

Tabla 8.2: Porcentaje de aciertos-0002

Se puede observar que se ha conseguido un buen porcentaje de aciertos en general, incluso en algunas actividades el acierto total. En el análisis de las actividades, al ver el histograma con

el tutor ya se intuía que sería buen clasificador ya que los histogramas eran relativamente diferentes entre cada actividad, y se ha confirmado con los resultados finales.

- **Correlación del paso** A partir de la tabla de resultados [7.47] obtenemos la tasa de acierto con este método para cada actividad y el total (número de actividades reconocidas bien entre el número de actividades a reconocer):

TASA DE ACIERTO					
Reposo	Andar	Correr	Subir escaleras	Bajar escaleras	TOTAL
100%	100%	94,73%	100%	97,29%	98,39%

Tabla 8.3: Porcentaje de aciertos-0003

Como podemos ver, el resultado aún es mejor que en el anterior caso y se obtenemos una fiabilidad muy alta. En tres actividades tenemos un acierto total, y en la única que baja un poco es en la de correr aunque se mantiene en un valor bueno.

Este método cuando fue propuesto por el tutor, en principio era previsible tener un buen grado de fiabilidad porque era un clasificador conocido, y al obtener este resultado se ha confirmado.

Respecto a la parte más complicada del proyecto, esta fue sin duda reducir los tiempos de procesamiento en el reconocimiento, ya que al principio tomaban demasiado tiempo tanto en cargar las actividades de referencia como en calcular el resultado. Finalmente con procesamientos en paralelo y descargando de trabajo al hilo principal, se consiguió unos tiempos adecuados.

En cuanto a la parte en la que el usuario puede elegir la actividad de referencia para cambiarlas, fue clave para el proceso de pruebas que resultó bastante tedioso y también para la parte de implementación. Con esto conseguimos que en el mismo dispositivo se pueda grabar a diferentes personas y tener sus patrones de movimiento, para así tener la posibilidad de cambiarlos según la persona que realiza después la pruebas.

Aparte de este punto, la manipulación de sensores del dispositivo móvil era algo desconocido, pero con la documentación del libro utilizado para la programación [13], fue más llevadero y de gran ayuda para comprender los métodos necesarios para la extracción de datos. La planificación temporal fue realizada considerando posibles imprevistos, tal y como se indica en el análisis de riesgos, por lo que los plazos estimados no se vieron afectados (a costa, eso sí, de incrementar el ritmo y tiempo de trabajo en algún caso).

A nivel personal, el proyecto me ha servido de experiencia en donde poder aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica. He lidiado con procesos propios de la ingeniería del software, como el análisis de requisitos, la identificación de casos de uso o el diseño

de la solución software. Además he hecho frente a tareas relacionadas con la propia gestión de proyectos, como la realización de un plan de proyecto, una planificación temporal o un análisis de riesgos. Aunque ya había cursado una asignatura de Android, he ampliado considerablemente mis conocimientos en esta tecnología.

Sobre todo considero muy importante la experiencia de abordar un proyecto de un tamaño razonable de forma individual, apoyándome en las directrices de mi tutor, que sin duda me permitirá abordar con más seguridad y conocimientos futuros proyectos en el mundo laboral.

8.2. Mejoras futuras

Debido al tiempo reducido de la elaboración del proyecto, se limitaron los objetivos a lograr en su planteamiento, pero las mejoras abarcan un amplio abanico de posibilidades, ya que es un proyecto base desde donde el trabajo realizado también puede servir para conseguir objetivos en nuevos campos:

- Ampliación de patrones de actividades:

El sistema es capaz de captar 5 patrones de actividad diferentes. Sin embargo, una persona puede realizar muchos más patrones, como por ejemplo montar en bicicleta o saltar. Esta ampliación de la aplicación se podría realizar a corto plazo, donde el coste estimado dependería de la actividad ya que habría que probar si los algoritmos utilizados son válidos para ella.

- Implementar nuevos algoritmos de reconocimiento:

En la aplicación presentada se han desarrollado diferentes algoritmos que permiten la clasificación de los datos. Un estudio más exhaustivo de otros modelos podría revelar alguno con mayor precisión o velocidad. Si se encontrara un modelo mejor, simplemente habría que publicar la nueva versión en las tiendas online de cada sistema operativo para que los usuarios actualizaran a la nueva versión. El coste estimado dependería de la complejidad del algoritmo

- Internacionalización de la aplicación:

Android, al igual que el resto de sistemas, es un sistema operativo a nivel mundial y, como tal, debe estar disponible en el idioma de la región. Aunque actualmente está disponible en español y en inglés, la introducción de nuevos idiomas resultaría beneficioso para llegar a otros países y ampliar los usuarios. El coste estimado es de alrededor de 8 horas-hombre por idioma

- Añadir más tipos de gráficas:

A partir de un análisis más profundo de las actividades, se podrían mostrar nuevos tipos de gráfica, cómo podría ser alguna que mostrara la variación lineal de los valores recogidos. Coste estimado: 100 horas-hombre.

- Portar a otras plataformas:

La aplicación ha sido desarrollada para Android por los motivos ya expuestos entre los que se encuentra el hecho de ser la plataforma o sistema operativo móvil más extendido, pudiendo abarcar el mayor número de usuarios. Sin embargo, los usuarios del resto de sistemas, como iOS o Windows Phone, no podrán hacer uso de la aplicación al haber sido desarrollada con el propio SDK de Android. Para que la aplicación funcione, tan solo se requiere que el terminal disponga de un acelerómetro de tres ejes. Coste estimado: de 160 horas-hombre (suponiendo que la persona ya tiene destreza en desarrollo para esa plataforma.

- Monitorización de personas:

Esta sería una mejora a largo plazo, ya que este proyecto se utilizaría como base por ejemplo para detectar el desarrollo de enfermedades físicas que alteren los patrones de movimiento de una persona. Como los algoritmos se basan en los patrones de cada persona, si ésta comienza a hacer una actividad pero se le reconoce otra, podría utilizarse como señal de que sus patrones de movimiento están cambiando y ver por qué se está produciendo este cambio.

- Tele-asistencia de personas con dependencias físicas:

Otra mejora a largo plazo sería la creación de un sistema de control basado en este proyecto que fuese utilizado dentro del ámbito de la tele-asistencia, dando opción a los usuarios que deseen utilizarlo la posibilidad de tener un control sobre ellos sin la necesidad de introducir una cámara en su hogar. La aplicación podría mandar notificaciones con la actividad o postura en la que se encuentra la persona con dependencia, sin invadir su intimidad tal como se haría con cámaras de vigilancia.

Capítulo 9

GLOSARIO

Acelerómetro: Aparato destinado a medir las aceleraciones. Combinado con la gravedad, permite, en los 3 ejes, determinar la posición del acelerómetro y, por ende, la del terminal que lo incluya.

API: interfaz de programación de aplicaciones. Conjunto de funciones y procedimientos que ofrece una determinada biblioteca para ser utilizada por otro software como capa de abstracción.

APK: Application PacKage file. Es la extensión y el formato de los ficheros de Android que contienen aplicaciones para el sistema operativo.

Clasificador: Es una entidad que en función de una entrada no etiquetada es capaz de etiquetar y, por lo tanto, clasificar dicha entrada mediante una serie de reglas de decisión y algoritmos.

Hardware: Partes tangibles de un sistema informático, como el procesador, la pantalla, la memoria, los botones...

Hito: punto de control en el cual los participantes del proyecto revisan el progreso del proyecto y producen una serie de entregables.

Iteración: secuencia planificada de actividades (en cascada) que finaliza en una versión (interna/externa).

Requisito: cualidad, funcionalidad o restricción que poseerá el sistema sobre su operación e implementación.

Requisito de información: recopilan todos los datos e información que debe contener el sistema.

Riesgo: evento o condición inciertos que, si ocurren, tienen un efecto positivo o negativo sobre los objetivos del proyecto.

Rol: papel que desempeña una persona en un determinado momento. Una persona puede desempeñar distintos roles a lo largo del proyecto.

SDK: Kit de Desarrollo de Software (Software Development Kit). Es un conjunto de herramientas de desarrollo de software que permite al programador crear aplicaciones para un sistema concreto de forma más sencilla.

Software: Parte lógica de un sistema informático que comprende el conjunto de componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

Thread: Clase de la API de Java que permite crear un hilo de ejecución en paralelo para ser ejecutado en cualquier momento, sin necesidad de esperar a que finalice una ejecución anterior.

Usuario: Individuo que utiliza el dispositivo y realiza las múltiples operaciones del sistema con distintos propósitos.

Capítulo 10

BIBLIOGRAFÍA

Referencias

- [1] <http://developer.android.com>. (Última consulta: 10/04/2015).
- [2] Nishkam Ravi, Nikhil Dandekar, Preetham Mysore, and Michael L. Littman. Activity recognition from accelerometer data. *Department of Computer Science, Rutgers University*, 2005.
- [3] International Data Corporation. <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. (Última consulta: 10/06/2015).
- [4] Google. <https://play.google.com/store>. (Última consulta: 20/05/2015).
- [5] Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>. (Última consulta: 28/05/2015).
- [6] Agapito Ledezma Espino. Asociación de Comunicación y nuevas tecnologías, title = Reconocimiento de actividades: anticipando las necesidades del usuario, journal = VII simposio las sociedades ante el reto digital, 2014.
- [7] Vankasteren. Activity recognition using semi-markov models on realworld smart home data sets. In *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 2010.
- [8] Gary M. Weiss and Jeffrey W. Lockhart. The impact of personalization on smartphone-based activity recognition. *Department of computer and Information Science, Fordham University*, 2012.
- [9] Emmanuel Munguia Tapia and Stephen S. Intille. Real-Time Recognition of Physical Activities and Their Intensities Using Wireless Accelerometers and a Heart Rate Monitor.
- [10] Alan F. Smeaton, Dermot Diamond, Philip Kelly, Kieran Moran, Deirdre Morris, Niall Moyna, Noel E. O'Connor, and Kirk Zhang. Aggregating Multiple Body Sensors for Analysis in Sports.
- [11] Lawrence Cheng and Stephen Hailes. A Wireless Inertial Sensing System for Coaching Support of Sprinting Exercises.
- [12] <http://www.achartengine.org/>. (Última consulta: 17/07/2015).

- [13] Jesús Tomás Gironés. *El gran libro de Android*. marcombo, 3 edition, 2013. (Última consulta: 18/08/2015).
- [14] Ning Wang, Eliathamby Ambikairajah, Nigel H. Lovell, and Branko G. Celler. Accelerometry based classification of walking patterns using time-frequency analysis. In *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Cité Internationale, Lyon, France, August 23-26 2007.
- [15] Stephen J. Preece¹, John Y. Goulermas, Laurence P. J. Kenney, Dave Howard, Kenneth Meijer, and Robin Crompton. Activity identification using body-mounted sensors: a review of classification techniques. *Institute of Physics and Engineering in Medicine*, 2 April 2009.
- [16] IBM. http://www.ibm.com/developerworks-/rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf. (Última consulta: 26/05/2015).
- [17] Wikipedia. <http://computacionpervasiva.blogspot.com.es/>. (Última consulta: 20/04/2015).
- [18] Leandro Collazos. <http://es.slideshare.net/LeandroCollazos/computacion-pervasiva>. (Última consulta: 18/04/2015).
- [19] Richard E. BOURQUE, Pierre y FAIRLEY. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. IEEE Computer Society, swebok v3.0 edition, 2014.

Capítulo 11

ANEXOS

11.1. Contenido del CD-ROM

El CD contiene los siguientes directorios:

-Código fuente: contiene la carpeta con los ficheros fuente del proyecto, importable desde Eclipse con el SDK Android.

-Instalable: contiene el binario instalable de la aplicación en formato .apk.

-Memoria: contiene una copia en formato digital de esta memoria, además de un directorio con las imágenes y diagramas utilizados en ella por si su visualización en el documento no es correcta.

11.2. Manual de instalación

La aplicación móvil puede instalarse mediante el fichero .apk correspondiente, dentro de la carpeta *Instalable* incluida en el CD proporcionado. Los requisitos mínimos, al igual que los recomendados, para poder utilizar correctamente esta aplicación son los siguientes:

- Smartphone con sistema operativo Android 3.0 o superior.
- Acelerómetro integrado en el terminal.

Para la instalación es necesario activar la opción "Orígenes desconocidos" dentro de ⇒ Seguridad ⇒ Administración del dispositivo:

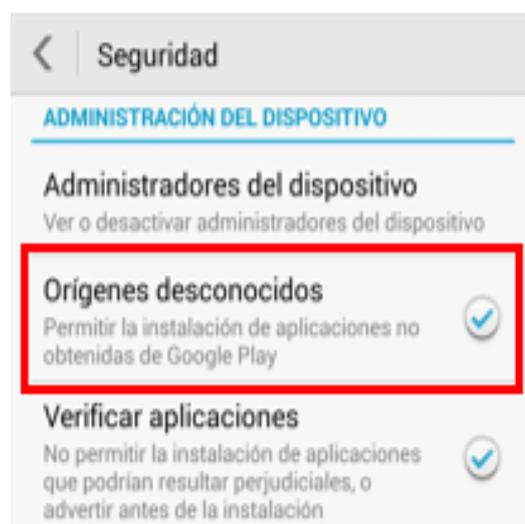


Figura 11.1: Orígenes desconocidos

11.3. Manual de usuario

La aplicación *ActivityRecognition* es el resultado de un Trabajo de Fin de Grado realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad de Valladolid. Tiene como objetivo la grabación de patrones de movimiento, el posterior análisis y estudio de fiabilidad de diferentes algoritmos de reconocimiento en base a los patrones de movimiento de la persona. La aplicación ofrece la posibilidad de grabar actividades físicas cuando el usuario las realiza y tiene el dispositivo en su bolsillo, analizarlas posteriormente y utilizar diferentes algoritmos para el reconocimiento en tiempo real.

PANTALLA PRINCIPAL

Pantalla inicial que aparece al ejecutar la aplicación y desde donde tenemos acceso a las principales funcionalidades de la aplicación.

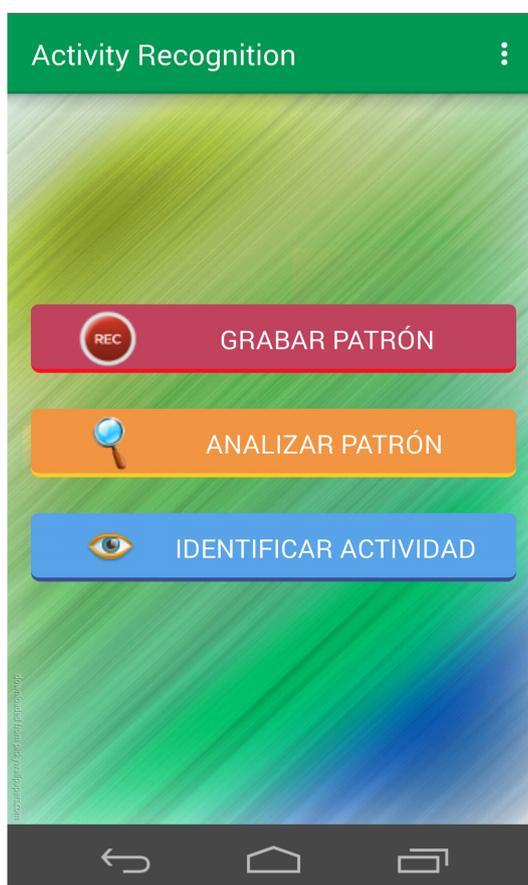


Figura 11.2: Pantalla principal

- GRABAR PATRÓN: abre la pantalla de grabación de una actividad física.
- ANALIZAR PATRÓN: abre la pantalla para ver las grabaciones almacenadas.
- IDENTIFICAR ACTIVIDAD: abre la pantalla para elegir los algoritmos de reconocimiento.

Esta pantalla tiene activado el botón *Opciones* del dispositivo para mostrar el menú, donde se da opción al usuario de entrar en los ajustes de la aplicación. Si el usuario pulsa el botón *Atrás* del dispositivo, se cierra la aplicación.

PANTALLA GRABAR PATRÓN

Pantalla que permite al usuario hacer una grabación de una actividad física. Como podemos ver en la imagen 11.3, primero aparece el formulario para rellenar con los datos sobre la persona que va a realizar la grabación y la duración de la misma. Una vez rellenados y pulsar el botón *Play*, comienza la cuenta atrás para meter el móvil en el bolsillo y comenzar a realizar la actividad física. Se obtendrán los valores proporcionados por el acelerómetro del móvil y finalmente se muestra la gráfica y las opciones de *GUARDAR* si todo ha ido bien y *DESCARTAR* si no es válida.

Hay dos tipos de gráfica disponibles a mostrar, pudiendo elegir cuál mostrar desde los ajustes de la aplicación:

- Valores recogidos en los tres ejes del acelerómetro.
- Valores del módulo de los valores en los tres ejes del acelerómetro.

El botón *Opciones* del dispositivo está activado en esta pantalla, y si se pulsa al botón *Atrás* del dispositivo se vuelve a la pantalla principal.

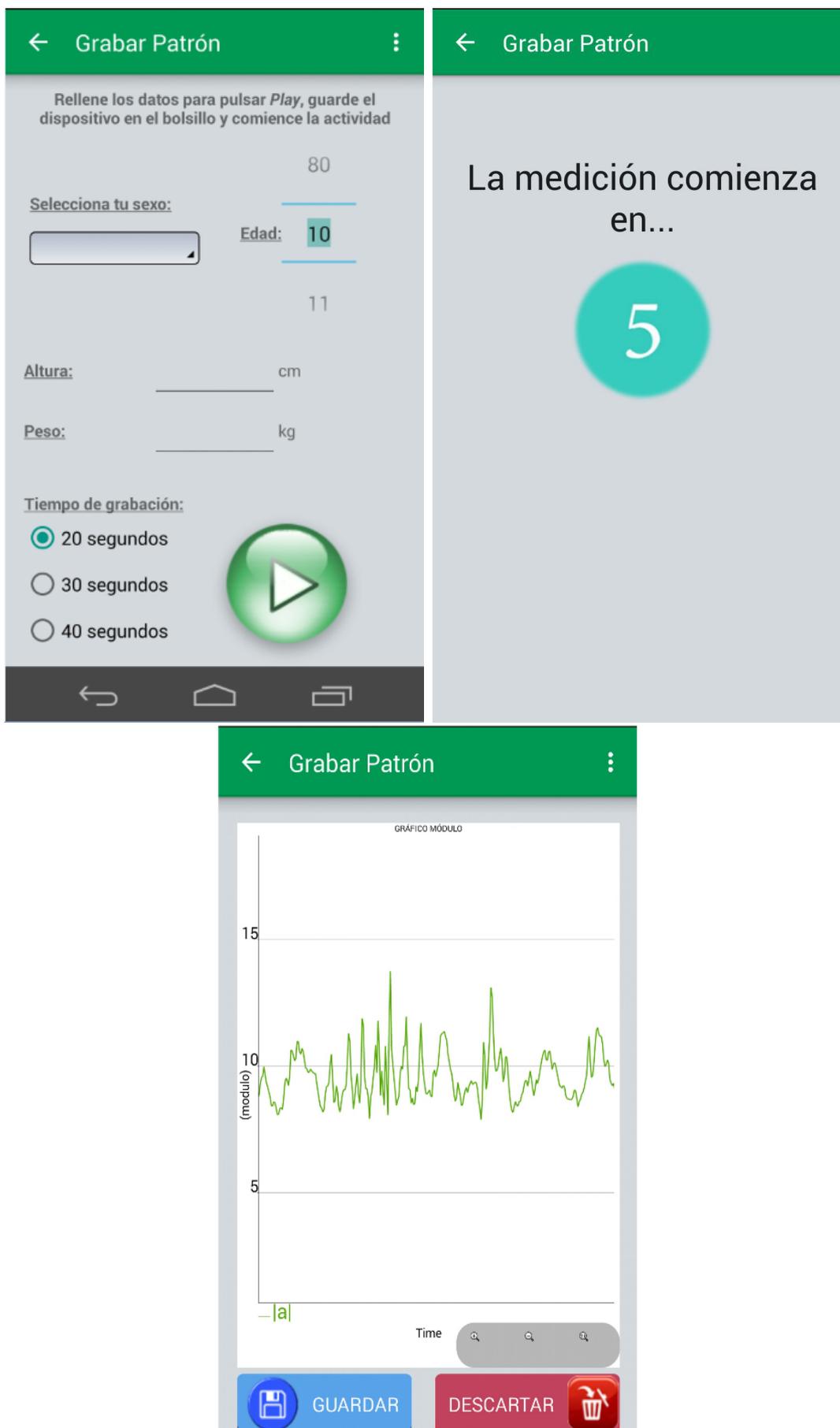


Figura 11.3: Pantalla grabar patrón

PANTALLA ACTIVIDADES GUARDADAS

Pantalla que permite ver al usuario todas las grabaciones que han sido realizadas y almacenadas en el dispositivo. Se listan por orden, desde las últimas realizadas a las más antiguas, y el usuario puede ir deslizándose abajo por la pantalla hasta leer todo el contenido. Desde esta pantalla se pueden eliminar las actividades o seleccionar en alguna de ellas para analizarla más en profundidad [11.5].



Figura 11.4: Pantalla actividades guardadas

El botón *Opciones* del dispositivo no está activado en esta pantalla, y si se pulsa al botón *Atrás* del dispositivo se vuelve a la pantalla principal.

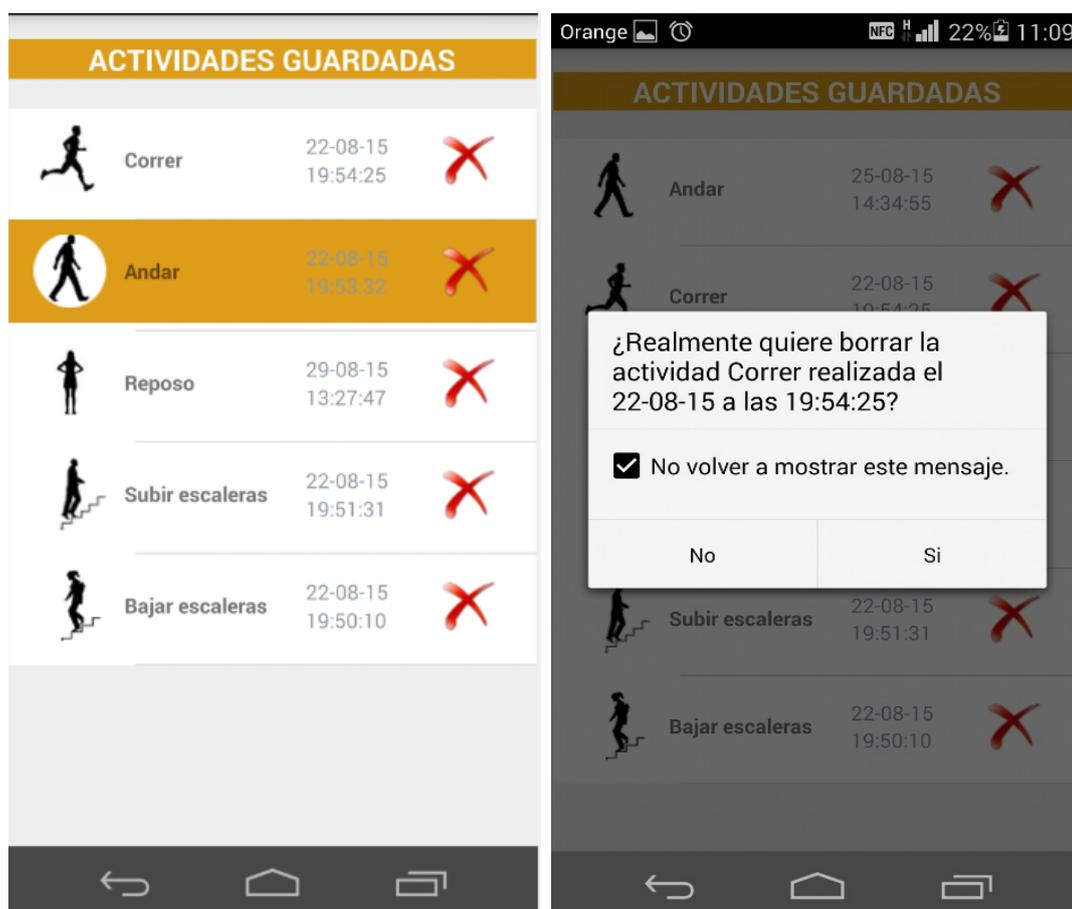


Figura 11.5: Pantalla actividades guardadas

PANTALLA DATOS ACTIVIDAD

Pantalla que permite visualizar más en detalle una grabación que fue almacenada. Podemos observar que hay cuatro apartados diferenciados:

- El tipo de actividad física que se realizó y la marca de referencia (si es una actividad de referencia aparecerá la estrella en azul). Si se desea marcar como una actividad referencia, es decir, que será base para utilizarla en los algoritmos, basta con pulsar sobre la estrella.
- El día y la hora en la que se realizó la grabación.
- Los datos asociados a la persona que realizó la actividad física, como son el sexo, edad, altura, peso y tiempo que marcó de grabación.
- Datos estadísticos recogidos en las medidas, como son el número de valores registrados, su promedio, la desviación típica, el máximo valor registrado, el mínimo valor registrado y el cálculo del coeficiente de asimetría de Pearson. Estos valores serán usados en los algoritmos si la actividad fue marcada como patrón de referencia.

Si se pulsa el botón *VER GRÁFICO* se mostrará la representación de las medidas en un gráfico, el tipo de gráfico dependerá de la opción marcada en las *Preferencias* de la aplicación, o bien el módulo de los valores extraídos de los tres ejes del acelerómetro, o las frecuencias relativas en un histograma.

El botón *Opciones* del dispositivo está activado en esta pantalla, si se pulsa al botón *Atrás* del dispositivo se vuelve a la pantalla de actividades guardadas.

← Datos Actividad

ACTIVIDAD REALIZADA: Reposo

Día: 29-08-15 **Hora:** 13:27:47

Sexo: Hombre

Edad: 24 años

Altura: 185 cm

Peso: 24 kg

Tiempo medido: 20 segundos

DATOS ESTADÍSTICOS

Valores registrados: 283

Promedio: 9.017094

Desviación típica: 0.017596534

Máximo: 9.074918

Mínimo: 8.939768

Coefficiente Pearson: 0.1203709

 VER GRÁFICO

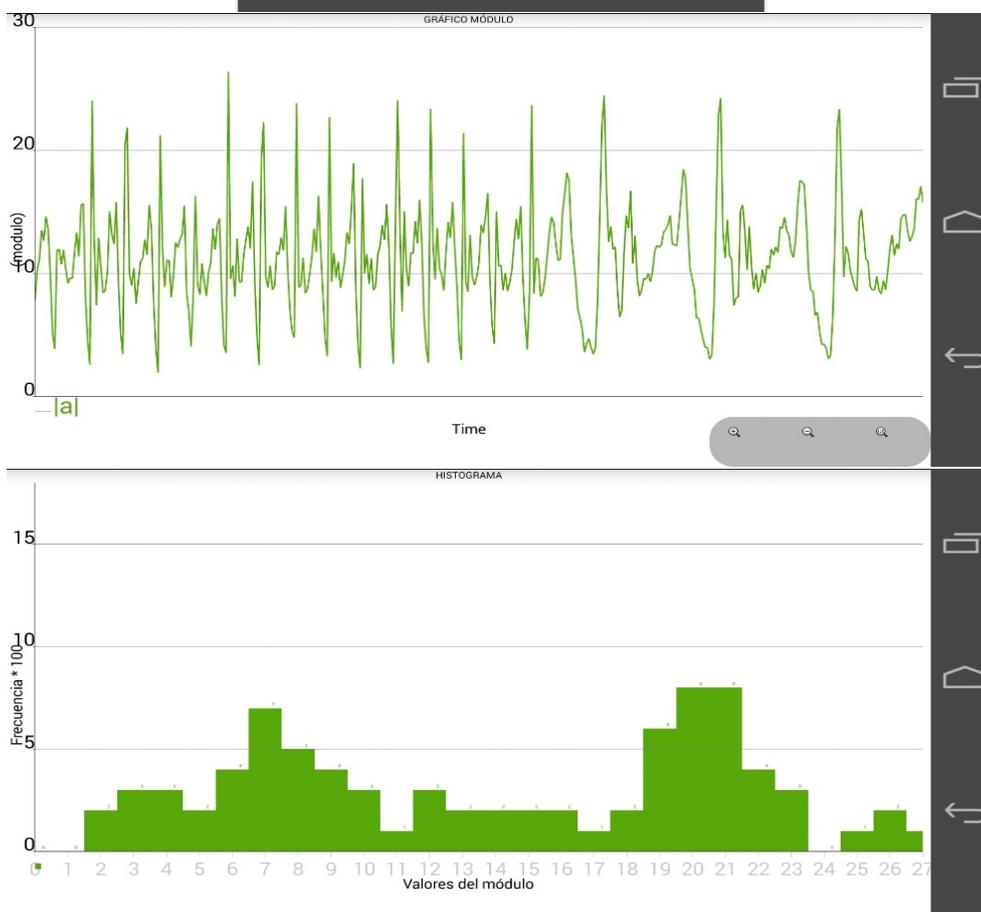


Figura 11.6: Pantalla datos actividad

PANTALLA RECONOCIMIENTO ACTIVIDAD

Pantalla que permite elegir entre los diferentes algoritmos de reconocimiento. Si se tienen grabados los patrones de las cinco actividades que se reconocen, el usuario puede elegir uno de ellos aunque el usuario seguirá el mismo procedimiento: pulsar el botón *Play*, comienza la cuenta atrás para guardar el dispositivo en el bolsillo y comenzar la actividad. Una vez que el tiempo de reconocimiento que es establecido en las *Preferencias* de la aplicación se agota, se muestra la actividad reconocida y además se avisa al usuario mediante el altavoz del dispositivo.

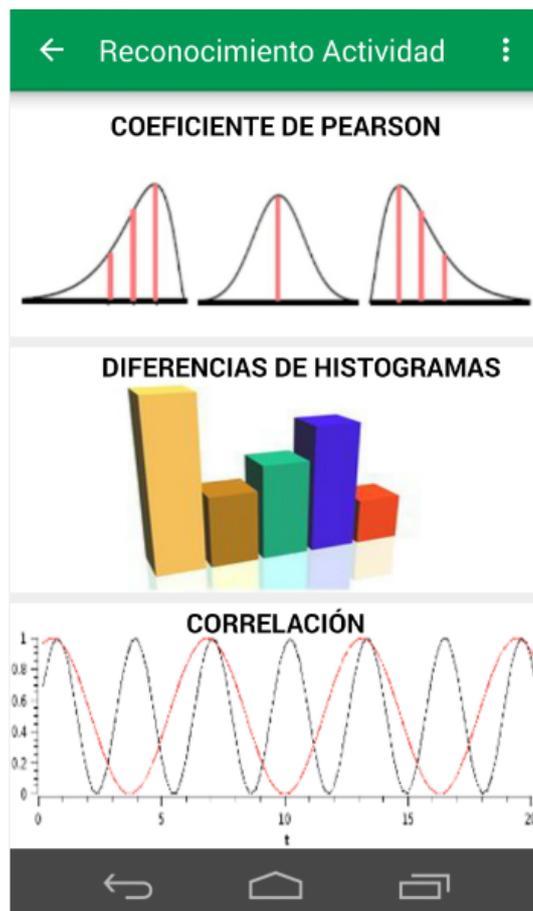


Figura 11.7: Pantalla reconocimiento de actividad

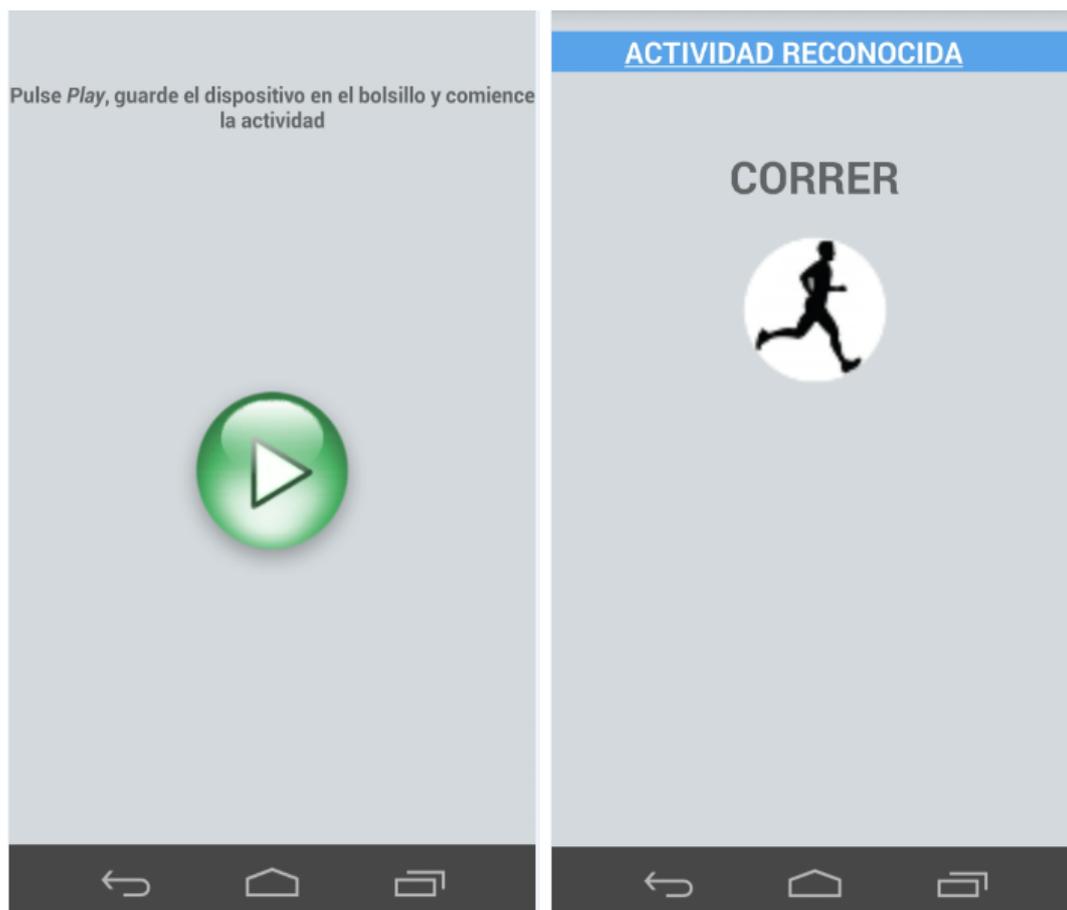


Figura 11.8: Pantalla inicio de reconocimiento y finalización

El botón *Opciones* del dispositivo está activado en esta pantalla, y si se pulsa al botón *Atrás* del dispositivo se vuelve a la pantalla principal.

PANTALLA PREFERENCIAS

Pantalla que permite mostrar los ajustes sobre la aplicación que puede cambiar el usuario. Como podemos ver, en la lectura del sensor aparecen las opciones de cambiar la frecuencia del sensor (velocidad de muestreo) y los datos representados en las gráficas de grabación. En el análisis de los datos de una actividad en concreto encontramos las opciones del tipo de gráficas y en la parte de reconocimiento se puede cambiar el tiempo que toma la aplicación para reconocer la actividad en tiempo real.



Figura 11.9: Pantalla de preferencias

ICONOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES

Tanto en la pantalla de *actividades guardadas* como en la de *reconocimiento de actividad* se muestran iconos referidos a las actividades físicas que actualmente la aplicación contempla, para ayudar al usuario a identificarlas fácilmente.



Figura 11.10: Actividad física: reposo



Figura 11.11: Actividad física: andar



Figura 11.12: Actividad física: correr



Figura 11.13: Actividad física: subir escaleras



Figura 11.14: Actividad física: bajar escaleras