

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**AYUDA PARA INVIDENTES
UTILIZANDO TELÉFONOS
ANDROID**

Ingeniería de Telecomunicación

Daniel Herrero García

Mayo 2013

AYUDA PARA INVIDENTES UTILIZANDO TELÉFONOS ANDROID

AUTOR: Daniel Herrero García
TUTOR: Eduardo Boemo Scalvinoni

DSLlab
Dpto. de Tecnología Electrónica y Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Mayo 2013

*A todos lo que creyeron en mi
y en especial a mi padre*

Agradecimientos

Aprovecharé este apartado para nombrar a todos los «culpables» de que haya hecho esta carrera y este proyecto ya que, como dijo José Ortega y Gasset:

Yo, soy yo y mi circunstancia.

En primer lugar, dar las gracias a mi tutor, Eduardo Boemo, por darme la posibilidad de realizar este proyecto que era el que más me gustaba. Mencionar también a todos los profesores que me han formado durante toda mi vida académica y han permitido que yo pudiera hacer la carrera, sin ellos tampoco hubiera sido posible.

Mi familia también ha tenido gran culpa de ello. Gracias a mi padre que me inculcó los valores de sacrificio y constancia y me intento hacer ver que con ellos se puede alcanzar cualquier cosa a través del "Querer es poder". También fueron determinantes esas charlas con las que me motivaba y me animaba a seguir a delante. Mi madre también me ha aportado bastante ayuda, ya que se ha preocupado durante toda la carrera por mi y ha intentado siempre que mi única preocupación fuera la carrera. Muestra de ello son las innumerables veces que me ha preparado la comida para llevármela a la universidad. Mi hermano también ha aportado bastante enseñándome durante ESO y bachillerato a intentar razonar yo sólo y no depender de nadie. Gracias también a mi tía Engracia que también colaboró en todo ;).

Mención especial también tiene mi primo Javi y sus charlas anuales de finales de verano y en el último año, sin las cuales quizá todo no hubiera sido lo mismo.

Por último dar las gracias a mis compañeros por hacer más ameno el día a día y menos duro el paso de las clases de la "uni" durante estos casi 6 años. Gracias a Jose, Xu, Pedro, Nasib, Karim, Eva, Ricardo, Maya, Alfredo, Luis.. Y como no podía ser de otra forma, también debo de mencionar a Rafa con el cual he compartido muchos momentos en la universidad y ha ayudado a que las clases no fueran tan pesadas a veces.

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos "2011 Latin American Research Project Universidad Autónoma de Madrid Banco Santander" y la fundación de Vodafone de España. Se han aportado también fondos del Euroform del DSLab de la UAM.

Resumen

Resumen

El proyecto desarrolla aplicaciones para ayuda a invidentes utilizando teléfonos inteligentes. La aplicación principal está desarrollada para aparatos Android. Tiene como objetivo ayudar a invidentes (o personas con baja visión) a poder desplazarse de un lugar a otro del campus de la Universidad Autónoma de Madrid. El programa hace uso de información cartográfica y GPS. Permite llegar a sitios pre-grabados como facultades o bibliotecas, o editar y almacenar nuevas trayectorias para después recorrerlas. La información que da el teléfono son indicaciones por voz, aunque también se incluye información gráfica para una persona con vista normal que realice la función de acompañante o guía. La otra aplicación que compone este Proyecto ayuda a discernir colores a partir de una fotografía realizada con la cámara de un teléfono inteligente. Está codificada para Android y Apple iOS con el objeto de poder conocer y comparar ambos entornos.

Palabras Clave

Sistema operativo, programación, aplicación para móviles, código, base de datos, dpi (puntos por pulgada, dots per inch), layout, GPS.

Abstract

Abstract

The purpose of this project is to develop three smartphone apps in two of the most used mobile O.S: Android and iOS. This project has three apps: two developed in Android and one in iOS. These smartphone apps have the aim of aid blind or almost blind people to displace from a place to another in the campus of Cantoblanco of Universidad Autónoma de Madrid and to discern colors given two photos taken with a mobile phone. The GPS app has the functions, amongst others, go to a registered place in the app (for example faculties or libraries), save a trajectory and then track it. The others apps must distinguish colors given a taken picture, access to the photo album to choose a photo to know the color of the photo and take pictures to process.

Keywords

Operative system, programming, mobile apps, code, data base, dpi (dots per inch), layout, GPS

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	III
Abstract	V
Indice figuras	XVI
Indice tablas	XVII
I Capítulos	1
1. Introducción	3
1.1. Motivación	3
1.2. Objetivos	3
1.3. Organización de la memoria	4
2. Estado del arte	5
2.1. Introducción	5
2.2. Sistema operativo iOS	5
2.2.1. Lenguaje de programación: Objective-C	7
2.2.1.1. Características principales	7

2.3. Sistema operativo Android	8
2.3.1. Lenguaje de programación: Java con algunas peculiaridades	10
2.3.2. Accesibilidad Android	11
2.4. Bases de datos SQLite	12
2.5. Blackberry World	13
2.5.1. Blackberry OS	14
2.6. Windows Mobile y Windows Phone	15
2.6.1. Windows Mobile	15
2.6.2. Windows Phone	17
2.7. Otros sistemas operativos	18
2.8. Comparativa de sistemas operativos	19
2.9. Investigaciones realizadas hasta el momento	20
3. Diseño del sistema	21
3.1. Introducción	21
3.2. Discapacidad visual	22
3.2.1. Definiciones	22
3.2.2. Principales causas de la discapacidad visual	23
3.2.3. Defectos visuales más comunes	25
3.2.4. Principales ayudas existentes	26
3.3. Diseño del sistema y Justificación de la opción elegida	27
3.3.1. Introducción	27
3.3.2. Justificación del proyecto	27
3.4. Herramientas y directrices para realizar el proyecto	28
3.4.1. Herramientas y requisitos	28
3.4.2. Directrices para la realización del proyecto y requisitos	29

3.4.2.1.	Directrices para la realización del proyecto	29
3.4.2.2.	Requisitos	29
4.	Desarrollo del sistema	31
4.1.	Sistema de guiado GPS para invidentes desarrollado en Android . . .	31
4.1.1.	Descripción de la aplicación	31
4.1.2.	Desarrollo de la aplicación	33
4.1.2.1.	Algoritmo de Dijkstra	35
4.1.2.2.	Base de datos utilizada	35
4.1.2.3.	Obtención de datos	36
4.1.2.4.	Reconocedor de voz	36
4.1.2.5.	Implementación de un segundo idioma, el inglés . . .	36
4.1.2.6.	Implementación sobre orientación y interfaz sonora .	37
4.1.2.7.	Últimos detalles e interfaz final de la aplicación . . .	37
4.2.	Aplicación de ayuda para el reconocimiento de colores Android	39
5.	Integración, pruebas y resultados	41
5.1.	Sistema de guiado GPS para invidentes desarrollado en Android . . .	41
5.1.1.	Pruebas iniciales	41
5.1.2.	Pruebas de localización	46
5.1.3.	Pruebas de guardado de camino	46
5.1.4.	Pruebas de ir de un lugar a otro	48
5.1.5.	Pruebas de recorrer camino guardado	49
5.1.6.	Pruebas del reconocedor de voz.	50
5.1.7.	Últimas pruebas e interfaz definitiva de la aplicación.	52
5.2.	Aplicación de ayuda para el reconocimientode colores Android	67

6. Precisión del dispositivo	73
6.1. La precisión GPS del dispositivo	73
6.2. Precisión en la orientación	77
7. Conclusiones	79
8. Trabajo futuro	81
II Apéndices	83
A. Aplicacion iOS para la detección de colores	85
A.1. Entorno de trabajo y estructura	86
A.2. Componentes de la aplicación	87
A.3. Desarrollo de la aplicación	88
A.4. Pruebas y resultados	90
A.5. Conclusiones y trabajo futuro	92
B. Plano del Campus	93
C. Descripción estructura del código	95
C.1. Estructura general de la Android	95
C.1.1. Descripción de cada clase	98
C.2. Diagramas de clases de la aplicación	101
D. Manual de usuario	105
E. Glosario	107
F. Publicaciones y trabajo adicional	109

G. Puntos registrados	115
Bibliografía	117
H. Presupuesto	121
I. Pliego de condiciones	123

Índice de figuras

2.1. Evolucion versiones de Android	9
2.2. Otros dispositivos móviles	18
2.3. Situación actual del mercado	19
3.1. Android	28
5.1. Imagen menú principal en el emulador Android	42
5.2. Prueba en emulador de Android gestures	42
5.3. Emulación condiciones GPS mediante telnet 1	43
5.4. Emulacion condiciones GPS mediante telnet 2 y 3	43
5.5. Resultado de enviar las coordenadas del rectorado en el emulador	44
5.6. Pruebas realizadas con la v1 de google maps(1)	44
5.7. Pruebas realizadas con la v1 de google maps (2)	45
5.8. Advertencia Google	45
5.9. Prueba gps en dispositivo movil	46
5.10. Prueba guardar camino en dispositivo movil	47
5.11. Caminos guardados	47
5.12. Rutas a distintos destinos	48
5.13. Rutas a distintos personales a destinos	49
5.14. Ruta realizada	50
5.15. Menú reconocer voz	50

5.16. Reconocedor de voz	51
5.17. Menu inicial final	52
5.18. Menu botones	52
5.19. Menu destinos final	53
5.20. Menus recorrer camino	53
5.21. Recorrer camino 2	54
5.22. Recorrido	54
5.23. Recorrido 2	55
5.24. Recorrido 3	55
5.25. Recorrido 4	56
5.26. Recorrido 5	56
5.27. Interfaz 2 botones	57
5.28. Interfaz 2 botones en inglés	57
5.29. Menú guardar camino	58
5.30. Guardar camino	58
5.31. Localización	59
5.32. Dibujar camino	59
5.33. Interfaz táctil	60
5.34. Reconocedor voz final	60
5.35. Menú inglés	61
5.36. Destinos inglés	61
5.37. Menus recorrer camino inglés	62
5.38. Menús recorrer camino inglés 2	62
5.39. Menús guardar camino inglés	63
5.40. Menus gestures inglés	63

5.41. Menus gestures inglés	64
5.42. Reconocedor de voz inglés	64
5.43. Plano lugares registrados	65
5.44. Plano de puntos de referencia	65
5.45. Comprobacion en tablet	66
5.46. Menu de la aplicacion	67
5.47. Prueba del funcionamiento de la camara	68
5.48. Prueba acceso al álbum de fotos	68
5.49. Prueba acceso reconocedor de voz	69
5.50. Prueba color amarillo	69
5.51. Prueba color azul	70
5.52. Prueba color rosa	70
5.53. Prueba color verde	70
6.1. Precisión GPS	74
6.2. Lugar de realización del proyecto EPS edificio C lab C115	74
6.3. Pruebas EPS edificio C lab C115	75
6.4. Precisión máxima obtenida en EPS edificio C lab C115	76
6.5. Precisión máxima brújula obtenida en EPS edificio C lab C115	78
A.1. Aplicacion inicial iOS	85
A.2. x-code entorno de trabajo	86
A.3. emulador iOS	86
A.4. Selección de foto a procesar iOS	90
A.5. Detección color blanco	91
A.6. Detección color marron y negro	91

A.7. Detección color rojo, rosa y verde	92
B.1. Plano del Campus de Cantoblanco UAM	93

Índice de cuadros

2.1. Tabla modelos i-Phone	6
2.2. Tabla versiones de Android	8
2.3. Distribución de dispositivos Android en función de su tamaño de pantalla	9
2.4. Clasificación de modelos Blackberry por fecha de aparición	13
2.5. Clasificación de modelos Blackberry em función de su S.O.	14
6.1. Error obtenido GPS	75
A.1. Tabla relación intensidad de color y nombre de color	89
G.1. Coordenadas sitios registrados y su nombre 1	115
G.2. Coordenadas sitios registrados y su nombre 2	116

Parte I

Capítulos

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

Demostrar que el hardware y software estandar de un teléfono inteligente actual es una plataforma ideal para investigadores interesados en aplicaciones de ayuda a ciegos o personas con baja visión, haciendo innecesario el desarrollo de equipos ad-hoc.

1.2. Objetivos

El objetivo de este proyecto es ayudar a una pequeña parte de la población a hacer su día a día más fácil. A partir del uso de smartphones, cuyo índice de penetración cada vez es más alto, se pretende ayudar a discapacitados visuales a reconocer colores, desplazarse por el campus de la Universidad Autónoma de Madrid.

La primera meta de este proyecto es guiar por el Campus de la Universidad Autónoma de Madrid a una persona. La primera funcionalidad que tendrá la aplicación será la de guardar un camino. Se podrán guardar los puntos que el usuario considere más importantes y se dará la opción de a la vez ir guardando puntos cada 30 segundos. La segunda funcionalidad será la de ir a un lugar determinado de una lista de sitios que previamente han sido guardados en la aplicación, o recorrer un camino previamente guardado. La tercera funcionalidad será la de detectar la posición del usuario y decirle la distancia a la que se encuentra del punto almacenado previamente en la aplicación y su nombre. Por último, se dará la posibilidad al usuario de dibujar el camino que ha realizado, para que un posible ayudante pueda orientarle en su ruta o incluso para que el ayudante compruebe que el guardado del

camino se ha realizado de forma satisfactoria.

El segundo objetivo es crear una aplicación que detecte un color en una foto y le informe al invidente de dicho color. La aplicación dara la intensidad de color de los tres colores primarios RGB y una aproximación a dicho color. No obstante el usuario se hará una idea más adecuada a través de la intensidad de cada color.

1.3. Organización de la memoria

La memoria se estructura en dos grandes partes: Capítulos y Apéndices. En la primera se explica el proyecto y la segunda comprende los principales puntos técnicos detallados.

La primera parte está dividida en: Introducción, El estado del arte, El desarrollo y diseño del sistema, Integración y pruebas, Precisión del dispositivo y finalmente Conclusiones y Trabajo futuro.

Por otro lado, en los apéndices se encuentra la aplicación iOS de para la detección de color, descripción y estructura del código, el Manual de utilización, glosario, publicaciones, los puntos registrados, la bibliografía, el presupuesto y el pliego de condiciones.

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Introducción

En la actualidad cada vez es más difícil encontrar a alguien que no posea un Smartphone. Desde la llegada al mercado del revolucionario iPhone, la venta de teléfonos táctiles ha crecido a un ritmo atroz. Con este proyecto se pretende usar la nueva tecnología dándole un enfoque hacia las personas discapacitadas. En concreto con este proyecto se pretende ayudar a personas con discapacidad visual a poderse desplazar por un entorno tan amplio como el campus de la Universidad Autónoma de Madrid, así como ayudar a los invidentes a discernir entre distintos colores.

2.2. Sistema operativo iOS

El sistema operativo iOS es un sistema operativo móvil de la empresa Apple Inc. Fue desarrollado inicialmente para el iPhone (iPhone OS), aunque después fue usado en otros dispositivos de la marca Apple como el iPod Touch, iPad y el Apple tv. Es un sistema operativo restringido a dispositivos Apple, acorde a la filosofía “sectaria” de esta marca. El origen de los dispositivos móviles táctiles tan extendidos en la actualidad está en la aparición de este sistema operativo. Fue en Septiembre de 2007 cuando Steve Jobs lanzó al mercado la versión 1.0 de este sistema operativo que todavía no lo llamo iOS. Desde entonces iOS junto con Apple han ido evolucionando tanto en software como en hardware. En cuanto a software han ido lanzando numerosas versiones de este sistema operativo hasta la última versión que actualmente es la más actualizada, v. 6.1. Dicha evolución de software ha ido acompañada de la consiguiente evolución hardware. Apple ha puesto en el mercado numerosos

dispositivos como todas las versiones iPod, iPhone e iPad o el nuevo iPad mini. Cada dispositivo nuevo que sale al mercado tiene más prestaciones que el anterior (véase mejor resolución de pantalla, mejor procesador, más memoria, brújula, Game center, Siri o Passbook entre otros). La brutal velocidad de evolución de la tecnología actual ha llevado a que se lanzen nuevos dispositivos cada menos de un año. Según aparecen nuevos dispositivos, Apple va dando por obsoletos los primeros modelos de iPhone como es el caso de el iPhone 1.0 y el iPhone 3GS a los cuales ya no da soporte y las nuevas versiones software ya no son compatibles con dichos dispositivos. Como ya se ha mencionado antes iOS es un sistema operativo restringido única y exclusivamente a dispositivos fabricados por Apple y para desarrollar aplicaciones para dicho sistema operativo es necesario poseer una licencia de desarrollador. Para obtener dicha licencia se requiere que se abone una cuota mensual y estar dado de alta como desarrollador. A continuación se muestra una tabla con las principales características de cada modelo de i-Phone.

Modelo	iPhone	iPhone3G	iPhone3GS	iPhone 4	iPhone 4S	iPhone 5
Estado	Descatalog	Descatalog	SporteSW	Actual	Actual	Actual
S.O. ini.	iPh OS 1.0	iPh OS 2.0	iPh OS 3.0	iOS 4.0	iOS 5.0	iOS 6.0
Máx. ver.	iPh OS 3.1.3	iOS 4.2.1	iOS 6.1.3	iOS 6.1.3	iOS 6.1.3	iOS 6.1.3
Mem.(GB)	4,8 y 16	4 y 8	8,16 y 32	8,16 y 32	16,32 y 64	16,32 y 64
CPU	412 MHz	412MHz	600MHz	Apple A4	Apple A5	Apple A6
RAM	128 MB	128MB	256MB	512MB	512MB	1024MB
Res. (px)	400x320	400x320	400x320	900x640	900x640	1024x640
Present	Ene 2007	Jul 2008	Jun 2009	Jun 2010	Oct 2011	Sept 2012
Obsoleto	Jul 2008	Jun 2010	Sept 2012	Sólo(8GB)	En prod	En prod

Cuadro 2.1: Tabla modelos i-Phone

*A estos dispositivos habrá que añadir el iPhone 5S cuya salida al mercado será en verano de 2013 o Septiembre de 2013.

Como nota adicional, se puede decir que desde la muerte del creador de Apple, Steve Jobs en Oct de 2011, los usuarios de Apple se han quejado a causa de los fallos en las recientes versiones de iOS. Ejemplo de ello son las reclamaciones que se han producido en cuanto a los mapas propios de iOS o las últimas quejas que se han producido en cuanto a la disminución de la duración de la batería en las últimas versiones de iOS. Puede decirse que Apple está dismutando la suprema calidad que ofrecía en los primeros dispositivos táctiles

2.2.1. Lenguaje de programación: Objective-C

El sistema operativo iOS tiene como principal lenguaje de programación Objective-C. Objective-C es un lenguaje de programación orientado a objetos creado como superconjunto de C para que emulase el modelo de objetos de Smalltalk. Este lenguaje fue creado principalmente por Brad Cox y Tom Love a inicios de los 80 en su compañía Stepstone. La principal descripción de este lenguaje fue en 1986 cuando Cox publicó el libro *Object-Oriented Programming, An Evolutionary Approach*.

2.2.1.1. Características principales

Las principales características de este lenguaje de programación son:

- Uso de mensajes

El lenguaje de programación orientado a objetos Objective-C se basa en el envío de mensajes a instancias de objetos. En objective-C se manda un mensaje, no se llama a un método. Se envía un que tiempo de ejecución es interpretado por el objeto. No está garantizado que el objeto responda al mensaje, ya que el objeto puede ignorarlo y devolver un puntero nulo. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se envía un mensaje a un objeto:

[objeto metodo:parámetros]

- Lenguaje muy dinámico Muchas decisiones se toman en tiempo de ejecución: Objetos creados en memoria dinámica, tipos dinámicos, introspección (conocer la estructura del objeto en tiempo de ejecución),carga dinámica de clases en función de su uso...

- Clases

- Una clase se compone de interfaz(.h) e implementación(.m)
- Heredan de NSObject
- Las variables son punteros a objetos

- Gestor de memoria Xcode, el IDE para desarrollar aplicaciones, en sus últimas versiones ya incorpora el ARC, un recolector de basura que gestiona la memoria dinámica que se usa. No obstante, queda como trabajo al programador gestionar los posibles memory leaks que se produzcan en la aplicación.

2.3. Sistema operativo Android

Android es un sistema operativo para dispositivos móviles desarrollado en sus orígenes por Android Inc. y que fue comprado por la multinacional Google en julio de 2005. Este sistema operativo está basado en Linux y sus peculiaridades son:

- Sistema operativo de software libre.
- Existen más aplicaciones gratuitas que en iOS.
- Más variedad de dispositivos que en Apple, en cuanto a tamaño, resolución,...
- Más conflictos en cuanto a compatibilidad entre dispositivos.

Las versiones que han salido desde el origen del sistema operativo son:

Versión	Nombre	API	Distribución
1.6	Donut	4	0,2 %
2.1	Eclair	7	2.4 %
2.2	Froyo	8	9.0 %
2.3-2.3.2	Gingerbread	9	0.2 %
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	47.4 %
3.1	Honeycomb	12	0.4 %
3.2	Honeycomb	13	1.1 %
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	29.1 %
4.1	Jelly Bean	16	9.0 %
4.2	Jelly Bean	17	1.2 %

Cuadro 2.2: Tabla versiones de Android

Desde su aparición hasta la actualidad se ha visto cómo han ido apareciendo nuevas versiones de Android. Si se observa el número de dispositivos en función de la versión de Android que posee, se concluye que, a medida que va pasando el tiempo, los dispositivos van actualizando de versión y van desapareciendo las primeras versiones que aparecieron. Es por ello por lo que se ha desarrollado la aplicación en la versión 4.1 correspondiente a Jelly Bean. La siguiente figura muestra dicha evolución:

Como se ha mencionado antes, en Android existen multitud de dispositivos y es por ello por lo que existen diferentes tamaños de pantalla: pequeña, normal, grande y muy grande. Para gestionar los distintos tamaños, se ha definido un nuevo concepto:

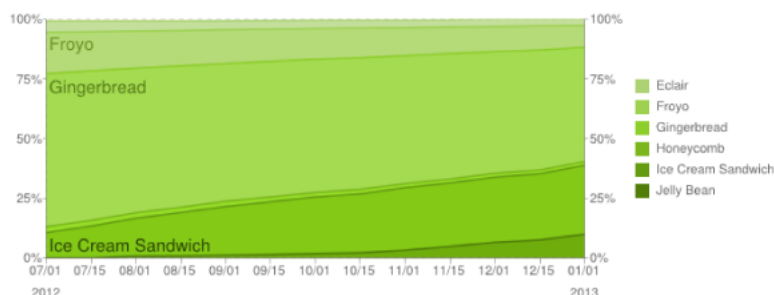


Figura 2.1: Evolucion versiones de Android

dpi (puntos por pulgada, dots per inch). Con esta nueva medida se establece una medida estándar para establecer un convenio para elaborar los layouts, pantallas que ve el usuario. En la siguiente tabla se refleja la distribución de dispositivos en función de su tamaño de pantalla:

tamaño dpi	ldpi	mdpi	hdpi	xhdpi
pequeño	1.7 %			1.0 %
normal	0.4 %	11 %	50.1 %	25.1 %
grande	0.1 %	2.4 %		3.6 %
extra grande		4.6 %		

Cuadro 2.3: Distribución de dispositivos Android en función de su tamaño de pantalla

En sus orígenes, Android fue el sistema operativo elegido por la gente con menor poder adquisitivo o que buscaba un precio más económico para invertir en su nuevo dispositivo móvil. En ésta época la diferencia entre el precio de un dispositivo móvil Apple (i-Phone) y un dispositivo Android era abismal. Sin embargo, no tardaron en aparecer nuevos dispositivos móviles android de más alta gama y prestaciones. Estos dispositivos fueron evolucionando hasta la actualidad en la que un dispositivo Android tiene prestaciones similares a un dispositivo de Apple. En la actualidad ambos sistemas operativos se disputan el mercado frente a frente. Actualmente existen multitud de dispositivos Android desde una gama muy básica hasta dispositivos de alta gama. Los dispositivos de alta gama se equiparan en prestaciones y precio a los dispositivos Apple.

2.3.1. Lenguaje de programación: Java con algunas peculiaridades

Android es el sistema operativo que lanzó Google para competir con el lanzamiento del iPhone. Android, además de iOS estaba desinado a competir con Symbian y Windows mobile, los sistemas operativos entre los que podían elegir los fabricantes de teléfonos móviles. El sistema operativo Android tiene un núcleo de linux. Se programa en Java pero Android tiene algunas peculiaridades. A continuación se enumeran y se muestran los principales componentes necesarios para la el desarrollo de una aplicación Android:

- **Activity**

Es el principal componente de una aplicación Android y es el medio para representar una "pantalla" de dicha aplicación.

- **View**

Son el medio para insertar en las activities elementos para construir la interfaz gráfica de la aplicación. Ejemplo de ello son botones, cuadros de texto, imágenes.. etc. Existe también la posibilidad de crear nuevos elementos o ampliar los existentes.

- **Service**

Componente sin interfaz gráfica que se pueden utilizar para actualizar datos, lanzar notificaciones o mostrar elementos visuales. Estos elementos se ejecutan en segundo plano y no son visibles por el usuario.

- **Content provider**

Elemento para compartir datos entre aplicaciones.

- **Broadcast receiver**

Componente mediante el cual se puede detectar determinados mensajes o elementos globales generados por el sistema o por otras activities. Es broadcast con lo que se manda y cualquier aplicación que desee recibirlo puede acceder a esta información

- **Widget**

Elementos visuales, habitualmente interactivos que se muestran en pantalla y se pueden actualizar periódicamente.

- **Intent**

Elemento básico de comunicación entre los distintos componentes Android.

2.3.2. Accesibilidad Android

Android dispone de distintas opciones para la accesibilidad de personas discapacitadas a los dispositivos. A continuación se enumeran dichos opciones y herramientas:

- Talkback Android posee una opción para discapacitados que consiste en leer todo el texto que se encuentre en la pantalla, al igual que informa si hay algún botón para pulsar, o cualquier otro evento que aparezca en el dispositivo móvil.
- Large text Existe una opción que permite agrandar todo el texto que aparece en el dispositivo, facilitando así su lectura por el potencial usuario con un déficit en su visibilidad. A parte de esto existe la posibilidad de configurar el texto al tamaño que se desee.
- Auto-rotate screen Esta opción sirve para que la pantalla no se gire cuando giremos el dispositivo, algo que puede dificultar el manejo de la aplicación.
- Speak passwords Opción para que el dispositivo lea las claves introducidas
- text-to-sepeech output Esta opción permite cambiar el tono, la velocidad y el idioma del sintetizador de voz.
- touchandhold delay Mediante esta opción se puede cambiar el tiempo que hay que mantener el dedo en la pantalla para considerarse pulsación larga.
- enhance web accessibility Sirve para activar scripts de accesibilidad de las paginas web.

2.4. Bases de datos SQLite

Sqlite es un sistema de gestión de bases de datos relacional. Sqlite no es un proceso independiente del programa principal con el que se comunica, sino que es una parte integral del mismo. Su funcionamiento se basa en llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto hace que la latencia en el acceso a la base de datos disminuya debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. Toda la base de datos se guarda en un sólo fichero estándar de la máquina host, es decir, el móvil en este caso. En la versión 3 de Sqlite, se permiten almacenar bases de datos de hasta 2 terabytes de tamaño. SQLite se puede utilizar tanto en iOS como en Android.

En concreto, en la tecnología Android, se accede a través de la clase `SQLiteOpenHelper`, la cual ofrece una ayuda para poder implementar la base de datos en el dispositivo móvil. A partir de los conocimientos de SQL y con la clase `SQLiteOpenHelper` se puede generar, añadir y consultar datos a la base de datos que creamos. Para ello se creará una nueva clase que extienda de la anterior y se irá creando la base de datos adaptada a las necesidades que se tengan.

Para comprobar que la base de datos se ha creado correctamente y que se han insertado los datos pertinentes se debe:

- Conectar al emulador de android mediante shell.
- Con el comando `sqlite3` y los comandos SQL generales conectarse a la base de datos y hacer las consultas necesarias para comprobar que todos los datos se encuentran correctamente insertados en la base de datos.

2.5. Blackberry World

Blackberry tiene su origen en una compañía canadiense llamada Research In Motion o RIM con base en Waterloo, Ontario, Canada y fundada por Mike Lizardis y Jim Balsille. Los teléfonos móviles de esta marca se tienen la peculiaridad de que, desde su origen, añaden un miniteclado qwerty debajo de la pantalla. Su primera aparición fue en 1996, pero hasta principios del año 2000 no tuvieron gran popularidad. En el año 2000 alcanzaron el millón de usuarios, 10 meses más tarde alcanzaron el segundo millón, y fueron aumentando sus usuarios hasta alcanzar los 70 millones de usuarios en 2011 (2 de ellos en España). Pero con la llegada de los Smartphones en los dos últimos años se ha decrementado el número de usuarios. El triunfo de las pantallas táctiles ha relegado a un segundo plano a Blackberry. No obstante, Blackberry ha lanzado al mercado dos nuevos modelos táctiles: Blackberry Z10 y Blackberry Q10 con los cuales Blackberry quiere volver al mercado de los smartphones. Con el modelo Z10, Blackberry sigue la línea de los smartphones actuales, siendo únicamente táctil, mientras que con el modelo Q10 sigue su línea tradicional con teclado Qwerty incorporado. A pesar de ello, también incorpora pantalla táctil. Se podría decir que con el Z10 evoluciona según las tendencias del mercado actual y el Q10 evoluciona pero manteniendo sus rasgos propios tradicionales, que le hicieron triunfar en sus inicios. A continuación se muestra una tabla de los distintos dispositivos móviles que Blackberry ha ido lanzando al mercado clasificados por fechas:

Fecha	Dispositivos
1999	RIM OS 1.0
Sept. 2000	Blackberry 900 Inter@ctive Pager
Abril 2000	BlackBerry 950
2002	Serie 957
2004-2005	Dispositivos GSM, terminales 7000,7100,7200,7500,7700
2006	Familias BlackBerry Pearl 8100 Curve 8300
2007	Familia BlackBerry 8800
2008	Familias BlackBerry Bold 9000, Pearl Flip 82xx , Storm 9500
2009	BlackBerry Curve 8500/8900, Storm2 (9520/9550), Tour (9630)
2010	BlackBerry Bold 9700, Curve 8900/ 9300, Pearl 9100, Torch 9800
2011	Bold 9900, Torch 98xx, Curve 93xx
2012	BlackBerry Porsche Design P'9981
2013	BlackBerry Z10 y Q10

Cuadro 2.4: Clasificación de modelos Blackberry por fecha de aparición

En la tabla anterior se puede ver como en el auge de Blackberry (2010) el número de dispositivos que se lanzaba era mucho mayor que el de la actualidad, desde el 2010 se puede decir que ha habido una disminución en la demanda de dispositivos Blackberry, pero en la actualidad, con los dos últimos dispositivos lanzados al mercado en Enero de 2013, esto puede cambiar. En los medios de comunicación se dice que Blackberry (y confirmado por la empresa), mediados de Marzo de 2013 ha recibido el mayor pedido de su historia, lo que puede dar la vuelta al mercado que actualmente hay en cuanto a dispositivos móviles. La causa de ello puede ser la nueva versión de su sistema operativo, Blackberry OS 10. Una característica de de todos los dispositivos Blackberry es su sistema operativo Blackberry OS, del que se habla en el apartado siguiente:

2.5.1. Blackberry OS

Blackberry OS es el sistema operativo diseñado por Research in Motion para sus dispositivos Blackberry. Es un sistema operativo multitarea y tiene soporte para trackball, touchpad y pantallas táctiles. Su origen esta en el sistema operativo RIM OS 1.0 en 1999. Dicho sistema operativo permitía acceso a correo electrónico, agenda calendario y acceso HTML a parte de las funciones normales de teléfono móvil. Desde entonces, dicho este sistema operativo iría evolucionando añadiéndose nuevas funcionalidades y prestaciones como juegos, soporte java, pantalla a color, aplicación de correo mejorada, sincronización de contactos, integración de Gmail, aplicación Blackberry Maps, inclusión de redes sociales, YouTube, radio FM, creación de acceso Wifi, soporte NFC,... A continuación se muestra una tabla en la que se clasifican los modelos en función de su sistema operativo:

S.O.	Modelos
Blackberry 4 y anteriores	Primeros modelos 850,857,950,957, modelos basado en Java , serie de primer color BlackBerry 8800 BlackBerry Pearl BlackBerry Pearl Flip, BlackBerry Curve 8300
Blackberry 5	Bold 9000, Tour, Storm, Storm2, Curve 85xx/8900
Blackberry 6	Torch 9800, Curve 9300 Styke 9670, Pearl 3G Bold 9650/9720,978x
Blackberry 7	Bold 9900 Porsche Design Torch 9800 Curve 93xx
Blackberry 10	Blackberry Z10, Blackberry Q10

Cuadro 2.5: Clasificación de modelos Blackberry em función de su S.O.

2.6. Windows Mobile y Windows Phone

2.6.1. Windows Mobile

Windows Phone es un sistema operativo móvil compacto desarrollado por Microsoft diseñado para su uso en smartphones y otros dispositivos móviles. Este sistema operativo se lanzó en Europa y Asia en Octubre de 2010 y en EEUU en Noviembre de 2010. Windows Phone procede de Windows Mobile, cuya historia se resume seguidamente. A Windows Mobile originalmente se le dió el nombre de Pocket PC, como una ramificación de desarrollo de Windows CE para equipos móviles con capacidades limitadas. Pocket PC y Windows Mobile tienen características similares. A continuación se describen las principales características de Windows Mobile:

- Pantalla hoy: Muestra fecha actual, tareas próximas, mensajes e-mail, información del dueño y las citas más próximas. En la parte inferior de la pantalla tiene dos botones, en los cuales se puede configurar lo que desee al igual que este tema que viene por defecto. Se puede añadir estado del bluetooth, alarma temperatura, accesos directos...
- La barra de tareas muestra la hora actual, el volumen y el estado de la conectividad.
- Las aplicaciones de Windows Mobile se distribuyen mediante el Windows Marketplace for Mobile.
- Incluye un programa, Outlook Mobile mediante el cual se puede acceder al calendario, contactos, tareas planificadas y bandeja de entrada del correo.
- Otro programa que integra es Windows Media Player For Windows Mobile, que sirve para reproducir los formatos WMA, WMV, MP3 y AVI. Algunas versiones también son capaces de reproducir M4A.
- Cliente para VPN's PPTP

Desde sus orígenes en Pocket PC este sistema operativo ha evolucionando. Como prueba de ello están las versiones que se han sacado del sistema operativo y que a continuación se detallan:

- PocketPC 2002

Utiliza Windows CE 3.0. diseñado para dispositivos con pantalla 240x340(QVGA) sin teclado. Ésta es la evolución de la primera versión PocketPC 2000. A partir

de esta versión PocketPC y el desarrollo del sistema operativo para móviles difería cada vez más, por ello se decidió cambiar el nombre a Windows Mobile.

■ Windows Mobile 2003

Fue lanzada en Junio de 2003. Tiene tres ediciones. Las dos primeras Windows Mobile 2003 Pocket PC Edition y Windows Mobile 2003 Pocket PC Phone Edition, son muy similares. La diferencia estriba en que una edición es especial para PocketPC con características similares a los teléfonos móviles. La tercera edición Windows Mobile 2003 Smartphone Edition difiere más de las dos anteriores ya que está limitada por las características especiales de los smartphones. Windows Mobile 2003 también es conocido como Windows CE 4.20

■ Windows Mobile 2003 Second Edition

Su salida al mercado fue en Marzo de 2004. Añade las mejoras de: cambiar la orientación de pantalla, navegador Pocket Internet Explorer, soporte para resolución VGA y soporte WIFI.

■ Windows Mobile 5.0

Su fecha de aparición fue en Mayo de 2005. Entre sus características más importantes está:

- Nueva versión de Office, Office Mobile (incluye Power Point Mobile y mejoras en Excel y Word)
- Windows Media 10 Mobile
- Identificador de llamadas con fotos
- Ayuda Bluetooth
- interfaz de administración GPS
- Mejoras de funcionalidad en Microsoft Exchange
- Soporte teclados Qwerty
- Cliente para PPTP y L2TP/IPsec VPNs

■ Windows Mobile 6.0

Apareció en febrero de 2007. Tiene tres versiones: Windows Mobile 6 Standard, para smartphones, Windows Mobile 6 Professional para PDAs con la funcionalidad del teléfono, y Windows Mobile 6 Classic para PDAs sin telefonía IP. Utiliza Windows CE 5.2. Entre sus características más importantes destacan:

- Soporte a resoluciones 800x480 y 320x320

- Acceso de escritorio remoto mejorado
- Soporte VoIP con los codec del audio AEC y MSRT
- Windows Live para Windows Mobile
- Smartfilter para buscar más rápidamente
- Outlook Mobile con soporte HTML
- Soporte AJAX, JavaScript y XMLDOM en Internet Explorer Mobile
- SQL Server Compact Edition en la ROM.

Esta versión de Windows Mobile ha tenido dos actualizaciones Windows Mobile 6.1 y Windows Mobile 6.5 en 2008 y 2009 respectivamente. En ellas se realizan mejoras de la pantalla, de rendimiento y de interfaz. También incluyen novedades importantes como el Marketplace, Internet Explorer 6 o Microsoft Office Mobile.

2.6.2. Windows Phone

Windows Phone fue el sucesor de Windows Mobile. Esta evolución de S.O. esta más orientado al consumo general en lugar de ser tan específicamente enfocado al mundo empresarial. Es por ello por lo que algunas funcionalidades desaparecen en este cambio. Windows phone no es compatible con Windows Mobile. Actualmente existen dos versiones Windows Phone 7 y Windows Phone 8. Se esta trabajando en una nueva versión, Windows Phone 9 que, dada la velocidad de vertigo de la tecnología actual, no será extraño que se presente próximamente.

La primera versión de Windows Phone, Windows Phone 7, fue presentada en 2010. Posteriormente se sacaron al mercado dos actualizaciones Windows Phone 7.5 (Mango) y Windows Phone 7.5 (Refresh) en 2011 y 2012 respectivamente. La primera incluye la novedad de Internet explorer 9 y soporte para GPS cuando se trabaje con apps de localización geográfica. La segunda actualización estaba orientada a minimizar los requisitos del sistema para adaptarlos a terminales de menor coste.

La última versión comercializada es Windows Phone 8 Y fue lanzada al mercado en octubre de 2012. Esta versión es compatible con las aplicaciones desarrolladas en Windows Phone 7, pero los dispositivos que tenían Windows phone 7 no podrán actualizarse debido a un cambio en el Kernel. Dicho cambio requiere que los dispositivos posean el sistema de chips Qualcomm, y por ello para los antiguos dispositivos no será posible su actualización o ejecución.

Características principales de Windows Phone 8:

- Multitarea para terceros
- Nucleo Windows NT soporte para varios núcleos
- Tarjeta de memoria externa intercambiable
- Transferencia de ficheros por Bluetooth
- Captura de pantalla
- Aplicaciones en código nativo

En Diciembre de 2012, salió una actualización de Windows Phone 8, llamada Pórtico, la cual incorpora mejoras en la mensajería, conexión Bluetooth más eficiente, y un *always-on* de configuraciones wifi entre otras actualizaciones adicionales.

2.7. Otros sistemas operativos

En el mercado de los sistemas operativos para móviles, existen otros sistemas operativos móviles como Ubuntu Mobile o FireFox OS. Ambos están en un estado de inicio. Ubuntu OS ha sido presentado en Enero de 2013 y, a priori parece que no ha tenido mucho éxito. Por otro lado, la salida de FireFox OS este año 2013. En este grupo también podemos meter a Symbian un referente hace unos años en telefonía móvil, pero ha anunciado su retirada en 2016 al no poder con los s.o. de nueva generación como Android, iOS y Windows Phone.



(a) Firefox OS



(b) Ubuntu OS

Figura 2.2: Otros dispositivos móviles

2.8. Comparativa de sistemas operativos

Una vez descrito el panorama del mercado de los sistemas operativos para móviles, lo adecuado es compararlos y ver cuál es más adecuado para el desarrollo del proyecto. Como ya se ha mencionado, el ritmo de desarrollo de la tecnología actualmente es brutal. Cualquiera que se aventure a hacer una predicción en 3 años seguramente se equivoque. Por ello lo más sensato es estudiar el panorama y hacer una predicción a corto plazo (1 o 2 años). Analizando la cuota de mercado actual se obtiene el siguiente gráfico según el IDC.

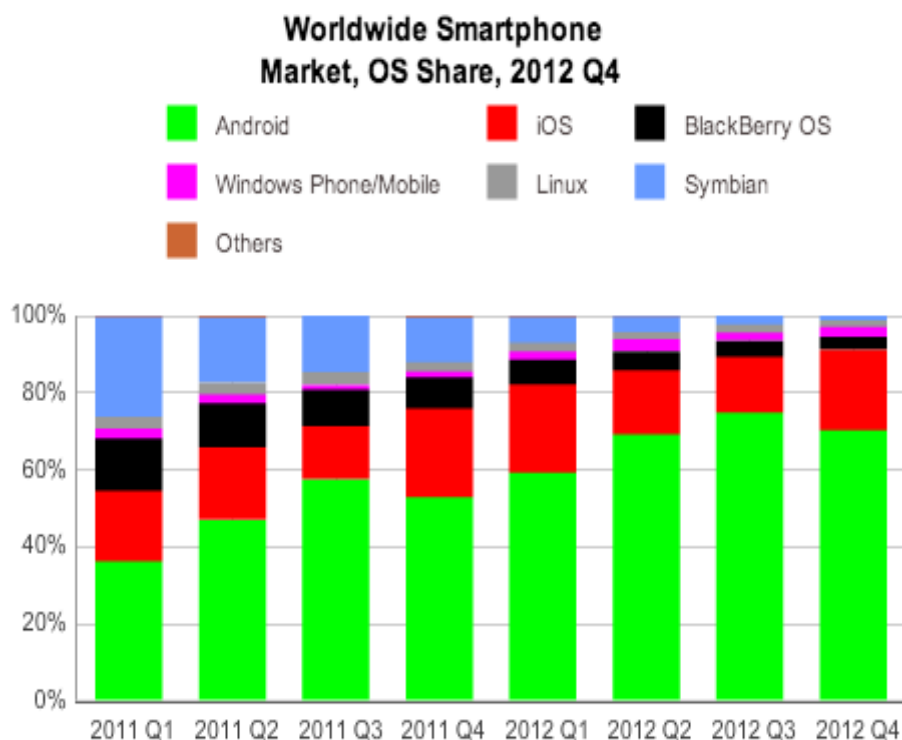


Figura 2.3: Situación actual del mercado

Además de esta fuente (xakatamovil.com [30]) se han consultado otras abc [28] y <http://andro4all.com> [29]. En todas ellas Android e iOS se desmarcan del resto de S.O. y, más concretamente es Android quien posee más del 50% de cuota de mercado, por ello y a pesar que iOS tiene más margen de beneficio que Android se ha elegido realizar el proyecto en el sistema operativo Android, que además es más flexible y llega a un mayor número de dispositivos. Symbian se ha descartado por no tener soporte más allá de 2013 y Windows Phone por no tener suficiente cuota de mercado.

2.9. Investigaciones realizadas hasta el momento

Desde la popularización del sistema GPS, [1] se han realizado importantes esfuerzos para adaptarlo a las personas invidentes. Las primeras iniciativas se implementaron utilizando hardware personalizado [2]-[6]. A pesar de ello, en los últimos años se han desarrollado multitud de aplicaciones usando teléfonos móviles standard. En [7] vemos el desarrollo de una aplicación para Nokia N73 para guiar pasajeros en la ciudad de Méjico. El trabajo [8] desarrolla un programa para Nokia 6620 utilizando el S.O. Symbian 7.0. En [9] se utilizan teléfonos con Windows Mobile y Motorola.

En concreto, en este proyecto se desarrolla e investigan formas de ayuda en forma de app móviles en Android inicialmente en el smartphone Galaxy Note II y también se desarrolla una aplicación en el sistema operativo iOS. Se ha buscado información más directamente relacionada y se han encontrado publicaciones más recientes sobre el tema. [10],[11] y [12] son soluciones a otros problemas en Android, pero las funcionalidades de dichas aplicaciones no son las mismas ni poseen una interfaz especialmente diseñada para invidentes.

Capítulo 3

Diseño del sistema

3.1. Introducción

En este capítulo se describen las directrices que seguirá el proyecto en general, así como un esquema general donde orientarse a la hora de desarrollar las aplicaciones además de analizar y dar una solución al problema propuesto.

En primer lugar se hará un estudio sobre las personas con discapacidad visual, que és que tipos hay, que necesidades tienen..etc

A continuación se hará una lista de requerimientos de la aplicación debe cumplir. Se describirán todas las necesidades que se desean satisfacer.

Por último se enumerarán las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto, así como la forma de abordarlo y los puntos a seguir.

3.2. Discapacidad visual

3.2.1. Definiciones

En este apartado se hará un análisis sobre el problema planteado. Para se definirán inicialmente algunos términos

- **Discapacidad visual.** Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) se considera discapacidad visual a “cualquier restricción o carencia de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas”.

La pérdida de visión, atendiendo a su gravedad puede clasificarse según la OMS en uno de los siguientes niveles:

- **Visión normal** Aquellas personas que realizan tareas visuales sin dificultad.
- **Discapacidad visual moderada** Son aquellas personas que tienen posibilidad de realizar tareas visuales con empleo de ayudas e iluminación adecuada de la misma manera que la realizan personas con visión normal.
- **Discapacidad visual grave** Son aquellas personas que tienen posibilidad de realizar tareas visuales con dificultades de manera inexacta requiriendo una adecuación del tiempo y las ayudas.
- **Ceguera** Aquellos casos en los que existe una dificultad para realizar tareas visuales gruesas y por tanto imposibilidad de hacer aquellas tareas que requieran una visión en detalle. Existen tres tipos:
 - *Personas con baja visión* Estos discapacitados pueden llegar a ver algo de muy cerca, a unos pocos centímetros.
 - *Ciegos parciales* Son personas pueden percibir algo de luz y contornos y ciertos matices de color. Pero no llegan a distinguir formas ni figuras.
 - *Ciegos totales* Son las personas que no pueden ver ni una sola imagen ni rastro de luz.

- **Agudeza visual.** Se define como la capacidad para percibir la figura o forma de los objetos, así como sus detalles. Para medirla agudeza visual utilizamos Optotipos. Tener un optotipo es tener una visión normal, un 100 % de visión. De la misma forma, cuando se da una fracción de 1/10 se refiere a que esa persona ve a un metro lo que una persona con agudeza visual normal ve a 10 metros. Los optotipos permiten calibrar de 0 a 1, siendo 0 la ceguera total o amaurosis. Según los optotipos que se tengan, se puede clasificar a la persona en tres grupos:
 - *Vision normal* En el rango de 1-0.8 optotipos.
 - *Perdida de vision moderada* En el rango de 0.8-0.3 optotipos.
 - *Perdida de vision importante* En el rango de 0.3-0.1 optotipos.
 - *Ceguera legal* Menos de 0.1 optotipos. Existen dos clases:
 - *Deterioro visual profundo* De 0.1 a 0.02
 - *Deterioro visual casi total* Menos de 0.02
 - *Campo Visual* El área del espacio que percibe el ojo se denomina Campo Visual. Éste sería la capacidad para percibir los objetos situados a partir de la Visión Central. La valoración del Campo Visual se hace en grados, se mide en cada ojo por separado a través de la Campimetría.

3.2.2. Principales causas de la discapacidad visual

Existen muchas causas por las que se produce la discapacidad visual. [36] A continuación se enumeran y explican algunas de las más comunes:

■ Lesión ocular

Se puede producir una lesión ocular en un juego, en el trabajo o un accidente. En cualquier caso de esta forma se puede llegar a lesionarse el /los ojos y causar una pérdida de visión parcial o total. Particularmente las lesiones de córnea son las causas más comunes de pérdida de visión en estos casos.

■ Infección ocular

Se puede producir durante el embarazo o por contagio. En el primer caso, si durante el embarazo una madre padece una enfermedad viral que se transmite al feto como el sarampión, el bebé puede llegar a nacer con ceguera o deficiencia visual. El segundo caso, se produce por un microorganismo contagioso denominado *Chlamydia trachomatis*, que también puede dañar el ojo. Esta

segunda causa de infección ocular es más frecuentemente ocasionada en países en vías de desarrollo o subdesarrollados, donde existe poca higiene.

- **Ambliopía**

Se define como pérdida de visión en un ojo debido a la falta de su uso en la primera infancia. Los ojos proyectan de manera diferente y envían mensajes distintos al cerebro. El cerebro puede detener las imágenes del ojo más débil, lo que conduce a la ambliopía en ese ojo. También se conoce como estrabismo u *ojo vago*.

- **Cataratas**

Es la opacidad de parte o todo el cristalino del ojo. Las cataratas impiden que la luz pase a través del cristalino, lo que provoca la pérdida de visión. Generalmente afecta a las personas mayores. Las cataratas son la causa principal de ceguera en el mundo (47,8 %).

- **Retinopatía diabética**

La diabetes afecta a los vasos sanguíneos en la retina. Cuando se dañan se produce una pérdida de visión. En la actualidad 1 de cada 10 personas tiene diabetes. Entre el 40 y 45 % de las personas con diabetes tienen retinopatía diabética.

- **Glaucoma**

Esta condición se produce debido a la elevación de presión en los ojos. El aumento de presión lesiona el nervio óptico, lo que impide la visión. Se produce en adultos y algunos bebés que nacen con esta anomalía.

- **Degeneración macular relacionada con la edad**

También conocida como AMD. Se produce por una pérdida progresiva de la agudeza visual por daños en la mácula (parte más sensible de la retina). El riesgo de padecer AMD aumenta en personas expuestas a la luz solar en exceso y los que fuman en exceso.

- **SIDA visual por deterioro**

Causado generalmente por infecciones virales de ojos llamado citomegalovirus o CMV retinitis. La proporción de personas con SIDA que desarrollan CMV retinitis es del 20 al 40 %.

- **Cáncer de ojos**

El retinoblastoma es el tumor ocular más común de los niños. Hay entre 300 y 400 casos diagnosticados cada año.

3.2.3. Defectos visuales más comunes

- Ceguera

Pérdida de visión 1/10 ó 3/10 y/o reducción del campo visual - 10 grados.

- Ambliopía

Persona con resto visual útil por debajo de los criterios legales de ceguera y que por lo tanto son ciegos legales, aunque no funcionales. La agudeza visual útil tiene que sobrepasar 1/3.

- Hipermetropía.

La imagen se forma detrás de la retina. Produce fatiga visual, cefaleas, náuseas y visión borrosa.

- Miopía.

La imagen se forma en el plano anterior de la retina. Produce visión próxima buena y borrosa lejana.

- Astigmatismo.

Error de refracción producido por la alteración de la cornea, del cristalino o retina. Produce picor de ojos, cefalea, lagrimeo, alteración de la visión, dolor ocular.

- Estrabismo.

Desviación ocular, pérdida de la visión binocular, imposibilidad de la fusión de imágenes de ambos ojos.

- Daltonismo.

Ceguera a determinados colores.

3.2.4. Principales ayudas existentes

Las principales ayudas para invidentes actualmente son: Braille, avances técnicos destinados a los deficientes visuales, métodos de identificación electrónicos de identificación de colores, métodos de identificación de colores por tacto, perros guía y ayuda mediante sonidos. Se describe cada uno de ellos a continuación:

- Braille

Es un sistema de lectura y escritura táctil pensado para personas ciegas. Fue inventado por Louis Braille a mediados del s. XIX, una persona que quedó ciega en su niñez cuando jugaba en el taller de su padre. El sistema originalmente se componía de combinaciones de 8 puntos para generar las letras, símbolos de puntuación y números, pero finalmente se redujo a 6.

- Avances técnicos destinados a los deficientes visuales

Conocidos también como Tiflotecnología. Algunas de estas ayudas son:

- Bastón y accesorios para la orientación y movilidad
- Máquina de Perkins, máquina de escribir en Braille.
- Sistemas de electrónicos Braille
- Impresora Braille
- Equipos de grabación
- Agenda digital
- Identificación por tacto

- Perros guía

- Ayudas auditivas (Ej. sonidos en semáforos, sintetizadores de voz,..)

- Ayudas ópticas: lupas, telescopios, microscopios y telemicroscopios, operan como auxiliares que permiten incrementar la imagen del objeto fijado.

3.3. Diseño del sistema y Justificación de la opción elegida

3.3.1. Introducción

En este apartado se describirán los requerimientos del sistema a desarrollar y sus principales funcionalidades, es decir los requisitos que se exigen para obtener un resultado satisfactorio del proyecto.

3.3.2. Justificación del proyecto

Después de analizar en el capítulo anterior la problemática propuesta, se concluye que a pesar de existir dispositivos electrónicos que detectan color, es adecuado realizar aplicaciones para los nuevos teléfonos inteligentes o smartphone.

La justificación es que ante el avance tecnológico abismal al que acontecemos, la sucesión de elementos electrónicos es muy grande y lo más lógico es que se reemplacen todos los dispositivos por un único dispositivo: un teléfono inteligente o smartphone. Mediante este dispositivo solucionaremos diversos problemas. Entre estos problemas se encuentran: el evitar tener multitud de cargadores, el olvido de la ubicación de un dispositivo, el espacio que ocupan todos los aparatos o la comodidad de tener todos los dispositivos al alcance de la mano. De esta manera se observa que las ventajas que obtenemos unificando en un único dispositivo todas las funciones son muchas más de las que a priori se podría pensar.

Como se decidió en el capítulo anterior, el desarrollo de las aplicaciones será en Android pues se estimó oportuno a partir de los datos obtenidos en el estudio de los sistemas operativos para teléfonos móviles inteligentes o Smartphones.

Por último mencionar en este subapartado que, al igual que se unifican los productos comerciales standard, también se debería pensar en unificar los productos para las personas con discapacidad, pues éstas son tan importantes como las demás.

3.4. Herramientas y directrices para realizar el proyecto

3.4.1. Herramientas y requisitos

Para la realización del proyecto son necesarias las siguientes herramientas:

- Ordenador personal o PC
- Sdk de Android
- Simulador ADT Android
- Eclipse
- Dispositivo movil Android
- Xcode
- Ordenador MAC
- Simulador iOS

Además de estas herramientas, para comenzar el proyecto será necesario y muy recomendable tener conocimientos de POO (Programacion orientada a objetos), pues para la realización del proyecto se debe desarrollar código en Android e iOS, ambos lenguajes de programación orientado a objetos.



(a) Evolucion

(b) Herramienta

Figura 3.1: Android

3.4.2. Directrices para la realización del proyecto y requisitos

3.4.2.1. Directrices para la realización del proyecto

Para la realización del proyecto se debe inicialmente familiarizarse con el entorno de trabajo y adaptarse al lenguaje de programación. Para ello, se deben conseguir las licencias necesarias para el desarrollo de aplicaciones, instalar el software adecuado, es decir el IDE y el simulador que corresponda.

Para iniciarse en el mundo de las aplicaciones móviles es muy recomendable que, tras tener los conocimientos de programación orientada a objetos consolidado, se realice una fase inicial de entrenamiento en la que se realicen apps de prueba para ver y manejar cada una de las funcionalidades que nos ofrece la plataforma en la que se desarrollarán las aplicaciones móviles.

3.4.2.2. Requisitos

Posteriormente, se diseñará un esquema en el que se satisfecerán los requerimientos impuestos, creando así una solución al problema propuesto. A partir de dicho esquema se pensarán las clases pertinentes que convendrá realizar y por último se desarrollara cada una de las clases.

En concreto para este proyecto, se satisfecerán los siguientes requisitos:

Para la aplicación GPS:

1. Se considerará que la persona está dentro del Campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid
2. Guía de una persona desde el lugar que se encuentre a las principales facultades del Campus.
3. Se podrá guardar un camino que se realizará cuando se le indique.
4. Tendrá una opción de recorrer el camino realizado y guardado previamente en la aplicación.
5. La aplicación se diseñará con una interfaz adecuada para el uso por parte de personas con discapacidad visual.

Para las aplicaciones de detección de colores:

1. Se realizará una aplicación capaz de discriminar entre colores, de una foto tomada con el móvil o obtenida de la galaría del teléfono.
2. La aplicación se diseñará con una interfaz adecuada para el uso por parte de personas con discapacidad visual.
3. Se hará además un prototipo de realización de la aplicación en iOS.

Capítulo 4

Desarrollo del sistema

4.1. Sistema de guiado GPS para invidentes desarrollado en Android

4.1.1. Descripción de la aplicación

En este apartado se describe cómo está implementada la aplicación Android de ayuda a la orientación de invidentes en el campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid. A continuación se describen las principales funciones de la aplicación desde el punto de vista del usuario.

- Se ha intentado que sea lo más intuitiva posible. A pesar de ello, se han descrito las instrucciones a seguir en la propia aplicación
- La aplicación se divide en cuatro bloques: Ir a un lugar determinado, guardar un camino, localizar al individuo y dibujar un camino guardado
 - **Ir a un lugar** En esta opción se puede elegir entre ir a un lugar guardado previamente en la aplicación, o recorrer un camino personal guardado.

En el caso de elegirse un camino previamente guardado, se dará un breve resumen inicial de la ruta a seguir y posteriormente, en cada zona de cambio de dirección del invidente se le informará que ha llegado a dicho punto intermedio mediante el vibrado de 1,5 segundos del terminal móvil. Así el usuario sabrá que ha llegado a un punto intermedio y que sigue el camino satisfactoriamente.

En el caso de que el usuario elija la opción de recorrer el camino personal guardado, se hará el mismo proceso, en este caso con los puntos

guardados por el usuario.

- **Guardar camino** El usuario puede elegir entre dos modalidades de guardar camino: manual y automático.

Guardado manual : Mediante esta elección el usuario podrá guardar manualmente una serie de puntos que considere claves del camino para posteriormente recorrerlos mediante la primera opción o dibujar el camino mediante la cuarta para que un posible ayudante pueda ver el camino a seguir.

Guardado automático : Mediante esta elección el usuario, además de poder guardar los puntos que considere importantes, se guardará automáticamente un punto cada 30 segundos.

- **Localizacion del usuario** Mediante esta opción el usuario podrá averiguar que punto de los registrados es el más cercano a el y su distancia hasta éste en línea recta.
 - **Dibujar camino** Mediante este recurso el usuario podrá dibujar el camino personal recorrido y guardado en la opción dos.
- Con todas las funciones explicadas previamente se puede interactuar mediante una interfaz de botones, lo suficientemente grandes para que el invidente pueda hacer uso de ellos o se puede interactuar mediante dibujo de numeros en la pantalla, lo que facilita la accesibilidad al invidente o discapacitado visual.

4.1.2. Desarrollo de la aplicación

En este apartado se describe cómo se ha desarrollado la aplicación Android de ayuda a la orientación de invidentes en el campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid.

- Se ha iniciado por realizar una primera aplicación "Hello world", para tomar un primer contacto con el desarrollo de aplicaciones y con el lenguaje orientado a objetos. Posteriormente se ha estudiado el ciclo de vida de una aplicación Android que a continuación se explicará en detalle.
- Posteriormente se han realizado los menús. Éstos han sido diseñados teniendo en cuenta que el usuario puede no tener ceguera total, pues se han realizado de gran tamaño y contraste para que sea más fácil su navegación por ellos.
- Lo siguiente a realizar, ha sido el manejar la posición del usuario a partir de la localización que se obtiene del GPS. Esto se ha utilizado en las tres primeras funcionalidades de la aplicación.
 - Se ha desarrollado la función de localización en el campus. Mediante el uso de GPS y de las clases `locationManager`, `MyLocationListener`, `locationChange` y sus respectivos métodos, se localiza donde se encuentra el individuo y se le informa de el lugar más cercano registrado en el GPS.
 - Se han recogido datos de un gran número de puntos del campus para localizar la posición del móvil lo suficientemente preciso.
- Para guardar un camino, se ha utilizado una pequeña base de datos en la que se introducen las coordenadas de latitud y longitud que se van almacenando para después volver a recorrer el camino guardado.
- Se ha implementado el algoritmo de Dijkstra para obtener el camino más corto entre dos puntos de un grafo. En el siguiente subapartado se describe dicha implementación. Posteriormente se dedica un espacio a como funciona dicho algoritmo.
- Se ha implementado una clase grafo en la que se crea un grafo para representar abstractamente el mapa de la UAM y a partir de él ver desde qué punto se puede ir a otro. En definitiva, que puntos están interconectados. Esta clase, se describe a continuación.
 - La clase grafo utiliza otra clase llamada `Nodo` que representa un punto del mapa y sus características a la vez que sirve para ver qué caminos se pueden llegar a él, para un posterior cálculo del camino más corto.

- Tiene un constructor que a partir del parametro "n" que recibe como argumento crea un grafo de "n" nodos.
- A partir del método agregarRuta se realizan las conexiones entre dos nodos del grafo que recibe como argumento
- Mediante otro método de la clase grafo, podemos obtener la posición que ocupa un Nodo dentro del grafo.
- Por último, se deben mencionar los métodos encontrarRutaMinimaDijkstra y estaTerminado, con cuyos dos métodos se obtiene el camino más corto entre dos nodos: uno de inicio y otro de fin, a través del Algoritmo de Dijkstra.
 - El método encontrarRutaMinimaDijkstra esta sobrecargado ya que puede llamarse con dos argumentos
 - Uno de inicio y otro de fin, en cuyo caso obtendremos el camino más corto entre ellos.
 - Con un sólo argumento en tal caso encuentra la ruta más corta entre ese nodo y el resto.
 - El método estaTerminado servirá para saber si un nodo está en la lista de terminados.
- Se han utilizado los correspondientes recursos para dar la funcionalidad de dibujar el camino guardado sobre el mapa.
- Para dar más accesibilidad a la aplicación se ha implementado una interfaz en la que, mediante dibujos el invidente pueda seleccionar la funcionalidad de la aplicación deseada.

4.1.2.1. Algoritmo de Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra consigue obtener la ruta más corta que une dos nodos de un grafo. Teniendo un grafo dirigido ponderado de N nodos no aislados, sea x el nodo inicial, un vector D de tamaño N guardará al final del algoritmo las distancias desde x al resto de los nodos.

1. Inicializar todas las distancias en D con un valor infinito relativo ya que son desconocidas al principio, exceptuando la de x que se debe colocar en 0 debido a que la distancia de x a x sería 0.
2. Sea $a = x$ (Se toma a como nodo actual).
3. Se recorren todos los nodos adyacentes de a , excepto los nodos marcados, se llama a estos nodos no marcados v_i .
4. Si la distancia desde x hasta v_i guardada en D es mayor que la distancia desde x hasta a , sumada a la distancia desde a hasta v_i ; esta se sustituye con la segunda nombrada, esto es:
- 5.

$$\text{si}(D_i > D_a + d(a, v_i)) \text{ entonces } D_i = D_a + d(a, v_i) \quad (4.1)$$

6. Se marca como completo el nodo a .
7. Se toma como próximo nodo actual el de menor valor en D (puede hacerse almacenando los valores en una cola de prioridad) y volvemos al paso 3 mientras existan nodos no marcados.

Una vez terminado al algoritmo, D estará completamente lleno.

4.1.2.2. Base de datos utilizada

Para el almacenamiento de las coordenadas de los puntos, se ha utilizado una pequeña base de datos sqlite. Dicha base de datos tiene metodos para crearla, actualizarla, borrarla insertar un registro, leer el último camino guardado o leer un determinado camino cuyo id se pase por parámetro. La base de datos contiene una única tabla en la que se almacenan las coordenadas clave de latitud y longitud obtenidas y guardadas por el usuario.

4.1.2.3. Obtención de datos

En el desarrollo de la aplicación se han obtenido numerosos puntos (coordenadas de longitud y latitud) que se han utilizado para detectar la posición y calcular el camino a seguir entre un punto y otro[18]. Dichos datos se han guardado en dos archivos: grafo.txt y coordenadas.txt. Además en dichos archivos existe un campo de tipo String. En el archivo grafo.txt, en dicho string se ha introducido un valor de null el cual se ha pensado que sería adecuado rellenar con información propia de cada punto, para dar más ayuda en la orientación del usuario. En el archivo coordenadas.txt se ha rellenado el string con el nombre del lugar al que corresponden las coordenadas de latitud y longitud.

4.1.2.4. Reconocedor de voz

La aplicación tendrá también un acceso mediante comandos por voz. En ella se indicarán las palabras posibles a reconocer y la aplicación realizará cada una de las funciones anteriormente descritas mediante una nueva interfaz que facilitará el uso de la aplicación.

Los comandos son totalmente intuitivos y, en algunos casos, existirá la posibilidad de que, mediante dos comandos distintos se acceda a la misma función. Un ejemplo de lo anteriormente descrito serían, por ejemplo, las palabras guardar y guarda. Mediante ambas se accederá a la función de guardar camino.

4.1.2.5. Implementación de un segundo idioma, el inglés

Android tiene la posibilidad de desarrollar la aplicación en distintos idiomas. Dado que la aplicación se ha desarrollado de forma robusta, se ha implementado la posibilidad de cambio de idioma al inglés. Toda la información que se daba en español se ha traducido al inglés para que un posible usuario de cualquier parte del mundo pueda utilizarla. Se ha elegido el inglés por ser el idioma más extendido en el mundo y por ser el idioma internacional.

Como idioma por defecto de la aplicación se ha mantenido el Español, por ser el idioma oficial del país de la Universidad Autónoma de Madrid, además de ser el tercer idioma más hablado y el segundo idioma más extendido del mundo.

4.1.2.6. Implementación sobre orientación y interfaz sonora

Se ha implementado en la activity "Irdelugaraotro" y "RecorrerRutaguardada" un botón mediante el cual se puede averiguar si la orientación, sentido y dirección son los adecuados. Después de presionar el botón se obtiene información sobre si la orientación es correcta o no además de información extra sobre el trayecto. Se ha desarrollado además de la información escrita por pantalla, una interfaz sonora que nos indica si el sentido es adecuado y cual es el siguiente punto.

4.1.2.7. Últimos detalles e interfaz final de la aplicación

Se ha realizado finalmente una revisión de toda la aplicación en general y se han retocado detalles que mejoran la satisfacción del usuario en el uso de la aplicación. Seguidamente, se enumeran y explican dichos retoques realizados:

- Pantalla completa.

Se ha utilizado la pantalla y se han ocultado títulos de la aplicación y barras de menú de Android. Dado que el invidente necesita el máximo tamaño de pantalla posible, se ha utilizado la totalidad de la pantalla.

- Fuente de letra grande-muy grande.

Pensando en un posible usuario que no padezca ceguera total, Se han utilizado fuentes de letra grande para ayudar a dicho colectivo a utilizar la aplicación

- Contraste de colores.

Al igual que en el apartado anterior, para favorecer el uso de la aplicación por parte de los usuarios que no padezcan ceguera total, se ha implementado una interfaz de botones de distintos colores para que los usuarios puedan discriminar correctamente los distintos botones con el menor esfuerzo posible. En cuanto a los colores, también se debe mencionar el uso de la interfaz de gestures de fondo negro sobre una fuente de letra blanca y dibujos en amarillo, lo suficientemente contrastado para que no suponga una dificultad discriminar entre los distintos elementos de la interfaz.

- Comprobación de la compatibilidad con Talkback.

Talkback es una herramienta de accesibilidad implementada por Android, con la cual se permite que una persona invidente pueda utilizar el dispositivo móvil con relativa facilidad. Esta herramienta consiste en informar mediante un sintetizador de voz todo lo que acontece en la pantalla del teléfono. En el

apéndice del manual de la aplicación se habla sobre ello. Se ha comprobado la compatibilidad con dicha herramienta mientras se de un uso correcto de la misma.

4.2. Aplicación de ayuda para el reconocimiento de colores Android

Se ha realizado una segunda aplicación Android que consiste en detectar el color de una imagen dada. Esta aplicación da la posibilidad de escoger una foto guardada o realizar una fotografía que se analizará y posteriormente se dará un veredicto que determinará el color detectado en la imagen.

Para la realización de esta aplicación se han estudiado cómo realizar una interfaz adecuada al usuario, en este caso un discapacitado visual. Por ello se ha realizado una aplicación que hace uso de botones grandes y cada uno de ellos de un color diferente para que un posible usuario que no tenga ceguera total pueda distinguir los botones mejor. Esta interfaz se ha complementado con el uso del sintetizador de voz de Android lo que hace aún más accesible la aplicación.

Esta aplicación muestra inicialmente cuatro botones: uno con el que se accede a la cámara, otro con el que se accede al album de fotos, otro con el que se detecta el color de la foto y otro con el que se accede al reconocedor de voz. Dichos botones son grandes y, cada uno de ellos es de un color distinto (Rojo, azul, amarillo y gris) para que la aplicación sea más accesible. El funcionamiento de cada uno de los botones se describe a continuación:

- Botón de cámara. Mediante este boton se accede a la captura de las imágenes que se desean procesar y ver qué color se está capturando.
- Botón de acceso al álbum de fotos. Presionando este botón se accede a otro menú en el que se seleccionará la foto guardada que se desea obtener el color.
- Botón de de detección de color. Accionando este botón se procede a procesar y dar un veredicto sobre el color de la foto. Se informa al usuario sobre el color que se ha detectado y la intensidad de cada color (RGB) detectado.
- Botón de acceso al reconocedor de voz. En esta funcionalidad se interactua con la aplicación con la voz. La aplicacón responde a las palabras: cámara, seleccionar, y detectar realizando las acciones similares a las que se harían presionando cada uno de los botones.

Limitaciones de la aplicación.

- La aplicación no funcionara en el caso de que el telefono o dispositivo móvil android no disponga de cámara.
- La resolución de la cámara influirá bastante en la detección del color.
- En condiciones de baja luminosidad, la aplicación no funcionará correctamente.
- En el caso de que se tome la foto en movimiento y la calidad de la cámara no sea suficiente, esto influirá drásticamente en los resultados que se obtengan.
- Si en la foto aparecen diversos colores, el veredicto de la aplicación será la media de las luminosidades asociadas a cada uno de los colores primarios: rojo verde y azul.

La aplicación consta de una única actividad en la que se realizan todas las funciones requeridas.

Capítulo 5

Integración, pruebas y resultados

5.1. Sistema de guiado GPS para invidentes desarrollado en Android

5.1.1. Pruebas iniciales

Para comprobar el buen funcionamiento de la aplicación, se han realizado numerosas pruebas. Desde el inicio del desarrollo de la aplicación, ha sido necesario comprobar en el dispositivo móvil que lo que se iba desarrollando en la aplicación funcionaba correctamente. Como desde el inicio no se tuvo el suficiente material para desarrollar el proyecto, se tuvo que trabajar con el emulador. A continuación se muestran las funcionalidades emuladas como la interacción en menús o el paso de información de una activity a otra. Para ello se ha tenido que crear un emulador (Android Virtual Device manager) con capacidad para emular la tecnología utilizada, la API de google v1. La versión de Android utilizada para dicho emulador ha sido la 4.2. A continuación se muestran algunas capturas de pantalla de dicho emulador:

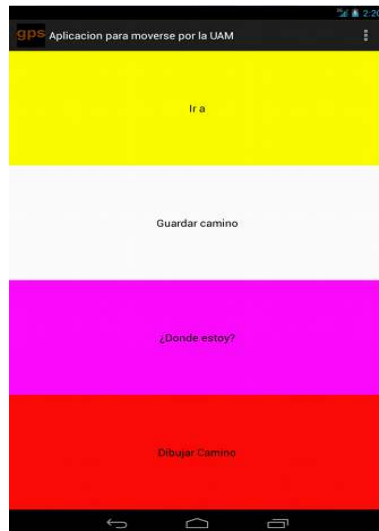


Figura 5.1: Imagen menú principal en el emulador Android

En dicho emulador también se puede probar la interfaz de dibujos implementada como se puede comprobar en la siguiente captura. Para utilizar dicha interfaz, se deben realizar una serie de entrenamientos para que funcione correctamente. Como en todo sistema, cuanto más entrenamiento del sistema se realice, mejores resultados se obtendrán y menores fallos ocurrirán.

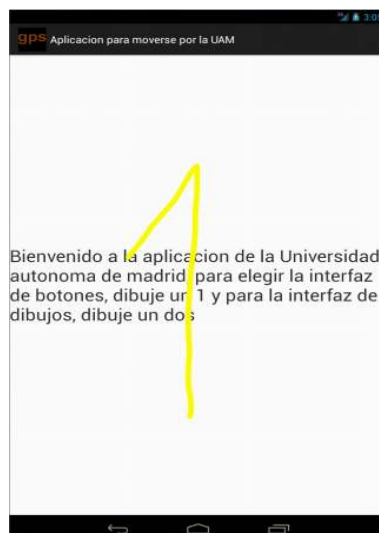


Figura 5.2: Prueba en emulador de Android gestures

Para emular el posicionamiento del móvil en un lugar concreto del campus, ha sido necesario emular dichas condiciones. Esto se ha conseguido mediante una conexión telnet al emulador, en este caso el 5554, en las imágenes siguientes, se muestran

unas capturas de pantalla correspondientes a los comandos que se utilizaron para realizar dicha conexión:

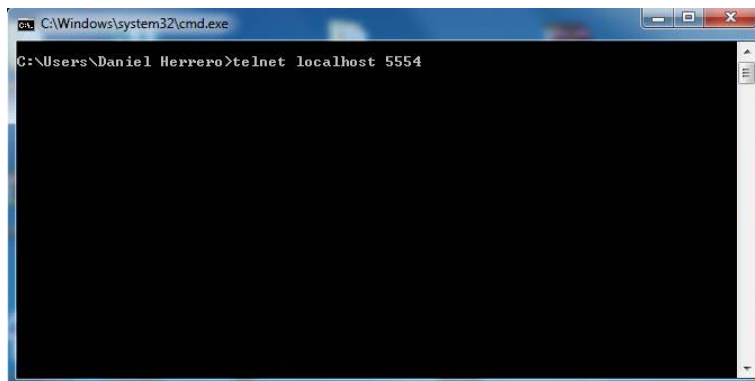
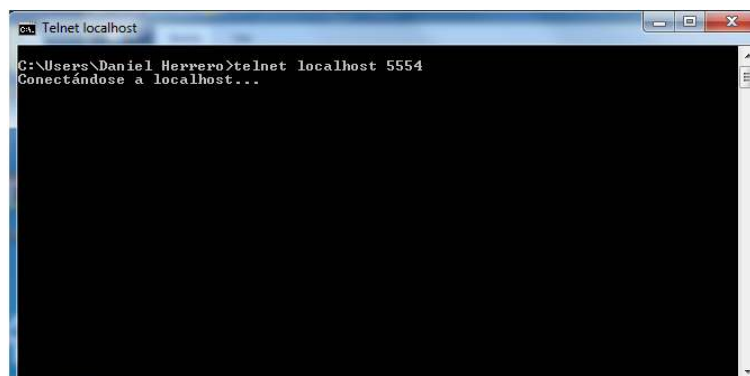
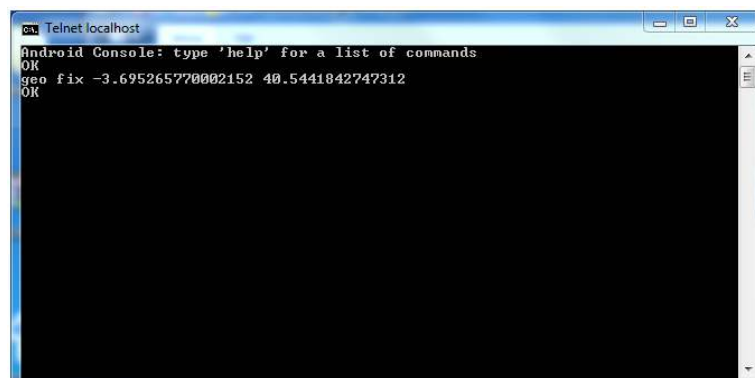


Figura 5.3: Emulación condiciones GPS mediante telnet 1



(a) conexión a telnet (2)



(b) conexión a telnet (3)

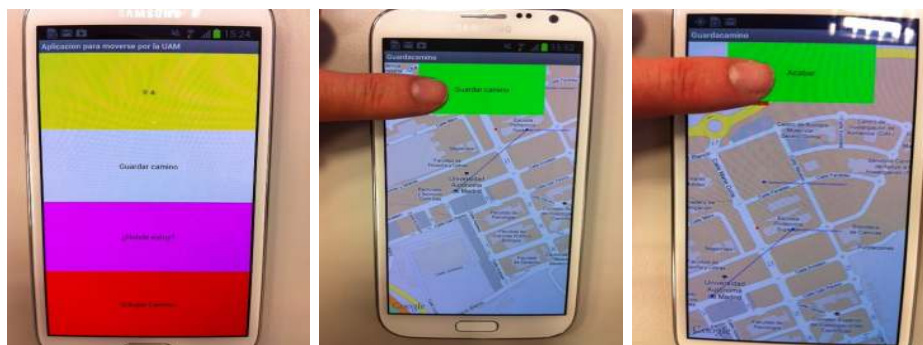
Figura 5.4: Emulación condiciones GPS mediante telnet 2 y 3

Dicha conexión, da como resultado que el emulador de GPS se sitúe en la posición que se ha mandado mediante geofix, en este caso se ha enviado las coordenadas correspondientes al Edificio del rectorado de la UAM, lo que da el siguiente resultado en el emulador:



Figura 5.5: Resultado de enviar las coordenadas del rectorado en el emulador

Después se prosiguió el desarrollando la aplicación hasta lograrse el guardado de un camino realizado por el usuario. Seguidamente, se pueden observar las imágenes de los primeros resultados con la versión 1 de google maps:



(a) Menu principal

(b) Guardar camino

(c) Acabar camino

Figura 5.6: Pruebas realizadas con la v1 de google maps(1)

Las pruebas con la versión 1 de la API de Google maps, ha sido algo que en el desarrollo del proyecto se ha tenido que adaptar a la segunda versión de la API de Google maps, pues esta se actualizó justo cuando se había terminado dicha parte de la aplicación. A continuación se muestran la función de la localización del usuario y la función de dibujar camino:

Tras haber trabajado con la API de google maps version 1, y haber realizado todo el trabajo mencionado anteriormente, se tuvo que reestructurar todo el trabajo realizado y adaptar el proyecto a la version de la API de google maps 2, pues la 1 quedaba obsoleta, la imagen que se puede encontrar en la web, y que se muestra a continuación lo refleja:

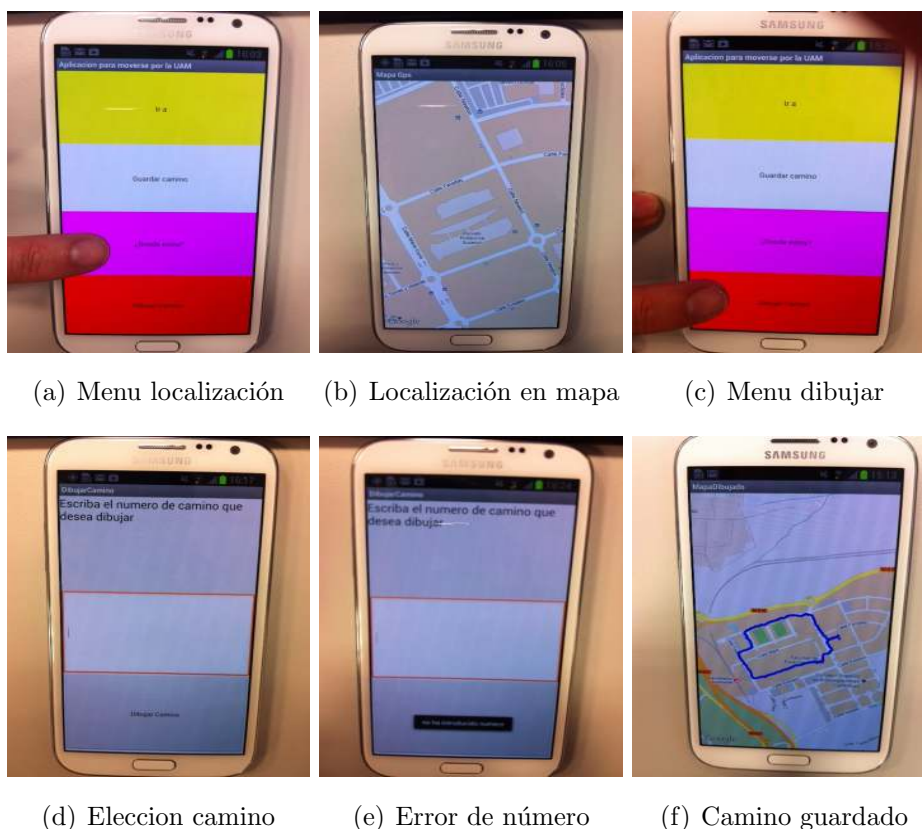


Figura 5.7: Pruebas realizadas con la v1 de google maps (2)

Obtaining a Google Maps Android v1 API Key

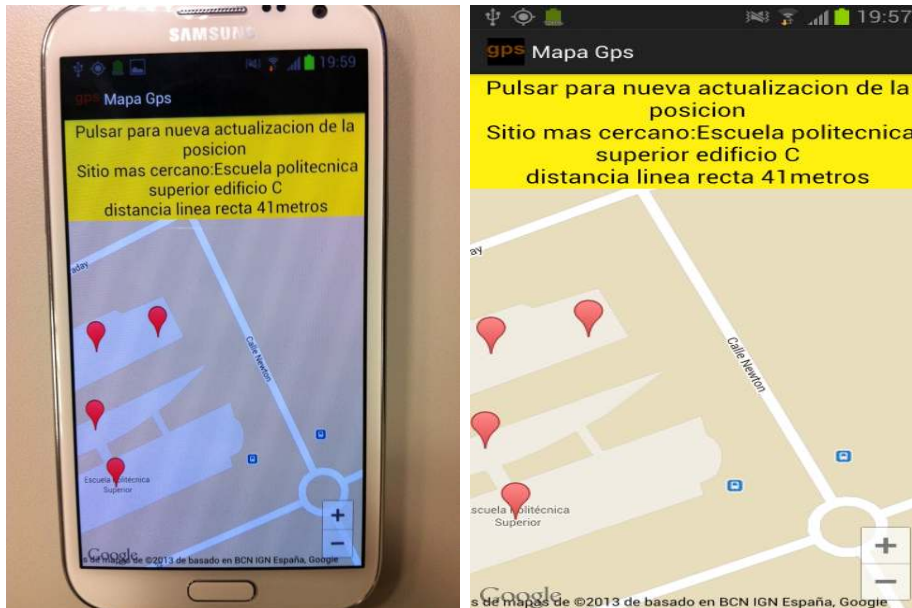
Note: Version 1 of the Google Maps Android API has been officially deprecated as of December 3rd, 2012. This means that from March 3rd, 2013 you will no longer be able to request an API key for this version. No new features will be added to Google Maps Android API v1. However, apps using v1 will continue to work on devices. Existing and new developers are encouraged to use [Google Maps Android API v2](#).

Figura 5.8: Advertencia Google

Una vez que se adaptó todo el proyecto a la nueva API de google maps, se continuó con el desarrollo de la aplicación. Puesto que ya se disponía de terminal y las pruebas de la versión 2 de la API de google maps no ofrecía la posibilidad de realizar pruebas en el emulador, a partir de este punto únicamente se hicieron pruebas en el dispositivo móvil. Seguidamente se realizó el muestreo de un número considerable de puntos repartidos en todo el Campus de Cantoblanco de la UAM. En el apéndice I se muestran dichos puntos.

5.1.2. Pruebas de localización

La aplicación es capaz de detectar el punto de los mencionados anteriormente que se encuentra más cerca de la posición en la que el usuario se encuentra. En la opción de saber donde se encuentra el usuario, se da la información del punto que se encuentra más cerca de la posición actual y da una distancia aproximada en metros. Seguidamente se muestra una imagen de una prueba de dicha función:



(a) Vision dispositivo

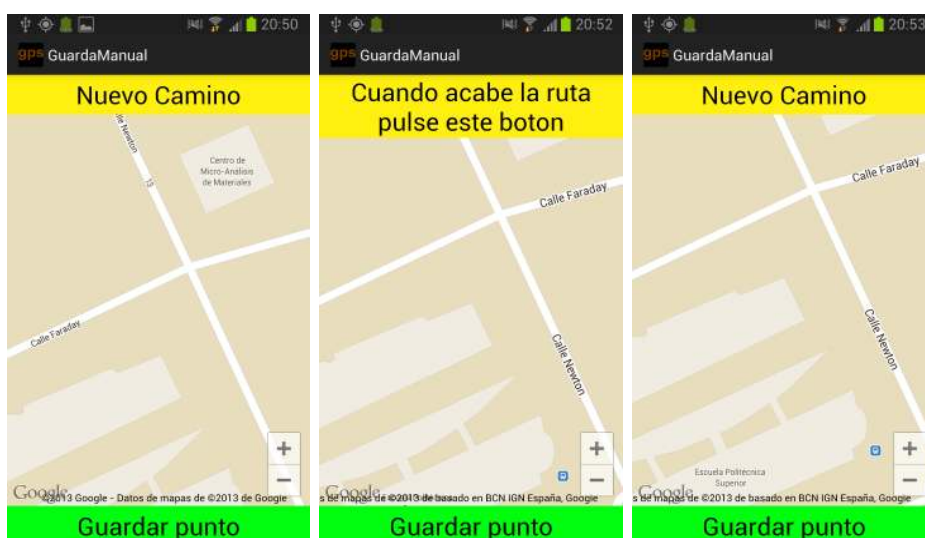
(b) Captura de pantalla

Figura 5.9: Prueba gps en dispositivo movil

5.1.3. Pruebas de guardado de camino

Posteriormente, se realizó la función de guardado manual de un camino. Dicha funcionalidad tiene un botón con el que se marca el inicio y el fin del camino, y otro botón con el que se marcan los puntos que se consideran importantes. Para comprobar que dicho sistema funcionaba, se realizó una opción que se ha añadido a la aplicación que consiste en dibujar el camino guardado. Dicho camino se realiza mediante la unión de todos los puntos (coordenadas de latitud y longitud) guardados en dicho camino. Se han realizado varias capturas de pantalla del dispositivo móvil que reflejan el trabajo realizado:

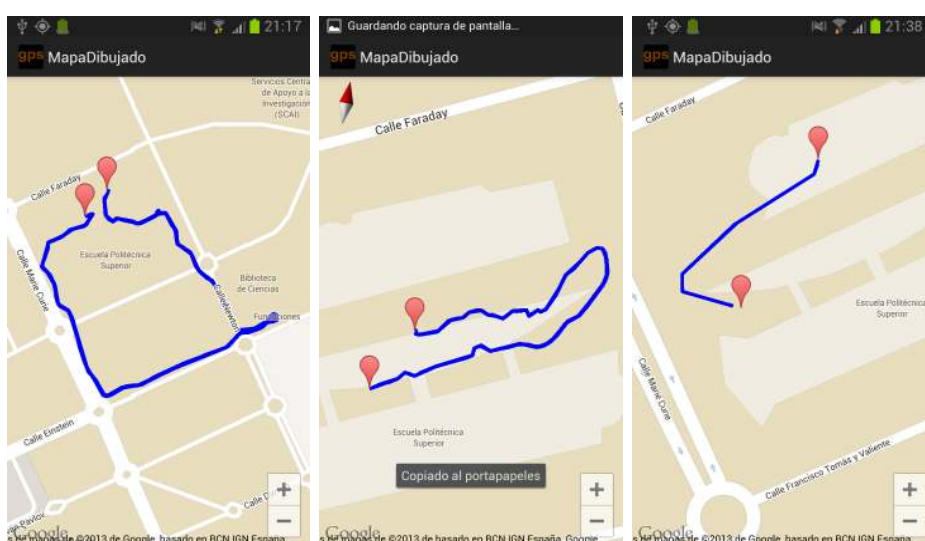
Para comprobar que un camino se ha guardado correctamente se utilizó la funcionalidad de dibujar el camino guardado. En esta funcionalidad se representa la unión de todos los puntos guardados mediante una línea de color azul. En la funcionalidad de guardar camino, como se mencionó anteriormente, existen dos opciones:



(a) Pantalla 1 guardar ca- (b) Pantalla 2 guardar ca- (c) Pantalla 3 guardar ca-
mino mino mino

Figura 5.10: Prueba guardar camino en dispositivo movil

realizar un guardado manual: sólo los puntos que se consideran más importantes (se recomienda que incluyan y que sean en su gran mayoría cambios de dirección) o que periodicamente se guarden puntos cada x tiempo. Inicialmente se puso un tiempo muy corto, lo que generó un gran numero de puntos a almacenar. Ésto originó que a la hora de dibujar el camino, se percibiera un retardo considerable a la hora de dibujar el camino. Es por ello por lo que se decidió dar una periodicidad de 5 segundos a dicho guardado automático. A continuación se muestran ejemplos de los resultados de ambas opciones:

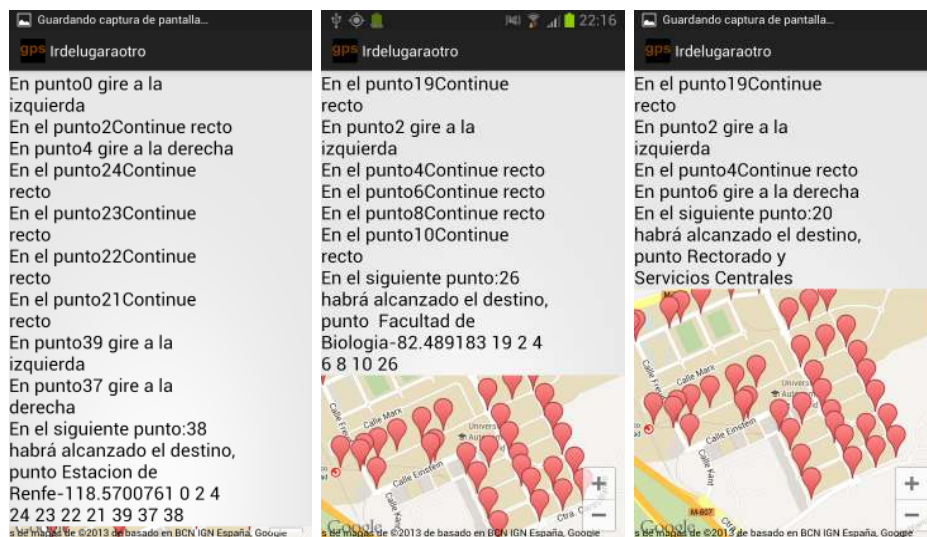


(a) Camino guardado con- (b) Guardado de puntos (c) Guardado manual
tinuo cada 5 seg

Figura 5.11: Caminos guardados

5.1.4. Pruebas de ir de un lugar a otro

Para ir de un lugar a otro se dan dos opciones: Ir a un lugar predeterminado en la aplicación, o volver a recorrer un camino guardado previamente en la aplicación. En el caso de que se elija la opción de ir a un lugar guardado previamente en la aplicación, en primer lugar se busca la baliza guardada más cercana al lugar en el que se está. Posteriormente se calcula el camino más corto mediante el algoritmo de Dijkstra. Una vez se saben los puntos sucesivos por los que se debe pasar se hace un cálculo de hacia qué dirección debe ir en cada momento y por último se muestra en pantalla. Cada vez que el usuario se acerca a un punto intermedio, el dispositivo móvil vibra como señal de que se está realizando bien el camino y se ha llegado a un punto intermedio o al final de la ruta. Se muestran pantallazos de ejemplos de pruebas que se han realizado para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación.

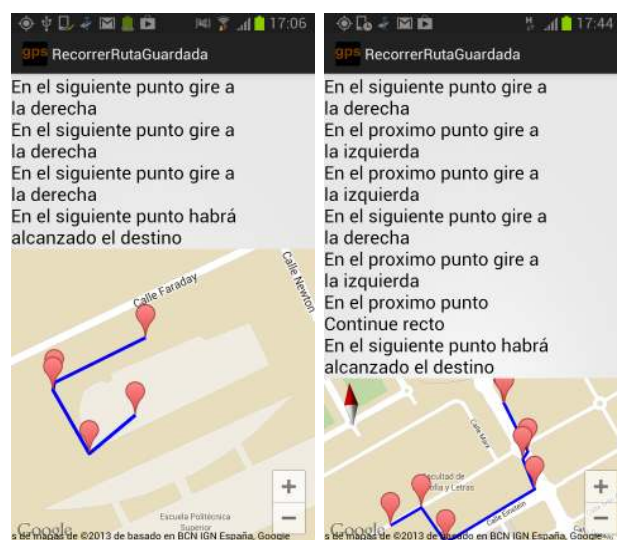


(a) Ruta hacia renfe (b) Ruta hacia biologia (c) Ruta hacia el rectorado

Figura 5.12: Rutas a distintos destinos

5.1.5. Pruebas de recorrer camino guardado

Se han realizado diversos caminos personales para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación. Como prueba se ha dibujado en el mapa y se ha ido actualizando la posición en el mapa para ver que todo funciona correctamente. Al dar a la función de volver a recorrer el camino realiado, se dibuja en el mapa dicho camino para comprobar que las indicaciones son correctas. A continuación se muestran imágenes de captura de pantalla que corroboran lo mencionado:



(a) Ruta 1

(b) Ruta 2

Figura 5.13: Rutas a distintos personales a destinos

También se realizó una prueba de recorrer camino guardado, comprobando que vibraba cada vez que se llegaba a un nuevo punto intermedio y en el destino vibraba constantemente durante 5 segundos. A continuación se muestran las capturas de pantalla de dicha prueba:



Figura 5.14: Ruta realizada

5.1.6. Pruebas del reconocedor de voz.

Se ha comprobado el funcionamiento del reconocedor de voz a través de una serie de pruebas. Estas pruebas consisten en activar el reconocedor de voz y decir una serie de comandos como "guardar", "politécnica" o "biología" entre otros. A continuación se muestran capturas de pantalla de la aplicación que muestran lo anteriormente descrito:

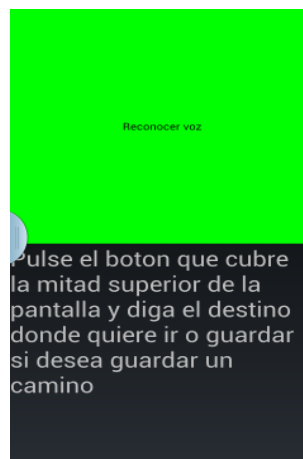


Figura 5.15: Menú reconocer voz

Inicialmente se muestra una pantalla con las indicaciones a realizar y un botón mediante el cual se activa el reconocimiento por voz. El usuario, cuando lo desee, podrá accionar el botón reconocedor de voz y decir la palabra clave que corresponda con la acción que desee realizar. En el momento que se accione el botón se podrá iniciar el reconocimiento por voz y decir la palabra deseada. Se muestra una captura

de lo que aparece en dicho momento:

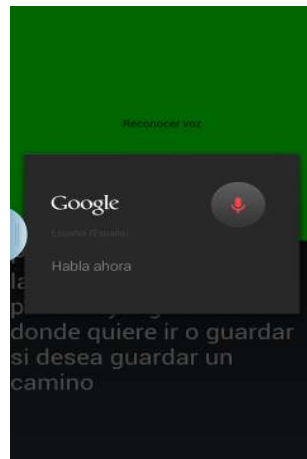
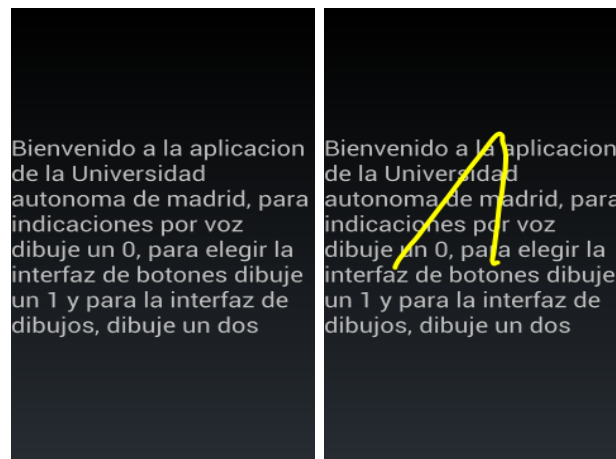


Figura 5.16: Reconocedor de voz

5.1.7. Últimas pruebas e interfaz definitiva de la aplicación.

Para el correcto funcionamiento de la aplicación y comprobación de los últimos detalles realizados, se han hecho pruebas del funcionamiento de la aplicación. Las capturas de pantalla correspondientes a estas pruebas son las siguientes:

■ Menú inicial final



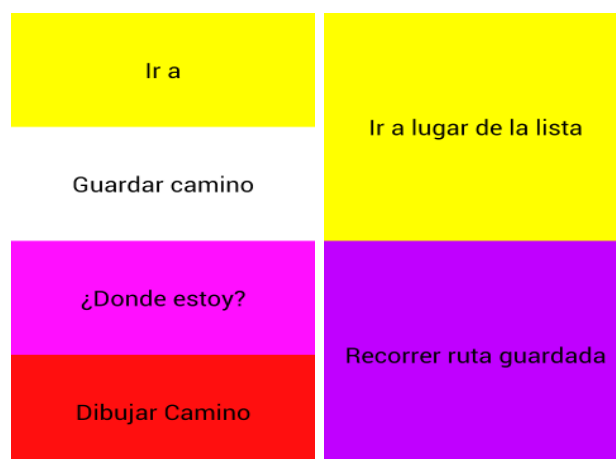
(a) Menu final

(b) Menu final dibujo

Figura 5.17: Menu inicial final

En las imágenes anteriores se observa el contraste de color negro-blanco-amarillo, mencionado en el apartado del desarrollo de la app.

■ Interfaz de botones



(a) Menu final botones

(b) Menu final botones 2

Figura 5.18: Menu botones

■ Menú destinos

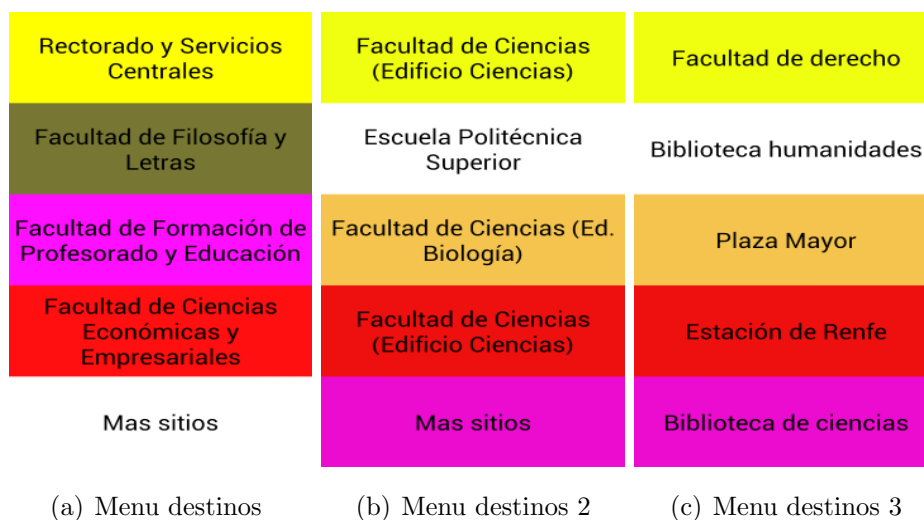


Figura 5.19: Menu destinos final

En las imágenes anteriores y las siguientes, se observa el contraste de color, la utilización de pantalla completa y el tamaño del texto de la interfaz de botones, así como los destinos disponibles.

■ Recorrer camino

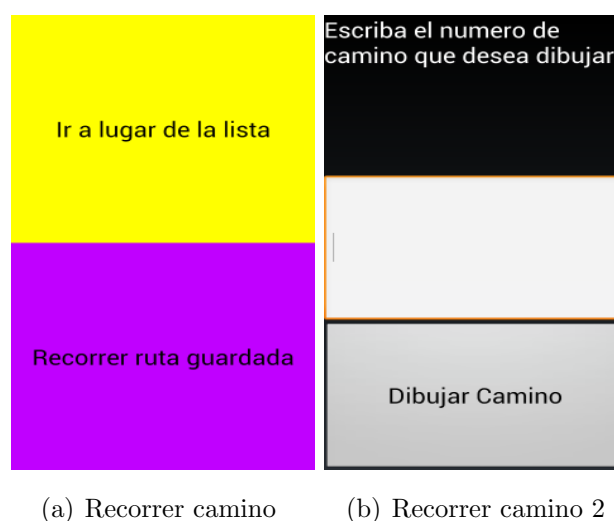


Figura 5.20: Menus recorrer camino



Figura 5.21: Recorrer camino 2

Cada vez que se desee, se podrá presionar el botón verde y se podrá comprobar si el sentido y la dirección que se toman son correctos. Se avisará mediante un mensaje por pantalla y una locución de voz.

Se va guiando todo el camino y dando información sobre el numero de puntos, distancia al siguiente punto orientación a seguir y que se debe hacer en cada punto intermedio. A continuación se muestra una captura de pantalla de ello:

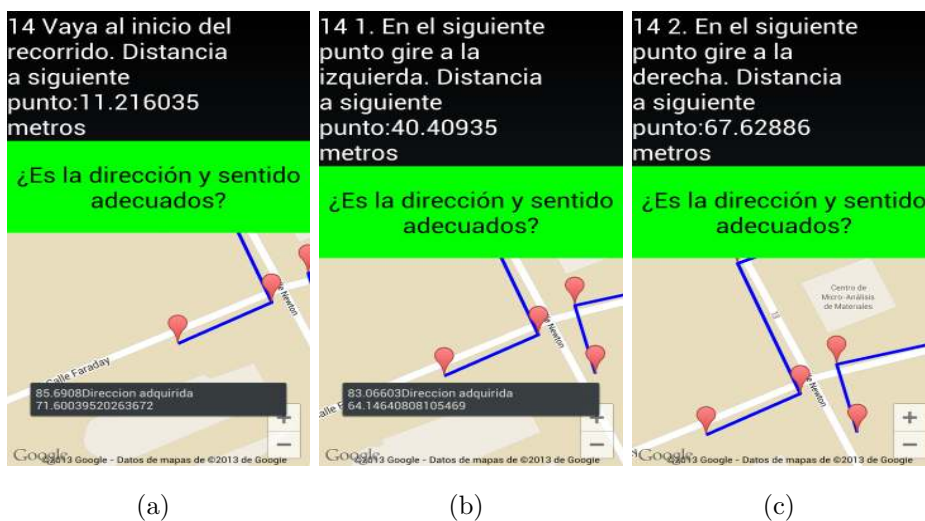


Figura 5.22: Recorrido



Figura 5.23: Recorrido 2

En cada punto se va indicando si se debe torcer a izqda, derecha o seguir recto.

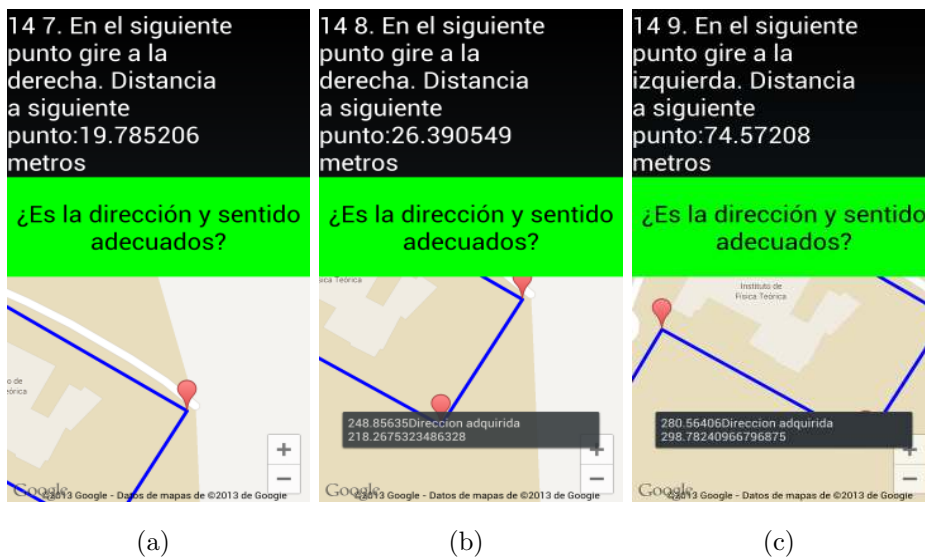


Figura 5.24: Recorrido 3

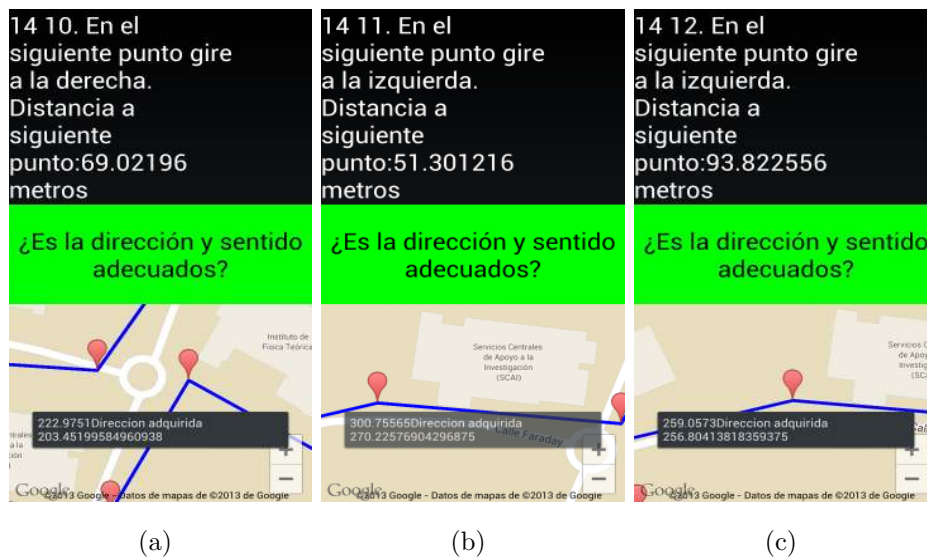


Figura 5.25: Recorrido 4

La opción de seguir recto no aparece, pues se han guardado los puntos en que se cambiaba de dirección. Esto normalmente será así para cualquier camino real.

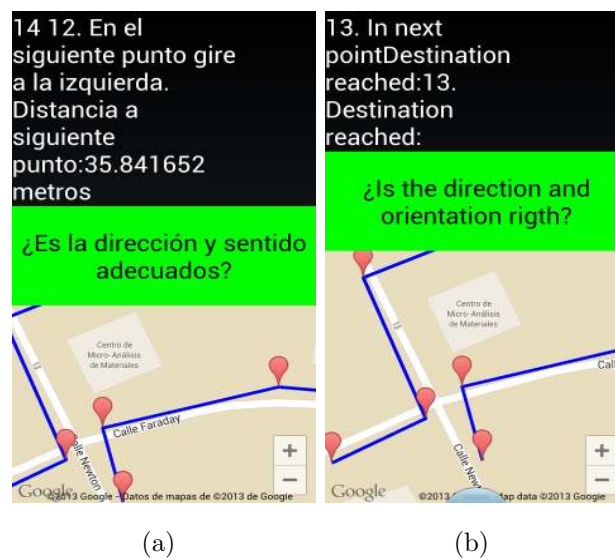


Figura 5.26: Recorrido 5

No obstante si se guarda un punto en el que se sigue la misma dirección, informará de que se debe continuar recto.

Finalmente, se cambió nuevamente la interfaz a dos botones, como muestran las figuras:



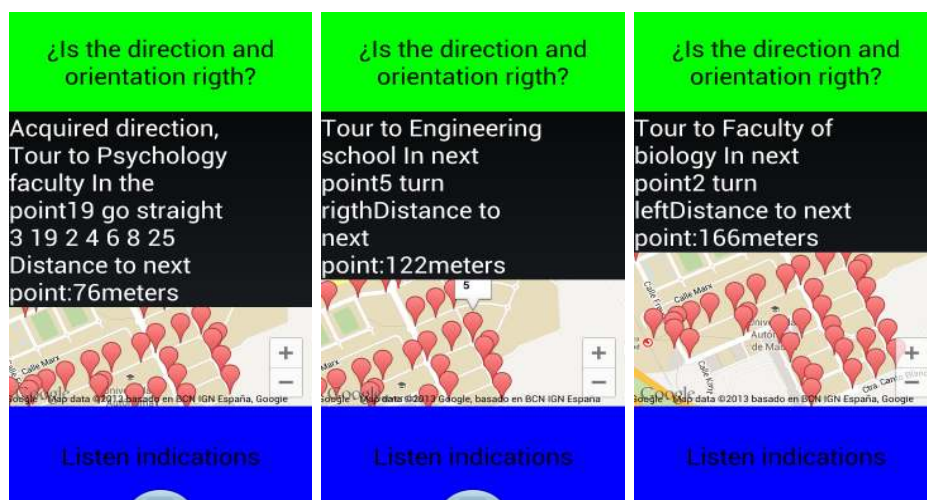
(a)

(b)

(c)

Figura 5.27: Interfaz 2 botones

Y también se muestran capturas de pantalla en inglés:



(a)

(b)

(c)

Figura 5.28: Interfaz 2 botones en inglés

■ Guardar camino

Para guardar camino existen dos opciones que se muestran en el siguiente menú:

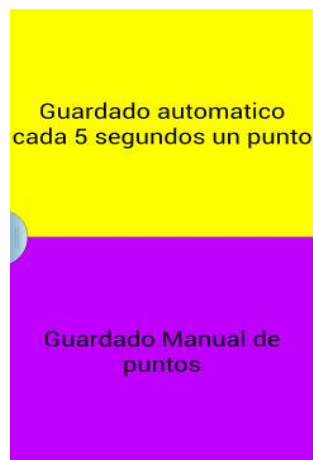


Figura 5.29: Menú guardar camino

Presionando en los respectivos botones se accede a las dos funciones. En ambas se pueden guardar puntos manualmente, ambas tienen la misma interfaz. Para comenzar el camino se debe presionar el botón amarillo situado en la parte superior de la pantalla. Para guardar un punto manualmente, se deberá presionar el botón verde de la parte inferior de la pantalla. Para finalizar el camino se debe pulsar nuevamente el botón amarillo:



(a) Guardar camino

(b) Guardar camino 2

(c) Finalizar camino

Figura 5.30: Guardar camino

■ Localización

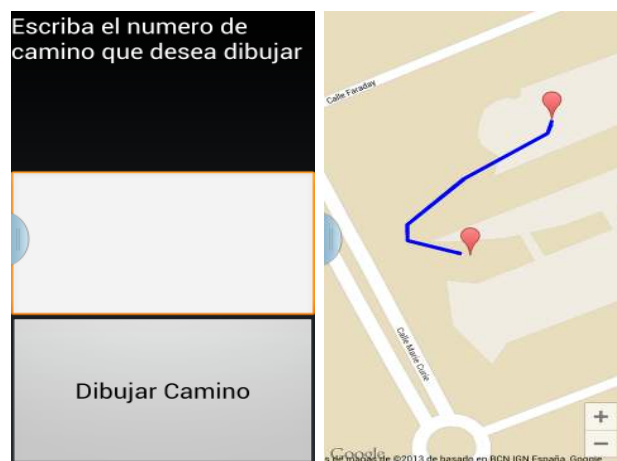
En esta opción se muestra la ubicación y el lugar más cercano a la posición actual. Se permite calcular de nuevo la posición haciendo click en el botón.



Figura 5.31: Localización

■ Dibujar camino

Pulsando en esta opción del menu principal se accede a una interfaz de botones en la que se escribe el número de camino que se desea y se dibuja:



(a) Dibujar camino

(b) Dibujar camino 2

Figura 5.32: Dibujar camino

■ Interfaz de gestos, dibujos o números

A continuación se muestran las capturas de pantalla de la interfaz de dibujo de números:

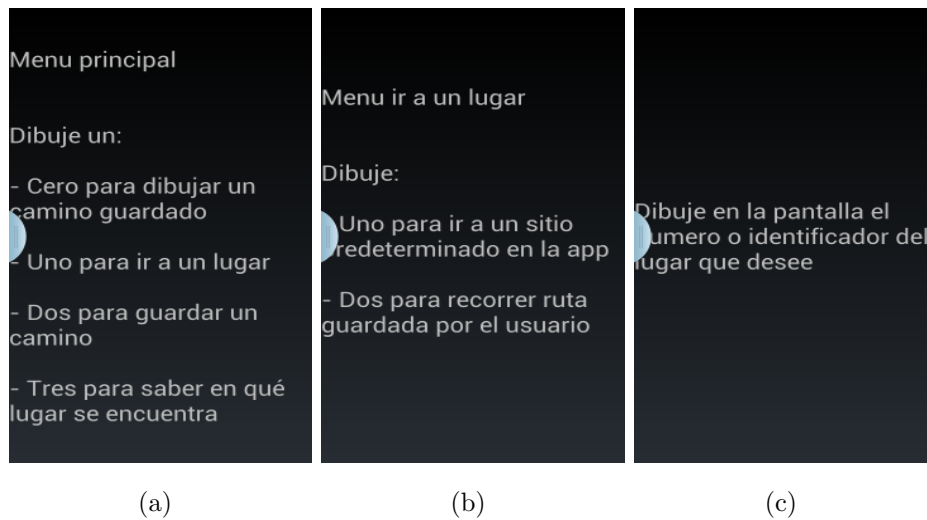
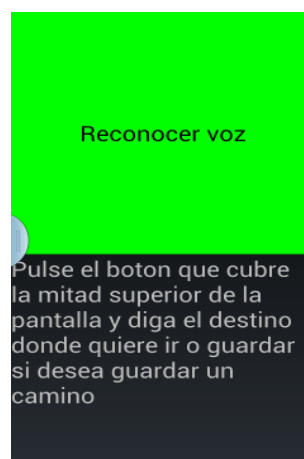


Figura 5.33: Interfaz táctil

A partir de cada uno de estos menús, se accede a los finales que muestran el mapa y se han visto anteriormente

■ Reconocedor de voz



(a) Reconocedor de voz

Figura 5.34: Reconocedor voz final

■ Menús inglés

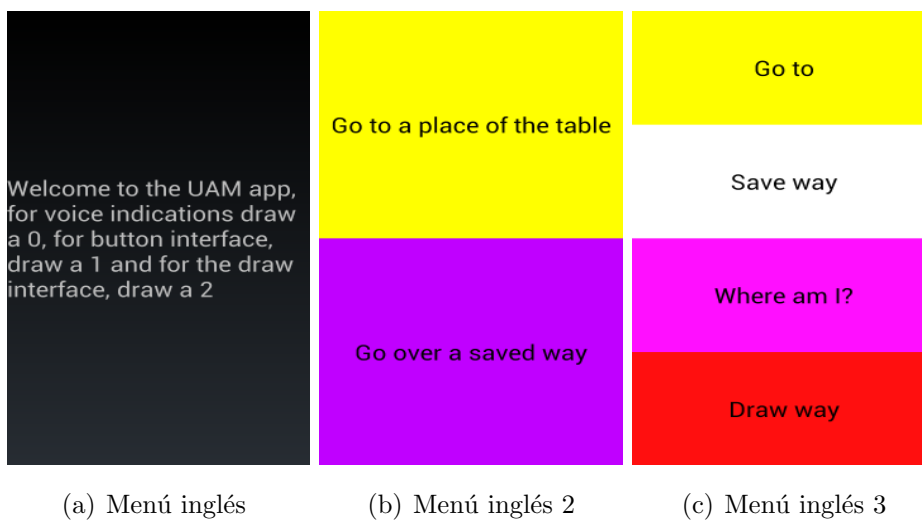


Figura 5.35: Menú inglés

■ Destinos en inglés

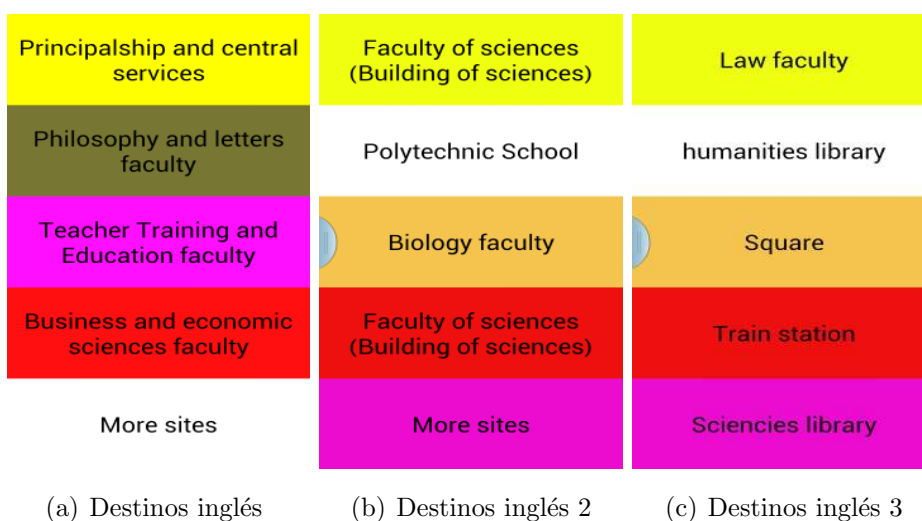


Figura 5.36: Destinos inglés

- Recorrer camino en inglés

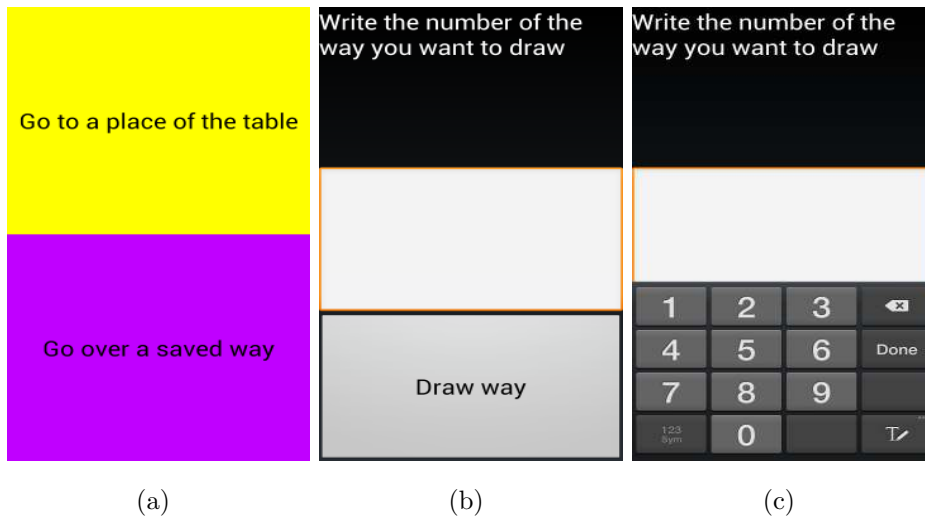


Figura 5.37: Menús recorrer camino inglés

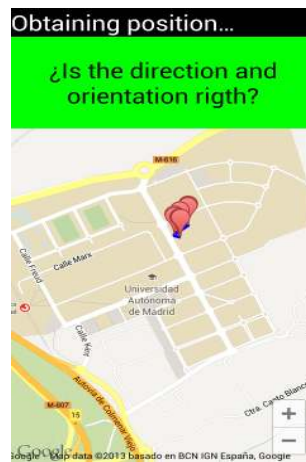


Figura 5.38: Menús recorrer camino inglés 2

- Guardar camino en inglés

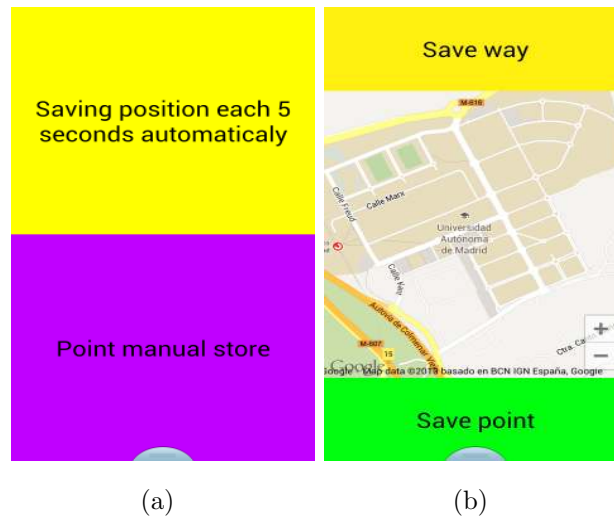


Figura 5.39: Menús guardar camino inglés

- Menu gestures en inglés

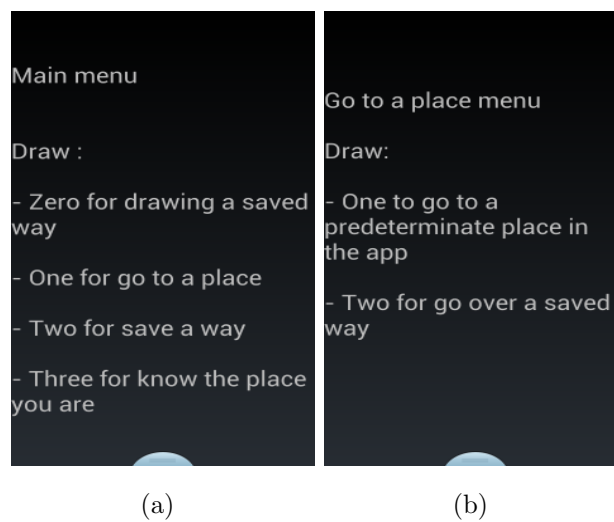


Figura 5.40: Menus gestures inglés

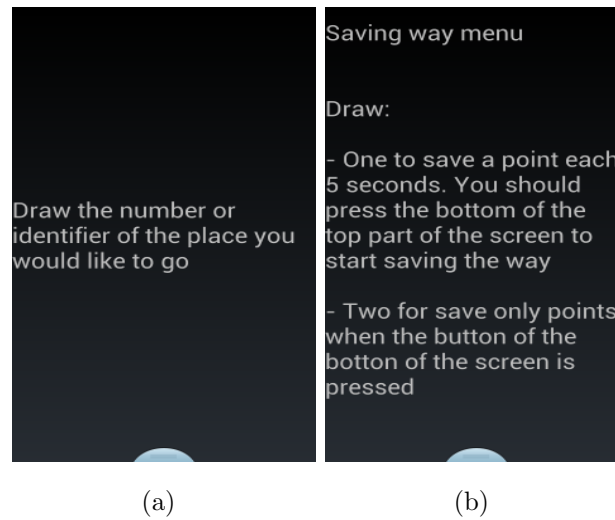


Figura 5.41: Menus gestures inglés

- Reconocedor de voz en inglés

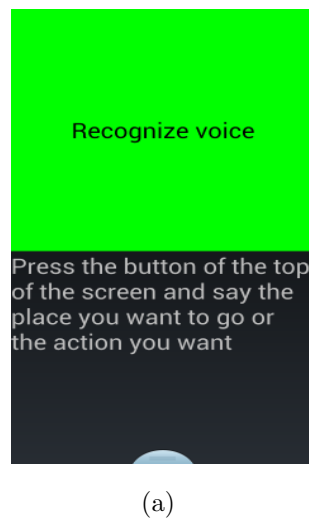


Figura 5.42: Reconocedor de voz inglés

- Plano de todos las facultades, edificios y lugares importantes que están registrados en la aplicación. Cada uno de ellos, lleva el nombre correspondiente al lugar.:

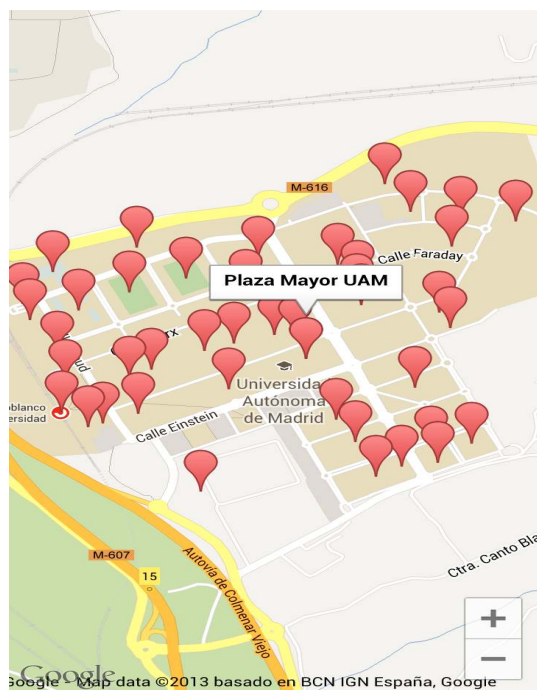


Figura 5.43: Plano lugares registrados

- Plano de puntos de referencia para crear el guiado



Figura 5.44: Plano de puntos de referencia

- Funcionalidad en tablet

Se ha comprobado que la aplicación también funciona en tablet, concretamente la Samsung Galaxy Note 10.1:

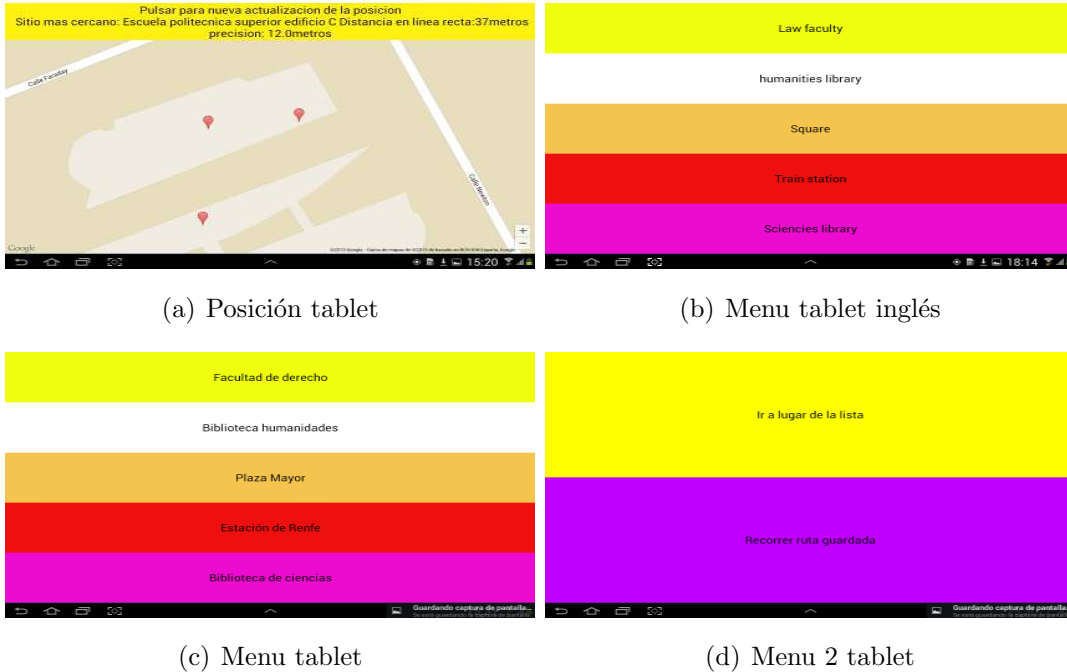


Figura 5.45: Comprobación en tablet

- Resumen de las pruebas.

La aplicación es capaz de decir el sentido a seguir de un lugar a otro, con un determinado error dado por la posición GPS. Además muestra información sobre la distancia que falta a cada punto, y la acción a seguir en el siguiente punto: girar a izquierda, derecha o continuar recto. Cuando se no se va en sentido adecuado, se informa al usuario de dicho suceso. Además se informa cada vez que se presiona el botón de distancia la distancia que falta al siguiente punto. Si se bloquea la pantalla y se hacen extraños, el sintetizador de voz que aparece cuando se pulsa el botón puede dejar de emitir sonido. No obstante, aparecen siempre indicaciones en pantalla de las acciones a realizar que pueden leerse en todo momento con "talkback". El proyecto ha sido muy ambicioso y se han cumplido los objetivos requeridos aunque son necesarias determinadas condiciones de uso.

5.2. Aplicación de ayuda para el reconocimiento de colores Android

Para comprobar que la aplicación funciona correctamente, se han realizado distintas pruebas que seguidamente se detallan.

Inicialmente se muestra un menú totalmente accesible:

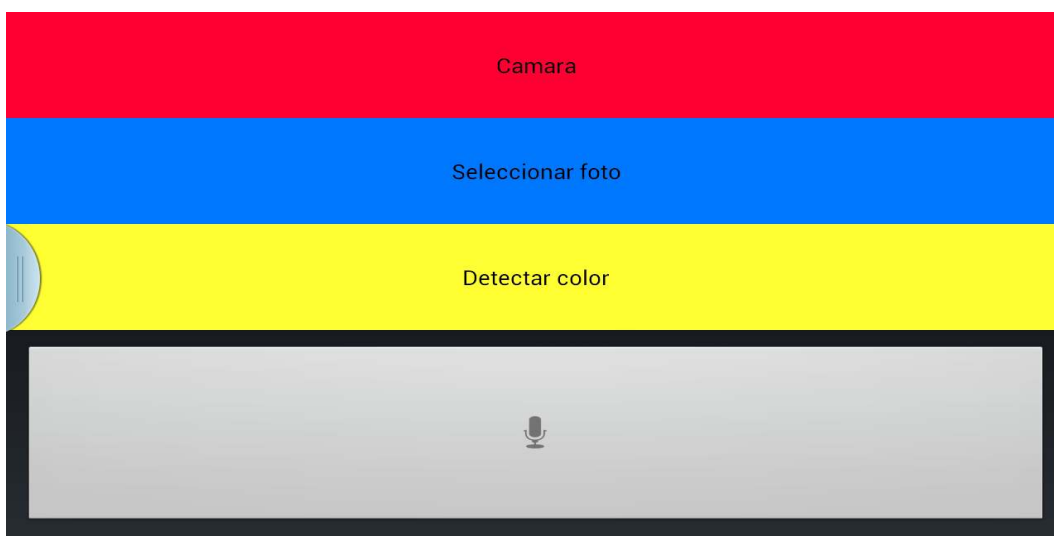


Figura 5.46: Menu de la aplicacion

Este menú contiene como se puede ver gran contraste entre los botones para que puedan ser bien diferenciados por el usuario. Dicho menú se compone de cuatro botones que permiten realizar las distintas funcionalidades requeridas: capturar una imagen para procesarla, obtener una imagen del álbum para procesarla, detectar el color de la foto en cuestión y un botón para activar el acceso a las opciones anteriormente descritas mediante la voz.

Accionando cada uno de los botones se accede a la funcionalidad de la aplicación deseada. Seguidamente se muestran las capturas de pantalla correspondientes a cada una de las pruebas realizadas para la comprobación del buen funcionamiento de la aplicación.

- Captura de la imagen:

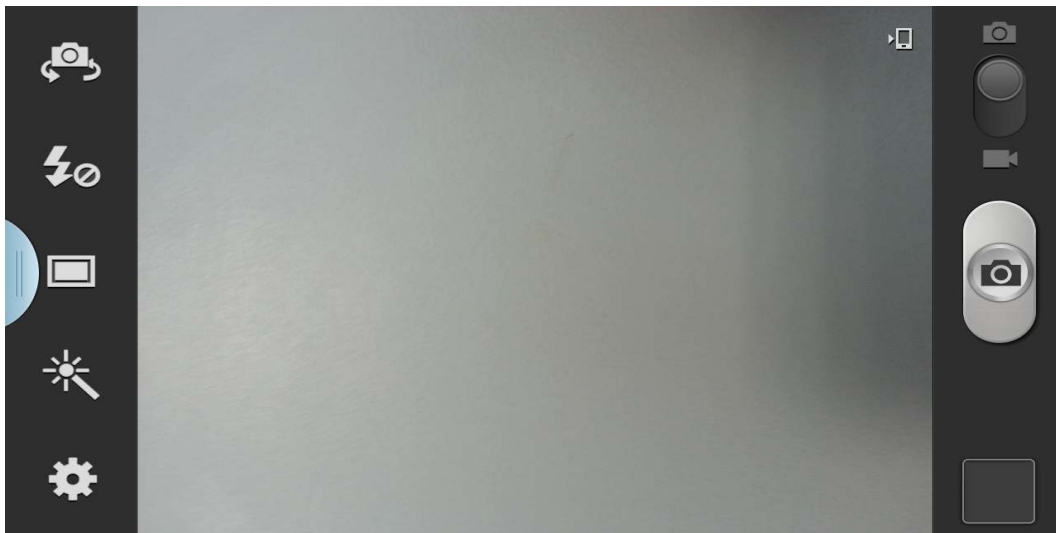


Figura 5.47: Prueba del funcionamiento de la cámara

- Acceso al álbum de fotos:



Figura 5.48: Prueba acceso al álbum de fotos

- Reconocedor de voz:

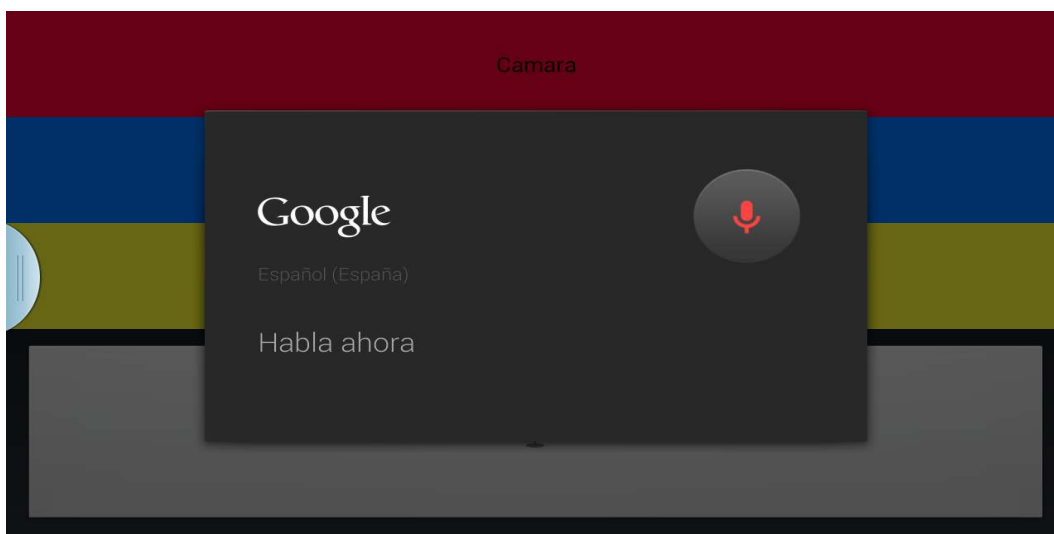
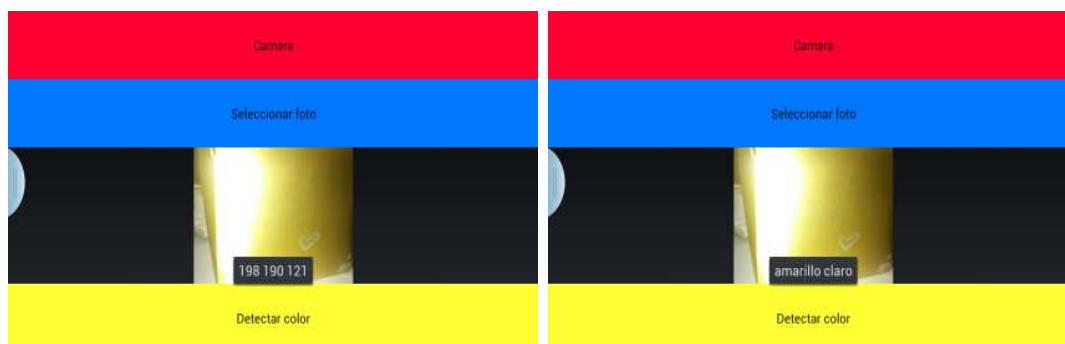


Figura 5.49: Prueba acceso reconocedor de voz

- Detección de color. Para mostrar la foto de la cual se detectaba el color, se ha mostrado por pantalla dicha imagen y se ha mostrado un mensaje visual mediante el cual se observa que color se detecta.

A continuación se muestran distintas pruebas con distintas imágenes. En cada una se muestra una foto con el nivel de intensidad de cada componente (Rojo, Verde y azul) detectados y a continuación una imagen con el color correspondiente en palabras.

1. Prueba color amarillo claro

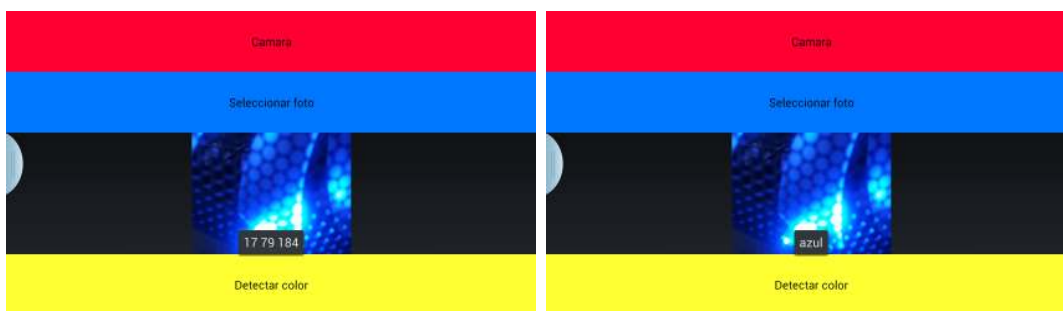


(a) Intensidad de color

(b) color

Figura 5.50: Prueba color amarillo

2. Prueba color azul

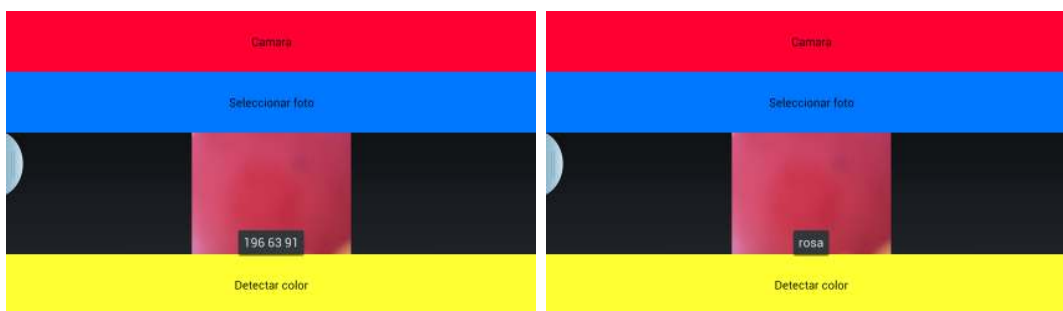


(a) Intensidad de color

(b) color

Figura 5.51: Prueba color azul

3. Prueba color rosa



(a) Intensidad de color

(b) color

Figura 5.52: Prueba color rosa

4. Prueba color verde



(a) Intensidad de color

(b) color

Figura 5.53: Prueba color verde

De las pruebas anteriores, cabe señalar que las condiciones en las que se tome la imagen (luminosidad, imagen en movimiento,...) junto con la resolución de la cámara son claves para el buen funcionamiento de la aplicación. En entornos de baja o alta luminosidad, el error en la detección del color será mayor que en un entorno con la luminosidad adecuada.

Capítulo 6

Precisión del dispositivo

6.1. La precisión GPS del dispositivo

La precisión GPS depende de varios factores:

- Conexiones del dispositivo.
- Tiempo de espera.
- Pérdidas del medio de propagación.

Los dos primeros son directamente proporcionales a la precisión requerida. A más precisión requerida mayor conexiones del dispositivo. Las conexiones del dispositivo para obtener la posición son: GPS, wifi y conexión de internet móvil. Cuantas más conexiones estén disponibles, mayor será la precisión obtenida. A más tiempo de espera, se obtendrán mejores resultados. Cuanto más se espere, más probabilidad de que se obtenga la señal óptima.

La última, sin embargo es inversamente proporcional a la precisión. Si encontramos en el camino obstáculos como edificaciones, árboles o cualquier otro impedimento que dificulte la propagación de señal, menor será la precisión obtenida. Seguidamente se muestran unas figuras que ilustran las pruebas realizadas:

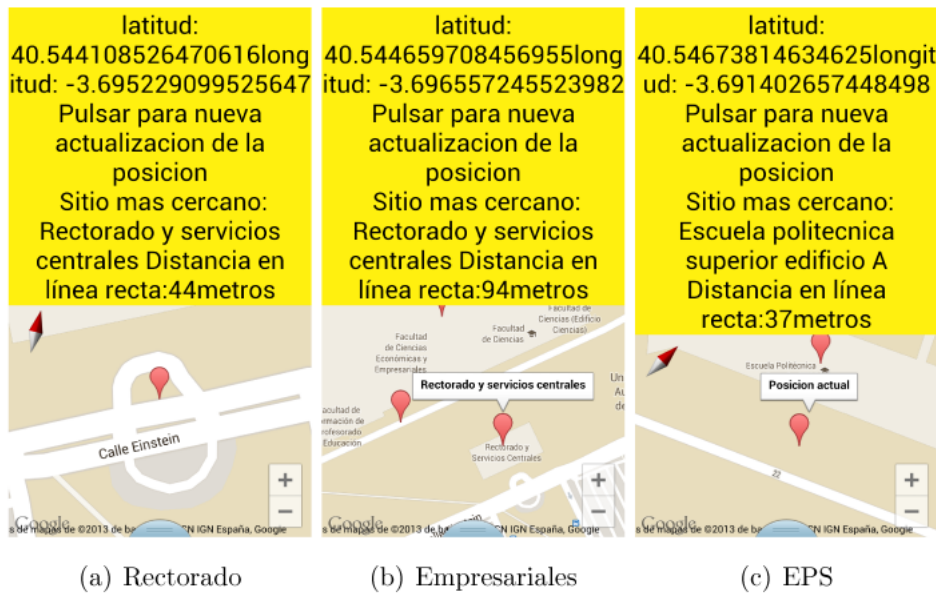


Figura 6.1: Precisión GPS

Cada una de las medidas anteriormente mostradas, se han realizado en frente del rectorado y de las facultades de Ciencias empresariales y la EPS.

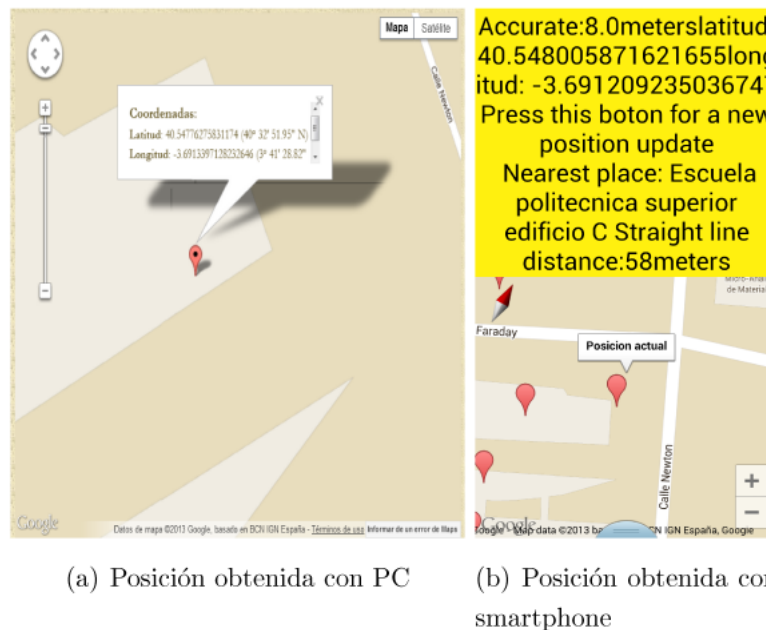


Figura 6.2: Lugar de realización del proyecto EPS edificio C lab C115

Como se puede comprobar en la imagen, la precisión máxima obtenida es de 8 metros. Un error bastante asumible para interiores, ya que esta aplicación está destinada a ser utilizada en exteriores.

Se han realizado diversas pruebas desde el lugar de realización del proyecto, obteniéndose unos resultados bastante aceptables para ser en el interior de un edificio.



(a) Prueba posicion

(b) Prueba posicion 2

Figura 6.3: Pruebas EPS edificio C lab C115

	Coordenadas obtenidas	Coordenadas de la página	Error obtenido(Grados)
lat	40,547754585656804	40,54776275831174	0,000008172654936
long	-3,69123776687032	-3,6913397128232646	0,0001019459529446
lat	40,548005871621	40,54776275831174	0,00024311330926
long	-3,6912092350367	-3,6913397128232646	0,0001304777865646
lat	40,547572835214964	40,54776275831174	0,000189923096776
long	-3,69101780594771	-3,6913397128232646	0,0003219068755546

Cuadro 6.1: Error obtenido GPS

De la tabla obtenemos un error de $0.035 \text{ Km} = 35 \text{ metros}$ máximo y $0,000908 \text{ Km} = 0.91 \text{ metros}$ mínimo, pues la distancia de un grado de longitud/latitud son $111.12 \text{ }^\circ/\text{km}$.

Se han realizado varias pruebas más en interiores, obteniendo unos resultados y más precisos, lo cual indica que recalculando la posición varias veces, se puede obtener una idea bastante precisa de la localización. En exteriores la precisión es mucho mejor y no sobrepasa los 10 metros de error, siendo lo habitual que este en torno a menos de 4 metros. Esta precisión es bastante adecuada para el proyecto, pues sirve perfectamente para guiar los trayectos y determinar la posición.

Se puede concluir de dichas pruebas también que con tiempo se obtienen resultados cada vez más precisos. A continuación se muestra una captura de la precisión máxima obtenida en el lugar de realización del proyecto:



(a) Prueba precisión máxima

Figura 6.4: Precisión máxima obtenida en EPS edificio C lab C115

A partir de esta muestra, realizada en interiores, se puede concluir que con el tiempo necesario y buenas condiciones de realización se pueden conseguir resultados que rozan la perfección, pues ésta es imposible de alcanzar. Siempre habrá errores, ya que siempre se puede encontrar una medida más pequeña a lo dado llegando hasta los átomos y continuando con la física cuántica donde la posición ya no existe y hablando entonces de probabilidad de estar en dicha posición. En definitiva, el error es lo suficientemente exacto como para poder localizar bien a la persona dentro de edificios y mejora (menos tiempo en detectar) en entornos abiertos.

6.2. Precisión en la orientación

En la precisión en la orientación se tienen dos fuentes de error:

- La localización GPS del dispositivo móvil
- La precisión en la detección de la orientación del dispositivo (Norte, Sur, Este y Oeste)

La localización GPS se estudió en el apartado anterior, y se puede aplicar para este apartado también. Además, se debe añadir que, dependiendo de la situación geográfica de la persona, se deberá tomar una orientación hacia el objetivo u otra. De esta manera se traza una línea entre origen y destino y se calcula el número de grados (de 0 a 360) correspondiente a la dirección que se debe tomar, siendo 0° el norte y 180° el sur. Cuando este cálculo se ha realizado, se tiene un punto de referencia a comparar para saber si la dirección y sentido son correctos.

El otro punto de referencia es la orientación del móvil. En función de donde se apunte con la parte superior del dispositivo, se obtiene un número de grados. Cuando el número de grados sea igual al anterior, entonces se habrá tomado la dirección y sentido adecuados. Como las realizaciones en la mayoría de los casos (por no decir siempre) no se realizan en las condiciones óptimas, se toma un error de $\pm 23^\circ$, un error que parece adecuado para la mayoría de los casos y en particular para la topología del lugar, la UAM. Esta decisión se apoya en que además, se da información sobre la distancia al objetivo siguiente, con lo que si se ha tomado otra dirección, no se tardará en ver que el objetivo a alcanzar está más lejos.

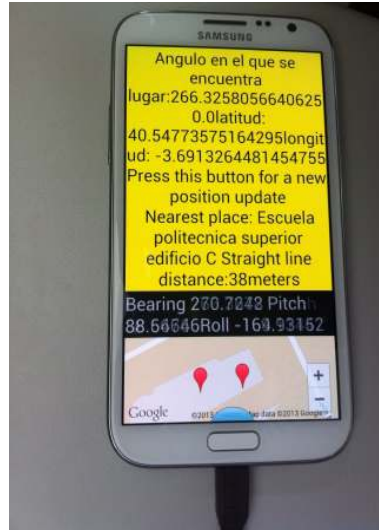
Para determinar la orientación del móvil se ha realizado de la manera más precisa posible, tomando información de los sensores de campo magnético y acelerómetro, y a partir de ellos se calcula la orientación.

A la hora de detectar la orientación del dispositivo, se tienen los siguientes problemas:

- Descalibración del dispositivo.
- Inclinación del dispositivo en el eje y.
- Inclinación del dispositivo en el eje z.

Es bastante importante tener el dispositivo en una posición adecuada, si esto no es así, se obtienen grandes errores. La orientación del dispositivo es uno de los

puntos más débiles, pues si no se tiene una mesa o se mantiene el móvil totalmente recto, la orientación no funcionara correctamente. No obstante si se encuentran las condiciones óptimas, se pueden obtener los resultados óptimos incluso en interiores. Se muestra una imagen de ello:



(a) Prueba precisión máxima

Figura 6.5: Precisión máxima brújula obtenida en EPS edificio C lab C115

Las tres componentes mostradas en la imagen bearing, pitch y roll son las correspondientes a los tres ejes espaciales: "x", "y" y "z".

Este punto de la aplicación se puede mejorar con la introducción de un hardware adicional, pues el móvil debe estar debidamente posicionado para obtener buenos resultados. Aunque siempre habrá un error que dependerá de la localización del dispositivo móvil.

Capítulo 7

Conclusiones

El proyecto ha cumplido las especificaciones propuestas y se ha ampliado en algunos aspectos como la aplicación de detección de color en iOS. También se ha ampliado la especificación inicial para abarcar la multitud de interfaces de ayuda incluidas en la aplicación GPS.

El proyecto realizado permite:

- Grabar trayectorias incluyendo balizas manual o automáticamente.
- Guiar de un lugar a otro entre una lista de sitios pre-programados.
- Recorrer trayectorias guardadas.
- Obtener un mapa del camino guardado.
- Indicar localización actual y edificio más cercano.
- Introducción de comandos mediante la herramienta Gesture o por medio de un menú en pantalla.
- Dar indicaciones de trayectos mediante la herramienta Talkback.
- Detectar colores utilizando la cámara del teléfono.

Desde el punto de vista formativo, los principales temas y conceptos aprendidos en este proyecto son:

- Programación en Java y Android.
- Programación en Apple iOS.

- Conceptos de Programación Orientada a Objetos.
- Base de Datos SQLite
- Cartografía digital.
- Conocimientos en realización de documentos en Latex.
- Planificación y organización de proyectos complejos.

Con este proyecto, se ha contribuido en el desarrollo de aplicaciones móviles aptas para el uso de discapacitados. Ha sido un proyecto bastante ambicioso, en el cual se ha invertido mucho esfuerzo y trabajo, llegando a unas 600 horas-hombre (aproximadamente 5 horas diarias durante 6 meses). Se han cumplido todos los objetivos aunque hay lugar suficiente para trabajos futuros. Se escribieron aproximadamente 2500 líneas de código sin contar el manifest y los layouts.

Capítulo 8

Trabajo futuro

A medida que el proyecto se iba realizando, fueron apareciendo multitud de posibles mejoras. Las más importantes fueron implementadas. Otras, puesto que el tiempo que se dispone para realizar el proyecto es limitado, se han dejado para realizar en el futuro. Entre las principales mejoras que pueden realizarse se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- Aplicacion GPS
 - Rellenar información relativa al paso de cada punto guardado de la uam. Se ha dejado un campo a null para ello.
 - Ampliar nuevos sitios a los que ir con sus correspondientes descripciones.
 - Añadir nuevos "gestos" o dibujos con los que identificar cada lugar al que se desea ir.
 - Dos balizas que identifiquen un punto en lugares de giro grandes como algunas rotondas.
 - Cambiar interfaz de selección de destino.
 - Mejorar la aplicación en cuanto a gestión de recursos.
 - Utilización de acelerómetros en los nuevos terminales tipo iPhone 5 o Galaxy S4.
 - Integración mediante Bluetooth con redes de sensores inteligentes para detectar obstáculos, coches cerca de pasos de cebra, o llegada de un determinado autobús.
- Aplicacion colorímetro

- Nuevos algoritmos de detección de color En entornos de baja luminosidad, la aplicación es menos robusta. Utilizando histogramas y procesamiento de señal se podrían realizar mejoras de la aplicación y así crear una aplicación más robusta frente al fallo.
- Añadir un nuevo idioma a la aplicación. Por ejemplo inglés.

Parte II

Apéndices

Apéndice A

Aplicacion iOS para la detección de colores

Se ha desarrollado también una aplicación en iOS para la detección de colores. Para ello se ha estudiado, a grandes rasgos los puntos principales del desarrollo de una aplicación en iOS. Posteriormente se desarrollaron miniaplicaciones de ejemplo para familiarizarse con el lenguaje: Objective-C. Se construyó inicialmente una aplicación que guardara fotos en el álbum del simulador iOS, pues no se disponía de dispositivo móvil donde probarse la aplicación. A continuación se muestra una imagen de la miniaplicación desarrollada:

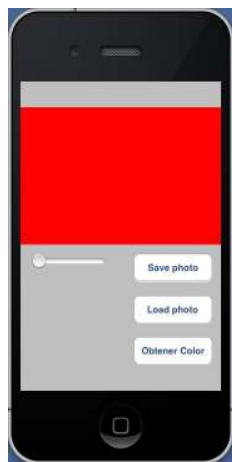


Figura A.1: Aplicacion inicial iOS

Finalizada dicha aplicación, ya se guardarlas imágenes de colores de muestra en el emulador para analizarlas y detectar el color de cada imagen. Además en dicha aplicacion se implemento un filtro con el que se añadía mas o menos brillo a la foto y así cambiar la tonalidad de una misma foto. Una vez se tuvo cierta soltura en el desarrollo de aplicaciones para en iOS se concentró toda la atención en obtener una aplicación que fuese capaz de detectar un color determinado en una foto que estuviera guardada en el álbum del dispositivo móvil.

A.1. Entorno de trabajo y estructura

El entorno de trabajo para desarrollar una aplicación iOS es x-code un software que actualmente sólo se puede utilizar en un ordenador de apple legalmente. Es por ello por lo que se ha utilizado un ordenador MAC, eb concreto el modelo mini. A continuación se muestra una captura de pantalla del entorno utilizado:



Figura A.2: x-code entorno de trabajo

Para hacer pruebas de la aplicación, se ha utilizado el emulador de iOS. Debajo se muestra una imagen de dicho emulador:



Figura A.3: emulador iOS

A.2. Componentes de la aplicación

El desarrollo de la aplicación se ha hecho siguiendo el modelo controlador-visor al igual que la aplicación desarrollada en Android. La aplicación se divide en dos partes: La interfaz gráfica que se muestra en la aplicación, y la parte que aparentemente no se ve en la que se realiza toda la lógica y proceso de datos de la aplicación. Los archivos que componen la aplicación son:

- Mainstoryboard.storyboard

En este archivo se realiza el layout de la aplicación, es decir lo que se mostrará en el dispositivo móvil. Es la parte de visor del modelo controlador-visor.

- dViewController.h

Este es el archivo de "cabeceras", en el se declaran todas las properties usadas, métodos... En la aplicación desarrollada se han usado 3 métodos (para gestionar los tres botones: el de la cámara, el de la elección de foto del álbum, y el de detección de color) y 3 propiedades: dos de imágenes (una para el proceso de detección de color y otra para la representación en pantalla) y otra para la cámara, pues la cámara no aparece siempre, si el dispositivo no dispone de cámara la aplicación automáticamente lo detecta y no lo muestra en la pantalla.

- dViewController.mm

En este archivo es donde se ha creado toda la lógica de la aplicación.

- Suporting files

Dentro de esta carpeta se encuentran todos los archivos que se añaden a la aplicación: los archivos de que inicialmente estan en la pantalla, en el caso esta aplicacion una imagen en blanco. También se encuentran las imágenes necesarias para poner un icono que se vea antes de lanzar la aplicación.

- Framework

En esta carpeta se encuentran todas las librerías añadidas al proyecto, para esta aplicación se han utilizado las librerías opencv, coreImage, UIKit, Foundation y CoreGraphics. Todas ellas se distinguen por tener la extensión ".framework".

A.3. Desarrollo de la aplicación

La aplicación se ha desarrollado en realizando distintos métodos dentro de una clase principal View controller. El desarrollo de la aplicación se explicara a través de la descripción de dichos métodos:

- ViewDidLoad

ViewDidLoad es su método principal que se ejecuta nada más iniciar la aplicación. Muestra en la pantalla del dispositivo móvil la imagen de fondo (una imagen en blanco) y, dependiendo de si el dispositivo móvil tiene cámara o no, se mostrarán dos o tres botones. Cada botón tiene asociado un método aunque éstos, a su vez llaman a otros métodos.

- onCamara

Este método es el que se ejecuta cuando se pulsa el botón de captura de foto. Mediante el se captura la foto y se pone de fondo de la aplicación para posteriormente, cuando se pulse el botón de detectar el color, se procese la foto y se de un veredicto de cuál es el color de la foto. Este método utiliza los métodos UIImagePickerController e UIImagePickerController para realizar su función.

- loadPhoto

Mediante este método se accede al álbum de fotos del dispositivo y se elige la foto a procesar. Este método también utiliza los métodos UIImagePickerController e UIImagePickerController enunciados antes para el funcionamiento del mismo.

- colorDetect

Este es el método que lleva todo el proceso de detección de color. Este método también invoca a otros dos: CreateIplImagefromUIImage. Este método se estructura de la siguiente forma: Se llama a la función de crear transformar la imagen que se manipula en iOS (UIImage) en una imagen con formato IplImage. Posteriormente, mediante la librería openCV, se analiza la imagen y se accede a cada pixel de la foto y se va guardando su información. Posteriormente se haya la media de cada componente de color entre 0 y 255. Por último se clasifica en función de su color dentro de una tabla de colores que se muestra a continuación. Se ha clasificado cada color RGB en 3 intensidades de color 0 para la intensidad más baja y 2 para la intensidad más alta:

Tabla de colores utilizada:

Rojo	Verde	Azul	color
De 0 a 85	De 0 a 85	De 0 a 85	negro
De 0 a 85	De 0 a 85	De 85 a 170	azul oscuro
De 0 a 85	De 0 a 85	De 170 a 255	azul
De 0 a 85	De 85 a 170	De 0 a 85	verde oscuro
De 0 a 85	De 85 a 170	De 85 a 170	azul verdoso oscuro
De 0 a 85	De 85 a 170	De 170 a 255	azul cielo
De 0 a 85	De 170 a 255	De 0 a 85	verde
De 0 a 85	De 170 a 255	De 85 a 170	verde aceituna
De 0 a 85	De 170 a 255	De 170 a 255	cyan
De 85 a 170	De 0 a 85	De 0 a 85	marron
De 85 a 170	De 0 a 85	De 85 a 170	moradn
De 85 a 170	De 0 a 85	De 170 a 255	morado claro
De 85 a 170	De 85 a 170	De 0 a 85	marron claro
De 85 a 170	De 85 a 170	De 85 a 170	gis
De 85 a 170	De De 85 a 170	De 170 a 255	violeta claro
De 85 a 170	De 170 a 255	De 0 a 85	verde lima
De 85 a 170	De 170 a 255	De 85 a 170	verde mar
De 85 a 170	De 170 a 255	De 170 a 255	azul turquesa
De 170 a 255	De 0 a 85	De 0 a 85	rojo
De 170 a 255	De 0 a 85	De 85 a 170	rosa
De 170 a 255	De 0 a 85	De 170 a 255	magenta
De 170 a 255	De 85 a 170	De 0 a 85	naranja
De 170 a 255	De 85 a 170	De 85 a 170	color carne
De 170 a 255	De 85 a 170	De 170 a 255	violeta
De 170 a 255	De 170 a 255	De 0 a 85	amarillo
De 170 a 255	De 170 a 255	De 85 a 170	amarillo claro
De 170 a 255	De 170 a 255	De 170 a 255	blanco

Cuadro A.1: Tabla relación intensidad de color y nombre de color

A.4. Pruebas y resultados

Para comprobar que dicha aplicación funciona, se ha simulado en el simulador iOS y se han obtenido resultados positivos. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

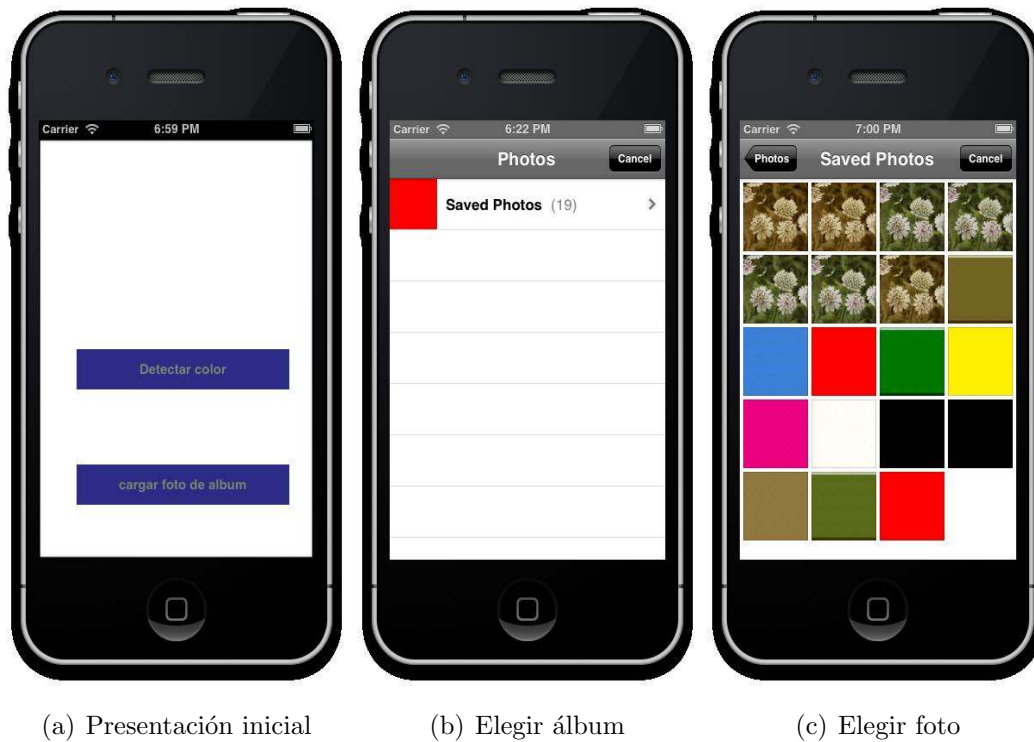


Figura A.4: Selección de foto a procesar iOS

Estas primeras imágenes muestran lo que aparece después de tocar el botón de cargar foto de álbum. En el menú inicial. Después de elegir la foto, esta se muestra como fondo de pantalla, y si se toca el botón de detectar color aparecerá una notificación en la que mostrará la intensidad de cada componente (de 0 a 255), y su correspondiente nombre de color asignado según la tabla que aparece anteriormente. Las imágenes de estos resultados son:



(a) Imagen en blanco (b) Detección de imagen de color blanco

Figura A.5: Detección color blanco

En la figura anterior se puede observar la interfaz que presenta la aplicación. Mediante voice over, se puede conseguir que las alertas mostradas en pantalla sean reproducidas por un sintetizador del propio dispositivo móvil. Puesto que una sola prueba quedaria insuficiente, a continuación se muestran más pruebas realizadas:



(a) Detección de marron (b) Detección de negro

Figura A.6: Detección color marron y negro

Se muestran algunos ejemplos más:



(a) Detección de rojo (b) Detección de rosa (c) Detección de rosa

Figura A.7: Detección color rojo, rosa y verde

A.5. Conclusiones y trabajo futuro

Como trabajo futuro se puede trabajar en los siguientes puntos:

- Ampliar la tabla anteriormente mostrada para que nombre más colores de los que detecta. Añadiendo nuevos casos, y discriminando entre mas colores se puede ampliar la información subjetiva de la aplicación. Además se podría nombrar más rigurosamente los colores, puesto que la forma de nombrar actual es poco rigurosa. Dicho renombrado podría ser con ayuda de un tercero que sepa discriminar rigurosamente cada color.
- Implementar nuevos algoritmos para la detección del color que se detecta. La aplicación realiza una simple media de las tres componentes de todos los píxeles que contiene la imagen. Se podría hacer la moda, u otros algoritmos más complejos.
- Se podría aumentar la funcionalidad dejando en manos del usuario la opción de detección de un color mediante un algoritmo u otro.

Apéndice B

Plano del Campus



Figura B.1: Plano del Campus de Cantoblanco UAM

Apéndice C

Descripción estructura del código

C.1. Estructura general de la Android

En el proyecto que se ha desarrollado para la aplicación, se distinguen varias partes, las partes más importantes se detallan a continuación:

- Existe una carpeta llamada `src` en la que se encuentra la carpeta con los archivos fuente de la aplicación, los `.java` que se mencionan anteriormente y otra carpeta `gen`, con archivos que genera automáticamente el sdk de Android. Éste es un quebradero de cabeza para los programadores Android, ya que es una gran fuente de problemas que el programador debe superar.
- Por otro lado, se encuentran las librerías utilizadas en la aplicación. En el caso del GPS se han utilizado la librería de la API de Google y las librerías de Android que incluye la librería google play, necesaria para el uso de la versión 2 de la API de mapas de Google.
- En la carpeta "res" del proyecto es donde se incluyen todos los archivos externos a la aplicación. A continuación se describen los apartados más importantes de dicha carpeta:
 - En las carpetas `drawable-hdpi`, `drawable-ldpi`, `drawable-mdpi`, `drawable-xhdpi`, se encuentran las imágenes utilizadas en la aplicación. En cada carpeta se encuentran las correspondientes a cada resolución de pantalla.
 - La carpeta `layout` contiene los "layout.es" decir lo que se muestra en la aplicación en cada momento. Esta parte es la correspondiente al visor en el modelo controlador-visor que se sigue en la aplicación. Es una parte muy importante en las aplicaciones Android ya que con ella se construye

la interfaz. Como se sabe, la interfaz de una aplicación móvil debe ser lo más intuitiva posible, facilitando al usuario su manejo lo más que se pueda. Casi todas las actividades del proyecto, tienen dos interfaces: uno con botones lo suficientemente grandes, adecuados para intentar facilitar el uso a un discapacitado visual parcial, y otra interfaz en la que, mediante dibujos de números, se puede acceder a todas las funcionalidades de la aplicación

- En la carpeta "raw" se encuentran todos los archivos utilizados en el proyecto. En el proyecto del GPS en particular, se han utilizado los archivos "grafo.txt", "gestures", y coordenadas.txt, que contienen respectivamente : coordenadas de los puntos del grafo, las muestras de entrenamiento para la interfaz de dibujos y el archivo coordenadas.txt que contiene las coordenadas de latitud y longitud asociadas a cada sitio registrado junto con su nombre.
- En la carpeta values se encuentran los archivos: strings.xml y styles.xml donde se guarda el valor de cada string y estilo de letra, para un posible cambio de idioma de la aplicación. A pesar de que no se ha implementado un segundo idioma (que muy probablemente sería el inglés), se ha seguido en la medida de lo posible las recomendaciones de Android en el uso de cadenas de caracteres mostrados en el layout para facilitar una mejora en una hipotética versión dos, en la que se implementaría el inglés como segundo idioma. Este archivo incluso podría manejarse por una persona que no supiera de programación, dándole unas directrices básicas para poder implementar un segundo idioma en la aplicación.
- Existe una carpeta llamada libs donde se generan archivos automáticamente a partir de todos los anteriormente mencionados
- Por último, pero no menos importante, destacar la presencia de uno de los archivos más importantes a la hora de desarrollar una aplicación Android: AndroidManifest.xml. En dicho archivo se incluye:
 1. Los permisos para utilizar recursos del teléfono. En la aplicación GPS se han utilizado los permisos de: internet, escribir en la memoria del teléfono, permisos relativos al uso del GPS y versión 2 del mapa de Google y permisos para que el teléfono vibre.
 2. En este archivo se definen las versiones máxima y mínima de Android en las que se puede ejecutar la aplicación.
 3. Se definen el nombre de la aplicación e icono inicial

4. Se incluyen todas las activities que forman parte del proyecto, destacando la activity que se inicia nada más iniciarse la aplicación

C.1.1. Descripción de cada clase

1. **InstruccioneInterfaz** En esta clase se muestran las instrucciones de uso de la aplicación y se da a elegir la interfaz de usuario que se desee: o bien mediante dibujos, o bien mediante un menú de botones adaptado a las posibles necesidades de un hipotético usuario con pérdida parcial de visión.
2. **Menu Principal** En esta clase se muestra el menú de botones considerablemente grandes con diferentes colores y con tamaño de letra adecuado para facilitar al usuario el uso de la aplicación, en el caso que se haya elegido en la activity anterior la interfaz de botones. En el caso de que se elija interfaz de dibujos en esta activity se dirá que se dibuje el número (del 0 al 3) correspondiente a la opción que se desee elegir en la pantalla. Según la opción elegida (mediante el pulsado de un botón o el dibujo de un número), se pasará a la elección de camino a dibujar, al menú de la opción 1, al menú de guardar camino o se mostrara la activity Mapagps.
3. **Menu2opcion1** En el caso de que en la activity de MenuPrincipal se haya elegido la opción de ir a un lugar, se pasará a este menú, en el que mediante el pulsado de botones (si se ha elegido dicha opción en la activity inicial), ó mediante dibujos (si se ha elegido la opción de dibujos en el menú principal) se elegirá entre dos opciones: ir a un lugar guardado en la aplicación (opción 1) ó recurrir una ruta guardada (opción 2). Si se elige la opción 1 se pasara a sitios de interes, si se elige la opción 2, se pasara a elegirCamino.
4. **SitiosDeInteres** En esta clase se da a elegir el sitio preguardado al que se desee ir. Esta elección será mediante el medio que se seleccionó en la actividad inicial (dibujos o botones). En el caso de que se este utilizando la interfaz de botones, habrá la posibilidad de acceder a mas sitios mediante un botón, ya que se ha decidido de poner un máximo de 5 botones en la pantalla debido a su gran tamaño. En tal caso se pasará a la activity "SitiosdeInterés1"
5. **SitiosdeInteres1** En esta activity se muestran 5 nuevos sitios a los que acceder. Esta activity sólo tiene sentido en la interfaz de botones.
6. **IrdeLugaraOtro** En esta activity se obtiene la posición en la que se encuentra el usuario y se le dirige a la baliza registrada en la aplicacion mas cercana. Se calcula desde ella el camino más corto a seguir y se muestra un resumen de las indicaciones que el usuario debe seguir hasta alcanzar el objetivo.
7. **elegirCamino** En esta activity el usuario podra introducir el numero de camino guardado para a continuacion volverlo a recorrer. Para ello debe encontrarse cerca del punto inicial. Despues de elegir el camino, se mostrara la

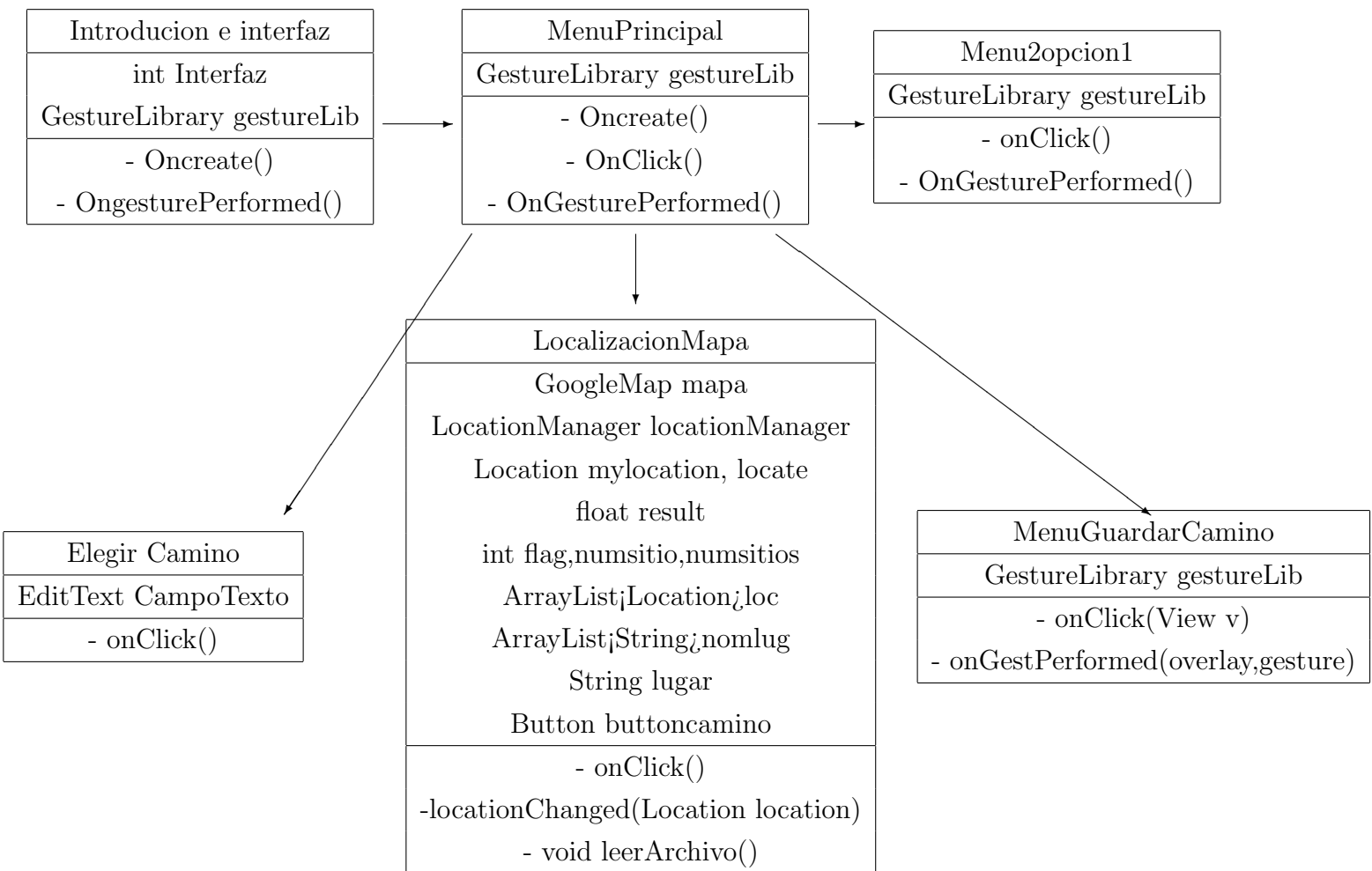
activitu IrdeLugaraOtro, pasando como argumentos el camino guardado. A esta actividad se puede acceder mediante el menu de la opcion 1 (recorrer camino guardado) o a través de la opción de dibujar camino del menú principal.

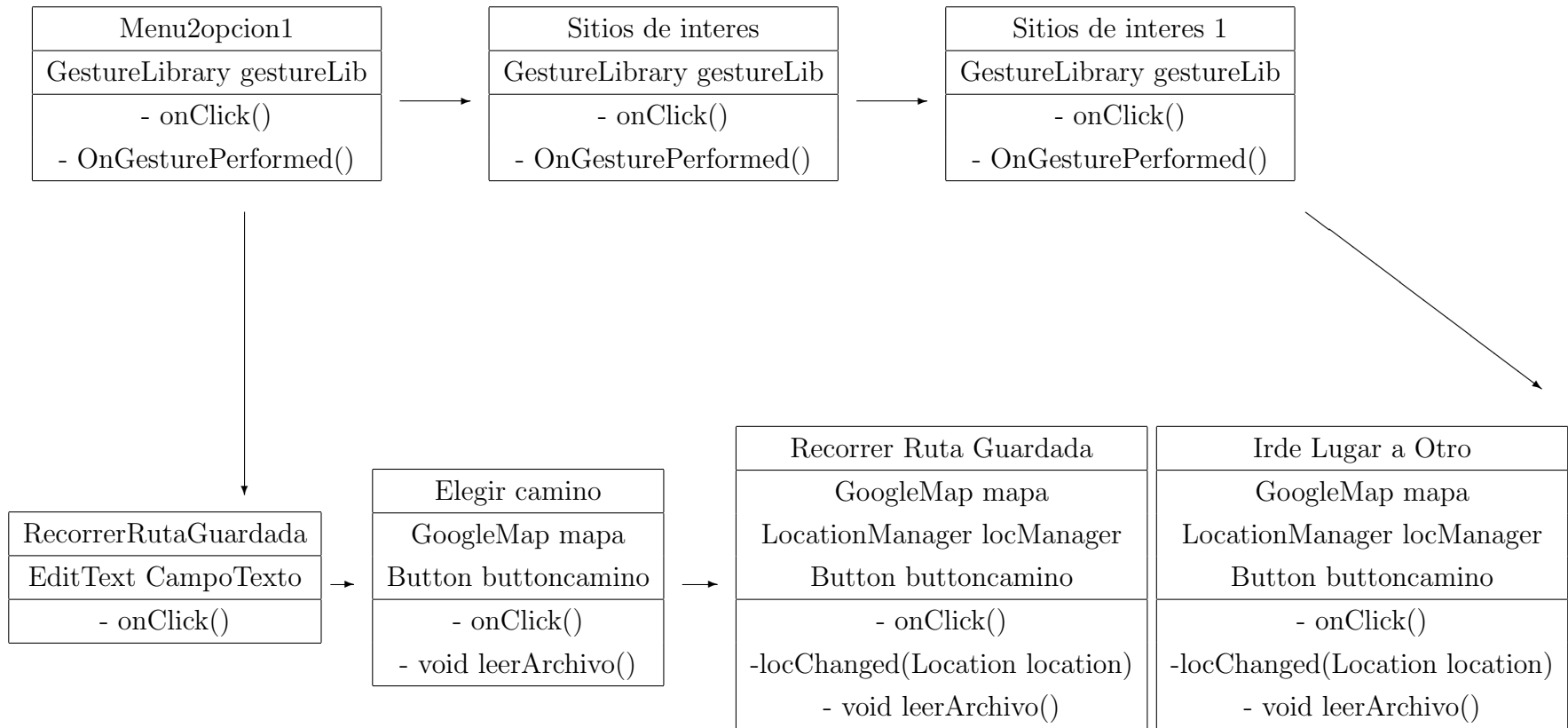
8. **MenuGuardarCamino** En el caso de que se elija la opción de guardar camino en el menú principal, se mostrará este menú en el que se da a elegir entre guardar un camino manualmente (Sólo los sitios que se consideren importantes mediante la pulsación del boton de guardado situado en la parte inferior de la pantalla) o guardar el camino guardando (la posición automáticamente cada 30 segundos aunque también existirá la posibilidad de que manualmente se guarden puntos que se consideren importantes). Esto se podrá realizar mediante la interfaz de botones o la de dibujar números. En el caso de que se seleccione la opción de guardar el camino manualmente, se pasará a la activity guardaManual. Si por el contrario, se selecciona guardar camino automáticamente se pasará a la actividad GuardaCamino.
9. **GuardadoManual** En esta actividad se muestra un botón con el que se marca el inicio y el final de camino en la parte superior de la pantalla. Se muestra otro botón con el que se marcan los puntos que se consideren clave de la ruta (ej. cambios de dirección. Dicho botón se sitúa en la parte inferior de la pantalla.
10. **GuardarCamino** En esta actividad se muestra un botón con el que se marca el inicio y el final de camino en la parte superior de la pantalla. Se muestra otro botón con el que se marcan los puntos clave de la ruta en la parte inferior de la pantalla. En esta actividad, además de los dos puntos anteriores comunes a la de guardado manual, tiene la nueva funcionalidad de que se van guardando las posiciones (latitud y longitud) del usuario cada 5 segundos aunque no se haya pulsado el boton de guardar punto.
11. **Localizacion en Mapa** En esta activity se activa cuando se selecciona la opcion tres del menú principal. En dicha activity se sitúa al usuario en el mapa y se da información acerca del punto mas cercano que tiene y su distancia en linea recta hasta él.
12. **Mapa dibujado** En esta activity se muestran los puntos guardados manualmente y/o automáticamente en el camino i”seleccionado anteriormente. Esta funcionalidad de la aplicación es para un posible ayudante del invidente que pueda guiarle en su ruta, o para que compruebe un tercero que el camino se ha guardado satisfactoriamente.
13. **RecorrerRutaGuardada** Mediante esta activiy se da la funcionalidad de volver a recorrer una ruta guardada. Se dan las indicaciones generales para

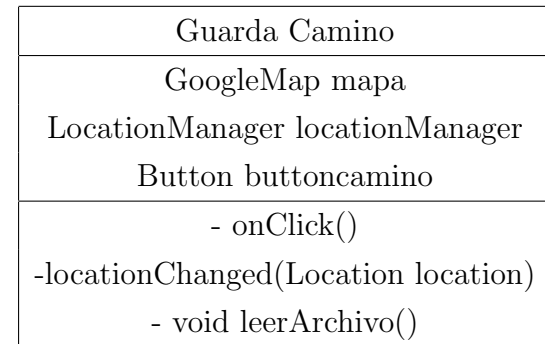
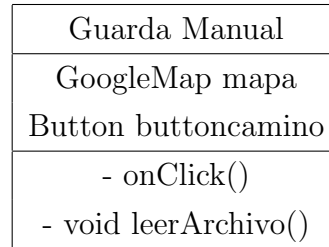
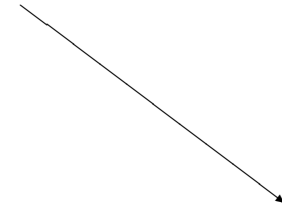
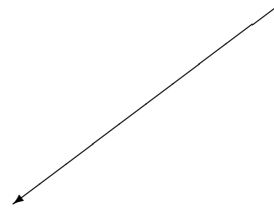
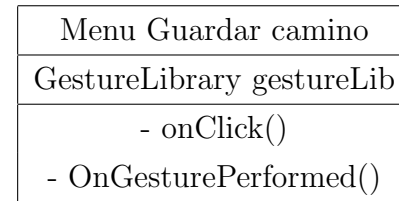
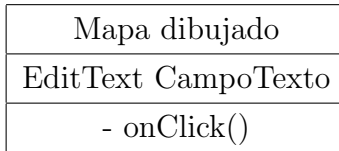
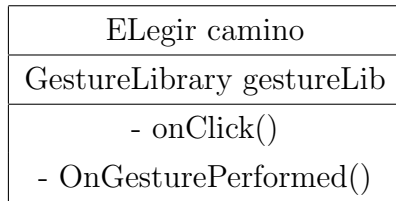
recorrer la ruta guardada y, además cuando se llega a un nuevo punto vibra en señal de que se ha llegado a un nuevo punto intermedio.

C.2. Diagramas de clases de la aplicación

A continuación se muestran los diagramas de clases:







Apéndice D

Manual de usuario

En un principio este apéndice no estaba previsto realizarse, pero se ha reconsiderado y, aunque no es totalmente necesario, se realizará como información adicional. Como se ha comentado durante todo el proyecto, la aplicación es totalmente intuitiva además de contener toda la información necesaria para el uso de la misma, pero en el caso del uso del talkback de Android no es totalmente así y es por ello el motivo de este apéndice. No obstante, en este apartado se resumirán las funciones disponibles en la aplicación y el acceso a ellas.

■ Aplicación GPS

Al iniciar la aplicación se tiene un menú en el cual, por "gestos" o dibujos de números, se puede acceder a los distintos interfaces de la aplicación:

- Si se dibuja un cero se accede a la interfaz de voz
- Si se dibuja un uno se accede a la interfaz de botones
- Si se dibuja un dos se accede a la interfaz de "gestos" o dibujo de números.

En la interfaz de voz todo es mucho más directo, presionando el botón y diciendo la acción que se desea realizar, se accede a ella. Guardar o guarda para guardar camino, localización para saber donde se está o el nombre del destino al que se desea ir para iniciar el trayecto hacia ese destino son unos ejemplos de ello.

En la interfaz de gestos o dibujo de números, se informa en todo momento la acción que corresponde a cada número.

Por último en la interfaz de botones, se muestran distintos menús con botones lo suficientemente grandes y con fuente de letra lo suficientemente grande para

que un posible usuario con visión por debajo del 100 % no tenga dificultades para el uso de la aplicación.

- Talkback

Talkback es una herramienta de Android que consiste usar una voz sintetizada para leer todo lo que acontece en la pantalla: botones, texto, widgets... etc. Si se usa por primera vez, es muy engorrosa de utilizar y, si no se ha leído nada al respecto, la experiencia de uso puede resultar frustrante e incluso llegar a desesperar. Es por ello por lo que se ha realizado este apartado del proyecto. A continuación se describe la forma adecuada de utilización y uso de esta interfaz. Se describirán los puntos más importantes:

- Si se usa talkback, lo primero que hay que tener claro es que un sólo click deja de significar presionar la pantalla para acceder a algo o obtener un cambio. Presionar una vez usando talkback es sinónimo de preguntar qué aparece en la pantalla.
- Para acceder realizar la acción de apretar un botón que realizamos normalmente, se debe pulsar dos veces la pantalla sucesivamente.
- Para realizar la acción de desplazar un dedo sobre la pantalla, se debe hacer con dos dedos a la vez.
- Para usar la interfaz de dibujos, se debe realizar con dos dedos al igual que si quisieramos deslizar un dedo sobre la pantalla
- Si se desea escuchar lo que aparece en un lugar de la pantalla y no se escucha nada, se puede intentar presionar en otro lugar de la pantalla y luego volver a presionar en el lugar que se desea escuchar lo que aparece en esa zona.

Apéndice E

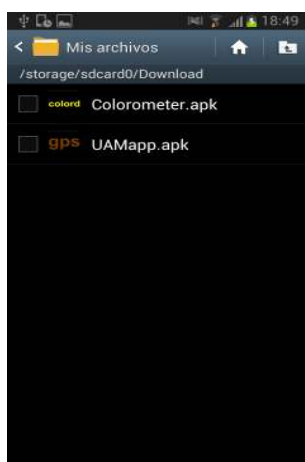
Glosario

- *IDC* International Data Corporation
- *SDK* Software development kit.
- *ADT* Android Development Tools.
- *AVDM* Android Virtual Device Manager.
- *iOS* iphone operative system
- *OMS* Organización Mundial de la salud.
- *GPS* Global Positioning System.
- *SQL* Structured Query Language
- *app* aplicación móvil.

Apéndice F

Publicaciones y trabajo adicional

Se ha realizado la exportación de las aplicaciones del colorímetro y la aplicación GPS. Para ello se han tenido que generar las claves necesarias para cifrar las aplicaciones. En concreto la aplicación GPS necesita licencias de Google, con su correspondiente acceso a la "API console" y la generación de una clave Hash a partir de la huella del PC SHA-1. La aplicación está lista para subirse, pero puesto que se planeó que la aplicación de GPS prosiguiese, no se ha subido a Google play. Se podría haber subido, ya que está en plenas condiciones de ser una versión 1.0 pero como lleva mucha responsabilidad (Se pone en juego la vida de invidentes), se ha decidido no subirla. A continuación se muestra un printscreen de dichos .apk generados:



Se muestran en las páginas siguientes las publicaciones realizadas y enviadas a congreso:

A GPS-based Tool to Guide Blind Persons using Standard Telephones

Tomás Merino Mateo
DSLAb, School of Engineering
Universidad Autónoma de Madrid
Spain
+34 914974574
tomas.merinom@gmail.com

Daniel Herrero García
DSLAb, School of Engineering
Universidad Autónoma de Madrid
Spain
+34 914974574
dan.herrero@estudiante.uam.es

Eduardo Boemo
DSLAb, School of Engineering
Universidad Autónoma de Madrid
Spain
+34 914976213
eduardo.boemo@uam.es

ABSTRACT

Modern standard mobile telephones are a unique piece of complex electronics. Using these devices as a platform, researchers on assistive technologies can get advantages in terms of time, cost, and reliability that are unthinkable departing from the design of tailored hardware and software. From the user side, a set of aids tools are always available, considering that a smartphone is part of the daily outfit of any person. In this paper, we present an application to guide blind persons developed using the ordinary GPS, compass and accessibility tools of a cell phone. The program gives indication to reach pre-programmed places, or allows the user to create a database of particular trajectories. The prototype system is restricted to the campus of the Autónoma University of Madrid in Spain, but the scaling to embrace large areas is direct. The tool do not replace other aids but it is enough precise to meet the objectives. Both Apple iOS and Android terminals are covered but this paper is focused in the first one.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [Social Issues]: *Assistive technologies for persons with disabilities*

General Terms

Algorithms, Measurement, Design.

Keywords

Blind Navigation Tool, GPS, Compass, Smartphone, iOS, Android, Geolocation, Accessibility, and Tiflotechnology.

1. INTRODUCTION

Since the popularization of the GPS (Global Positioning System) [1] important efforts have been done to adapt them to blind persons. First initiatives were implemented utilizing custom hardware or interconnecting stand-alone GPS and processor boards [2]-[6]. However, in recent years complete applications using standard phones are dominants. In [7], a Nokia N73 based system to guide passengers of public transport in the city of Mexico is presented. The work [8] develops a program for a

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Nokia 6620 running Symbian 7.0. In [9] Windows Mobile and Motorola terminals are utilized. An application for Android HCT terminal that get position by comparing images is presented in [10]. In [11] and [12], other solutions for Android are presented.

2. PHONE COMPONENTS SUITABLE FOR BLIND NAVIGATION

Actual telephones include both GPS and compass. The precision of first one is improved by utilizing geographical information provided by the cellular telephony network information and WIFI signals in the so-called Assisted GPS or AGPS. The other fundamental element for navigation is the digital compass [13]. It gets a direction by locally measuring the terrestrial magnetic field. This magnitude can be disturbed by the interference produced for electrical devices or ferrous structures [14]. In this project, GPS is utilized to get position and compass to orientate the user toward the programmed destination. The precision is enough to meet the goals of the project. A detailed study about the exactitude of GSP in phones can be found in [15].

In order to minimize the amount of data to be managed during the development of the project, the cartographical information is limited to main buildings, roads, and facilities of Universidad Autónoma of Madrid campus. This covers an area of 220 hectares and the application indexes near 80 destinations. Points of interest like academic departments, offices, train and buses stations, sport centers, or libraries are included. In addition, the user can create and store his/her own trajectories in real-time simply by walking from particular one point to other. The scaling to embrace neighborhoods or even complete cities is straightforward: Most of the information already is available in cartographical tools like Google Maps, Microsoft Bing, or OpenStreet.

The campus is characterized as a graph where the coordinates of all useful destinations have been previously located. Architectural barriers have been also annotated. Once the actual position of the user is determined using the GPS, the phone pronounce a list of points to reach. Then, it gives real-time voice indications to follow a safe and optimal path toward the selected target.

Fig.1 shows a map of the campus. The situation of the main entrance of each target was obtained manually storing the information provided by the phone GPS. A graph with the optimal paths has been calculated and them on-site verified to check the absence of obstacles.

3. HUMAN INTERFASE

Smartphones present tactile screens that in principle are less suitable than an ordinary keyboard for the application. Both Apple iOS and Android offers some strategies to overcome this problem. For iPhones, the *VoiceOver* technology [16] is extensively utilized to read the screen. It also gives information about the position of each menu zone. Once a menu is open, *VoiceOver* start reading the options. A double tap on the screen open the next associated menu. Additional usability is obtained by the inclusion of a menu code composed of stickers on the mobile surface.

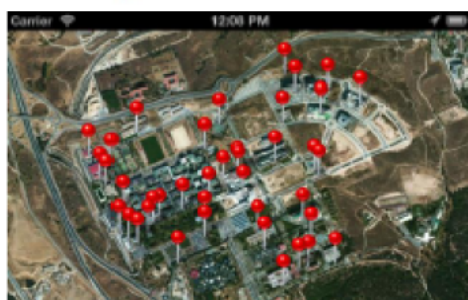


Figure 1: UAM Campus map (above) and pre-recorded destinations (below)



Figure 2: Graph of secure paths between recorded destinations

The screen of the application is divided in few large areas, each one for a submenu option. Large fonts and a set of colors with high contrast have been selected. The interface is intended for blind persons but also for people with normal vision. They can

occasionally help the user in task like to store new trajectories, or read map information.

4. APPLICATION ARCHITECTURE

The main menu (Fig. 3) shows the general organization of the tool. There are two principal routines and two additional ones, just for instruction and configuration.



Figure 3: Main menu

The main parts of the program are:

4.1 Information and Instructions

Even when the application is intended to be learned with the assistance of an instructor, a tutoring manual adapted to *VoiceOver* is included. This menu can be disabled once the person learns to use the application.

4.2 Options

This part is the access to the application setup. It permit to modify colors, to establish an particular building or coordinates as origin point, and minimize the level of information and instructions once the operation is known.

4.3 How to Reach

Opening this option, the coordinates of the user are determined. Then, the pre-programmed list of destinations is read.

4.4 Navigation

This part is the core of the application. Once the target is selected (a pre-recorded place or a destination stored by the user), the telephone start giving audible instructions. Both GPS and compass are utilized. The first one detects the starting and successive real-time user situations to calculate the optimal route. In some points, an indication about a new direction is given, and the user must turn until the phone compass point to the right path. This is confirmed by the new indication about to the distance to walk. The procedure is repeated until the target is reached.

The program has a database with problematical place of the campus like traffic circle, walkways, or obstacles. It informs the user about these points if the distance is less than 10 meters. The warning includes data about the type of obstacle, and a signal based on the phone vibration mechanism is activated.

In addition to the voice instructions, the screen also shows the path on the map and a text with the indications (Fig.4). Thus, if it is necessary, in any moment the user can ask any doubt to a normal vision person. Visual information also is essential during the development, verification, and test of the application.



Figure 4: Auxiliary graphical and text information

4.5 New trajectories

This part of the application allows the user to store his or her own trajectories. In this case, the target is not restricted to the university campus. For example, a path from home to the bus station, supermarket, or other particular target can be added. The recorded destinations are then listed by voice.

In order to add a new trajectory, the user pronounces a destination name and the voice recognizer store the data. Then, he or she must start walking, pushing the screen to add a new point to the trajectory. A vibration signal of acknowledgement is generated after the point is stored. These positions must be selected to include direction changes, possible obstacles or intermediate interest points. Figure 5 shows for example a set of extra points selected to pass over traffic circle. Visual information and keyboard also is available to make easier the assistance of a normal vision person, if it is necessary.

5. MAIN RESULTS

The application [17] only makes use of standard features of a commercial phone. A parallel action of the project also has been finished to embrace Android terminals [18]. In particular, a Samsung Galaxy Note II is being utilized. In the moments of writing this report, exhaustive tests are being taken into account. An iPhone 4S is utilized during the field experiments. The test showed that the application is fast and precise in the open spaces of the campus, and acceptable near some buildings.

In order to test the precision of the assisted GPS, the coordinates returned by the phone have been contrasted with the ones provided by Google Earth. An average of 9.4 meters was measured and maximum error was up to 26.8 meters. For safety reasons the program inform about an obstacle with a margin of 10 meters. So, in some cases, the alarm is activated too early. Average error in the compass was measured near 6.3°. It can be minimized by repeating the shifting of the phone.



Figure 5: Extra points that can be manually recorded

The tool is integrated with other application that employs the phone camera as a color detector [18]. In this case, the user just needs to point toward an object – for example, to a jersey or a trouser – and the application return using VoiceOver the color of the target. This tool was suggested by a blind person during interviews previous to the project.



Figure 6: Color detector auxiliary application

Future work includes the integration of the application with a wireless sensor networks that sense the proximity of cars in the crossways. In this case, the Bluetooth interface is utilized to connect the phone with the sensors.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This project have been granted by the actions "2011 Latin American Research Project Universidad Autónoma de Madrid – Banco Santander" and the Fundación Vodafone of Spain. Additional funds have been provided by Euroform Project of the DSLab UAM.

7. REFERENCES

- [1] <http://www.gps.gov/>
- [2] http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2/Space_technology_to_help_the_blind
- [3] Kaminski, L.; Kowalik, R.; Lubniewski, Z.; Stepnowski, A., *VOICE MAPS - portable, dedicated GIS for supporting the street navigation and self-dependent movement of the blind*. In *Proc. 2010 International Conference on Information Technology (ICIT)*, pp.153,156, 28-30 June 2010.
- [4] Hideo Makino H., Ishii I. and Nakashizuka M., *Development of navigation system for the blind using gps and mobile phone combination*. In *18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Amsterdam 1996. IEEE Press, New York 1996.
- [5] Santhosh, S., Sasiprabha, T. and Jeberson, R. *BLI - NAV embedded navigation system for blind people*. In *Proc. Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change (RSTSCC)*, Pages: 277- 282, IEEE Press, New York 2010.
- [6] Sánchez J. and Torre N., *Autonomous Navigation through the City for the Blind*. In *Proc. ASSETS '10* (October 25 - 27, 2010, Orlando, Florida). ACM, New York, 2010.
- [7] Mata F., Jaramillo A., and Claramunt3 C., *A Mobile Navigation and Orientation System for Blind Users in a Metrobus Environment*. In *Proc. W2GIS 2011*, LNCS 6574, Pages: 94–108, 2011. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2011.
- [8] Narasimhan P., Gandhi R. and Rossi D., *Smartphone-Based Assistive Technologies for the Blind*. In *Proc. CASES '09*, Pages 223-232. ACM New York, 2009.
- [9] Yu Z., Xu Y., Yang J. and Bi R., *Development of a navigation system for the blinds*. In *8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICSP)*, Pages: 1-4. IEEE Press, New York 2011.
- [10] Khan N. and McCane B., *Smart Phone Application for Indoor Scene Localization*. In *Proc. ASSETS '12*, (October 22–24, 2012, Boulder, Colorado). ACM, New York, 2012.
- [11] Behmer J. and Knox S. *LocalEyes: accessible GPS and points of interes*. In *Proc. ASSETS '10*, Pages 323-324. ACM New York, 2010.
- [12] Tracey J. Mehigan T., and Pitt I., *Harnessing Wireless Technologies for Campus Navigation by Blind Students and Visitors*, In *Proc. ICCHP 2012, Part II*, LNCS 7383, pp. 67–74, 2012. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2012.
- [13] Dixon-Warren S. *Motion sensing in the iPhone 4: electronic compass*. In *MEMS Journal*, February 10, 2011, <http://www.memsjournal.com/>
- [14] Stork t., *Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52*. AN00022, Philips Semiconductors, March 2000.
- [15] Retscher, G. and Hecht, T., *Investigation of location capabilities of four different smartphones for LBS navigation applications*. In *Proc. 2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, Pages: 1-4. IEEE Press, New York 2012.
- [16] Apple Inc., <http://www.apple.com/accessibility/iphone/vision.html>
- [17] Merino, T. 2013, *Development in IOS of Applications of GPS to guide blind persons*, Master Thesis, School of Engineering, Universidad Autónoma de Madrid, Spain.
- [18] Herrero, D., 2013 *Blind Persons Aids using Android Telephones*, Master Thesis, School of Engineering, Universidad Autónoma de Madrid, Spain.

Apéndice G

Puntos registrados

Coordenadas latitud y longitud	Sitio del campus
40.54700049717448;-3.6916691064834594	Escuela politecnica superior edificio A
40.54730621719177;-3.6917978525161743	Escuela politecnica superior edificio B
40.5477138417106;-3.6917737126350403	Escuela politecnica superior edificio C
40.544452776092356;-3.6954832077026367	Rectorado y servicios centrales
40.54480334826339;-3.6983370780944824	Facultad de Filosofia y Letras
40.54504385601717;-3.697698712348938	Facultad de Formación Profesorado y Educacion
40.54561047256543;-3.6961913108825683	Facultad de Ciencias Economicas y Empresariales
40.545838748381335;-3.6953437328338623	Facultad de Ciencias
40.5435314962914;-3.6923933029174804	Facultad de Psicologia
40.54287110208828;-3.691835403442383	Facultad de Biologia
40.54181119654699;-3.6912506818771362	Facultad de Derecho
40.5433113656138;-3.6995387077331543	Biblioteca de Humanidades
40.546311602953565;-3.6891210079193115	Fundaciones
40.543433660523995;-3.699098825454712	Idiomas/Centro superior de musica
40.543719014446125;-3.6980795860290527	Centro de Estudios de Postgrado
40.544721820015276;-3.7001824378967285	Pabellón de servicios Universitarios
40.546548028987765;-3.7012016773223877	Polideportivo
40.54683336964172;-3.699796199798584	Pistas de Tenis,futbol sala, padel y discapacitados
40.54799917739762;-3.700547218322754	Pistas de balocesto y tenis
40.54556970894501;-3.700418472290039	Piscinas cubiertas y al aire libre
40.54449761682122;-3.690134882926941	Centro Nacional de Biotecnologia - CSIC
40.54223923734212;-3.6894750595092773	Centro de Catalisis y Petrotecnologia - CSIC

Cuadro G.1: Coordenadas sitios registrados y su nombre 1

Coordenadas latitud y longitud	Sitio del campus
40.54269581117548;-3.68966281414032	Instituto de Ciencia de Materiales - CSIC
40.54281810720952;-3.688488006591797	Instituto de Ceramica y Vidrio - CSIC
40.5460996340754;-3.6941635608673095	Segainvex
40.548423102459196;-3.6946463584899902	Escuela infantil Barbel Inhelder
40.54137092316128;-3.696298599243164	Colegio Principe de Asturias
40.5453740432216;-3.693251609802246	Plaza Mayor UAM
40.54376793213929;-3.700300455093384	Estacion de tren de Cercanias
40.54641758714108;-3.6936914920806884	Ingenieria Quimica y tecnologia de los alimentos
40.54601810740517;-3.6935842037200927	Laboratorio de Altas Energías
40.54703718365025;-3.7014055252075195	Servicio de deportes
40.548732892153346;-3.698122501373291	Residencia Universitaria Erasmo de Rotterdam
40.54677630160818;-3.689432144165039	Biblioteca de Ciencias
40.54212916997034;-3.690505027770996	Facultad de Ciencias Politicas y Empresariales
40.54980899258771;-3.6902475357055664	Centro de Biologia Molecular "Severo Ochoa"
40.547428504807925;-3.6949896812438965	Invernadero de Investigacion
40.54876550151149;-3.6890673637390136	Servicios Centrales de Apoyo a la Investigacion(SCAI)
40.55065681711472;-3.6909985542297363	APADUAM
40.549645948178835;-3.688809871673584	Centro de Investigacion de Alimentos(CIAL)
40.549531816856465;-3.6872220039367676	Instituto de Ciencias Matematicas
40.54737958978826;-3.6983370780944824	Campo de Rugby
40.547803518771815;-3.6967062950134277	Campos de Futbol 11
40.54822527113091;-3.6923453806957696	Facultad de profesorado y educacion

Cuadro G.2: Coordenadas sitios registrados y su nombre 2

Bibliografía

- [1] <http://www.gps.gov/>
- [2] http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2/Space_technology_to_help_the_blind
- [3] Kaminski, L.; Kowalik, R.; Lubniewski, Z.; Stepnowski, A., VOICE MAPS - portable, dedicated GIS for supporting the street navigation and self-dependent movement of the blind. In Proc. 2010 International Conference on Information Technology (ICIT), pp.153,156, 28-30 June 2010.
- [4] Hideo Makino H., Ishii I. and Nakashizuka M., Development of navigation system for the blind using gps and mobile phone combination. In 18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Amsterdam 1996. IEEE Press, New York 1996.
- [5] Santhosh, S., Sasiprabha, T. and Jeberson, R. BLI - NAV embedded navigation system for blind people. In Proc. Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change (RSTSCC), Pages: 277 to 282, IEEE Press, New York 2010
- [6] Sánchez J. and Torre N., Autonomous Navigation through the City for the Blind. In Proc. ASSETS 10 (October 25 to 27, 2010, Orlando, Florida). ACM, New York, 2010.
- [7] Mata F., Jaramillo A., and Claramunt C., A Mobile Navigation and Orientation System for Blind Users in a Metrobus Environment. In Proc. W2GIS 2011, LNCS 6574, Pages: 94 to 108, 2011. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2011.
- [8] Narasimhan P., Gandhi R. and Rossi D., Smartphone Based Assistive Technologies for the Blind. In Proc. CASES 09, Pages 223 to 232. ACM New York, 2009.
- [9] Yu Z.Xu Y., Yang J. and Bi R., Development of a navigation system for the blinds. In 8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS), Pages: 1 to 4. IEEE Press, New York 2011.

- [10] Khan N. and McCane B., Smart Phone Application for Indoor Scene Localization. In Proc. ASSETS 12, (October 22 to 24, 2012, Boulder, Colorado). ACM, New York, 2012.
- [11] Behmer J. and Knox S. LocalEyes: accessible GPS and points of interes. In Proc. ASSETS 10, Pages 323 to 324. ACM New York, 2010.
- [12] Tracey J. Mehigan T., and Pitt I., Harnessing Wireless Technologies for Campus Navigation by Blind Students and Visitors, In Proc. ICCHP 2012, Part II, LNCS 7383, pp. 67 to 74, 2012. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2012
- [13] Google maps site:
<https://developers.google.com/maps/documentation/android/>
- [14] Documentacion de Android:
<http://developer.android.com/reference/packages.html>
- [15] Referencia historia Android: http://www.muchoandroid.com.ar/2012_03_01_archive.html
- [16] Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Android_Inc.
- [17] Sams Teach Yourself Java in 21 days, Rogers Cadenhead.
- [18] Localizar latitud y longitud de un punto: http://www.agenciacreativa.net/coordenadas_google_maps.php
- [19] Iphone and iPad APP 24 hour trainer.
- [20] iOS 5 programming cookbook, Vandad Nahavandipoor.
- [21] Periodicos, revistas, twiter... Información tecnológica actual
- [22] Blackberry:
<http://www.bb-pr.net/la-historia-de-blackberry-el-comienzo-de-la-evolucion>
- [23] Blackberry 2:
<http://onsoftware.softonic.com/evolucion-sistema-operativo-blackberry-imagenes>
- [24] Blackberry 3:
<http://www.xatakamovil.com/blackberry/blackberry-un-poco-de-historia>
- [25] Windows Phone:
<http://www.slideshare.net/aLeXiToStHeBeSt/windows-mobile-14636034>

- [26] Ubuntu Mobile: <http://www.ubuntu.com/devices/phone>
- [27] FireFox OS <http://www.mozilla.org/es-ES/firefox/partners/>
- [28] Noticia abc:
<http://www.abc.es/tecnologia/moviles-telefonía/20130207/abci-apple-lidera-smartphones-201302071858.html>
- [29] Situación S.O.:
<http://andro4all.com/2012/09/cuota-mercado-smartphone-q3-2012>
- [30] xatakamovil.com
<http://www.xatakamovil.com/mercado/android-y-ios-se-quedañ-con-el-87-6-de-la-cuota-de-mercado-en-2012-segun-idc>
- [31] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- [32] http://www.integrando.org.ar/investigando/dis_visual.htm
- [33] <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/discapacidad-visual/>
- [34] <http://www.aoa.org/documents/CPG-14.pdf>
- [35] <http://alepc.wordpress.com/discapacidad-visual-2/>
- [36] <http://www.news-medical.net/health/Causes-of-visual-impairment.aspx>
- [37] Android 2 Application Development, Reto Meier.
- [38] Pro Android 2, Sayed Hashimi — Satya Komatineni — Dave MacLean
- [39] Guía para desarrolladores, Frank Ableson, Charlie Collins, Robi Sen

Apéndice H

Presupuesto

1) Ejecución Material

▪ Compra de ordenador personal (Software incluido)	2.000 €
▪ Dispositivos móviles para test	800 €
▪ Material de oficina	50 €
▪ Total de ejecución material	2.850 €

2) Honorarios Proyecto

▪ 1800 horas a 15 €/ hora	27000 €
---------------------------	---------

3) Material fungible

▪ Gastos de impresión	50 €
▪ Encuadernación	50 €

4) Subtotal del presupuesto

▪ Subtotal Presupuesto	29.950 €
------------------------	----------

5) I.V.A. aplicable

▪ 21 % Subtotal Presupuesto	6.289,5 €
-----------------------------	-----------

6) Total presupuesto

▪ Total Presupuesto	36.239,5 €
---------------------	------------

Madrid, Mayo 2013

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Daniel Herrero García

Ingeniero Superior de Telecomunicación

Apéndice I

Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un *Ayuda para invidentes utilizando teléfonos Android*. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales.

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.
6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.
7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.
8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.
9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.
10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.
11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las

- obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partidaalzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.
 13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.
 14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.
 15. La garantía definitiva será del 4
 16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
 17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.
 18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
 19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
 20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de

ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.
22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrataz anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares.

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.
11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.
12. La localización del usuario podrá tener precisión en lugares de "sombra" donde las pérdidas de la señal GPS son mayores, como por ejemplo en las proximidades de edificios grandes ó debajo de un árbol.
13. La información que se obtiene de la aplicación no se debe seguir al pie de la letra, sino que es orientativa, es un complemento para el desplazamiento. Se debe tener en cuenta que el usuario debe tener además sus medios necesarios para el desplazamiento. Por ejemplo: el bastón o el perro guía.
14. La identificación de colores será tanto más acertada cuanto más ideales sean las condiciones de realización de las fotografías.

15. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.