

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



# **PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Cartografía Asistida para Ciegos en Teléfonos Android**

**Daniel Arjona Hernández**

**Julio 2014**



# **Cartografía Asistida para Ciegos en Teléfonos Android**

**AUTOR: Daniel Arjona Hernández**  
**TUTOR: Eduardo Boemo Scalvinoni**

**DSLab**  
**Dpto. de Tecnología Electrónica y Comunicaciones**  
**Escuela Politécnica Superior**  
**Universidad Autónoma de Madrid**  
**Julio 2014**

## *Agradecimientos*

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia todo el apoyo, cariño y preocupación que me han ofrecido durante todos estos años. Gracias a todos, desde mis padres, a mis hermanos, mis cuñadas y a mis dos enanos.

Posteriormente, dar las gracias a mi tutor Eduardo por darme la oportunidad de poder realizar este proyecto junto a él.

Por último, no me olvido de los grandes amigos conocidos durante esta carrera, Alberto, Javi, Sergio e Iván, que sin ellos todo hubiese sido más duro y difícil de llevar.

# INDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1	Motivación.....	7
1.2	Objetivos.....	7
1.3	Organización de la memoria .....	7
<b>2</b>	<b>Estado del arte.....</b>	<b>8</b>
2.1	Introducción .....	8
2.2	Geolocalización .....	10
2.2.1	Introducción .....	10
2.2.2	Sistemas de localización de dispositivos móviles .....	10
2.2.2.1	Técnicas basadas en la red.....	10
2.2.2.2	Técnicas basadas en los componentes de móvil.....	13
2.3	Investigaciones relacionadas hasta el momento.....	17
2.3.1	Introducción .....	17
2.3.2	Investigaciones relacionadas con el proyecto .....	18
<b>3</b>	<b>Diseño del sistema .....</b>	<b>22</b>
3.1	Introducción .....	22
3.2	Diagrama y estado del sistema .....	22
3.3	Herramientas utilizadas.....	23
3.3.1	Google Maps API Versión 2.....	23
3.3.2	Bases de datos SQLite .....	25
3.3.3	Google Gesture .....	25
3.3.4	Reconocimiento de voz.....	28
<b>4</b>	<b>Desarrollo del sistema.....</b>	<b>29</b>
4.1	Introducción .....	29
4.2	Base de datos escogida .....	29
4.3	Pantalla inicial .....	31
4.3.1	Versión inicial.....	31
4.4	Modo normal .....	33
4.4.1	Versión inicial .....	33
4.4.2	Versión final .....	34
4.4.3	Grabar trayectoria .....	37
4.4.3.1	Descripción general.....	37
4.4.3.2	Versión final .....	38
4.4.4	Mostrar todas las trayectorias .....	46
4.4.4.1	Versión inicial .....	46
4.4.4.2	Versión final .....	48
4.5	Modo invidente .....	48
4.5.1	Iniciar una trayectoria .....	49
4.5.2	Mostrar trayectorias .....	52
4.5.3	Guiar trayectoria .....	53
4.5.3.1	Descripción general.....	53
4.5.3.2	Versión final .....	53

<b>5 Conclusiones</b> .....	<b>60</b>
<b>6 Trabajo futuro</b> .....	<b>61</b>
<b>7 Bibliografía</b> .....	<b>62</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>- 1 -</b>

## INDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 2-1 PORCENTAJE DE SMARTPHONES [1] .....	8
ILUSTRACIÓN 2-2 FUTURO TECNOLÓGICO [2].....	8
ILUSTRACIÓN 2-3 SISTEMAS OPERATIVOS [3].....	9
ILUSTRACIÓN 2-4 TÉCNICA E-CELLID [4].....	11
ILUSTRACIÓN 2-5 TÉCNICA AOA O DOA [5].....	11
ILUSTRACIÓN 2-6 TÉCNICA MF [6] .....	12
ILUSTRACIÓN 2-7 TÉCNICA TOA [6].....	12
ILUSTRACIÓN 2-8 TÉCNICA TDOA [6].....	13
ILUSTRACIÓN 2-9 CONSTELACIÓN NAVSTAR [7] .....	14
ILUSTRACIÓN 2-10 ESTACIONES TERRESTRES GPS [8] .....	14
ILUSTRACIÓN 2-11 FUNCIONAMIENTO GPS DEPENDIENDO DEL NÚMERO DE SATÉLITES ( (A) UNO, (B) DOS, (C) TRES, (D) CUATRO) [9].....	15
ILUSTRACIÓN 2-12 SISTEMAS A-GPS [10].....	16
ILUSTRACIÓN 2-13 EJEMPLOS APLICACIONES CON GEOLOCALIZACIÓN .....	17
ILUSTRACIÓN 2-14 APP&TOWN TRANSPORTE PÚBLICO.....	18
ILUSTRACIÓN 2-15 ON THE BUS: GUIADO A PARADA [16].....	19
ILUSTRACIÓN 2-16 ON THE BUS: DIFERENTES TEMAS Y CONFIGURACIÓN DE COLORES [16].....	19
ILUSTRACIÓN 2-17 ON THE BUS: SELECCIÓN DESTINO CON TECLADO [16] .....	20
ILUSTRACIÓN 2-18 ON THE BUS: SELECCIÓN DE DESTINO MAPA [16] .....	20

ILUSTRACIÓN 2-19 ON THE BUS: SELECCIÓN DE DESTINO GESTURE [16].....	21
ILUSTRACIÓN 2-20 ON THE BUS: SELECCIÓN DE DESTINO POR VOZ [16].....	21
ILUSTRACIÓN 3-1 ESTADOS DEL SISTEMA.....	22
ILUSTRACIÓN 3-2 PERMISOS API GOOGLE MAPS .....	23
ILUSTRACIÓN 3-3 PERMISOS APLICACIÓN .....	24
ILUSTRACIÓN 3-4 MAPA GOOGLE MAPS.....	24
ILUSTRACIÓN 3-5 GOOGLE GESTURE SEARCH: LOGO .....	25
ILUSTRACIÓN 3-6 GOOGLE GESTURE SEARCH: FUNCIONAMIENTO .....	26
ILUSTRACIÓN 3-7 GOOGLE GESTURE SEARCH: BASE DE DATOS.....	26
ILUSTRACIÓN 3-8 GOOGLE GESTURE SEARCH: PRUEBA.....	27
ILUSTRACIÓN 3-9 BÚSQUEDA POR VOZ: LOGO .....	28
ILUSTRACIÓN 3-10 BÚSQUEDA POR VOZ: PRUEBA.....	28
ILUSTRACIÓN 4-1 SQLITE VERSIÓN FINAL .....	30
ILUSTRACIÓN 4-2 PANTALLA INICIO: PRIMERA VERSIÓN.....	31
ILUSTRACIÓN 4-3 PANTALLA INICIO: RESULTADO FINAL .....	32
ILUSTRACIÓN 4-4 PANTALLA INICIO: SIN TRAYECTORIAS .....	32
ILUSTRACIÓN 4-5 MODO NORMAL: PRIMERA VERSIÓN .....	33
ILUSTRACIÓN 4-6 MODO NORMAL: PRIMERA VERSIÓN BORRAR BASE .....	33
ILUSTRACIÓN 4-7 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL LISTADO TRAYECTORIAS PARA ELIMINAR ...	34
ILUSTRACIÓN 4-8 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL BORRADO TRAYECTORIA.....	34
ILUSTRACIÓN 4-9 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL CÓDIGO CONFIRMACIÓN.....	35
ILUSTRACIÓN 4-10 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL CÓDIGO ERRÓNEO.....	35
ILUSTRACIÓN 4-11 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL CÓDIGO CORRECTO.....	36
ILUSTRACIÓN 4-12 MODO NORMAL: VERSIÓN FINAL SIN TRAYECTORIAS .....	36
ILUSTRACIÓN 4-13 GRABAR TRAYECTORIA: VERSIÓN INICIAL.....	37
ILUSTRACIÓN 4-14 GRABAR TRAYECTORIA: ALERTA PARÁMETROS .....	38

ILUSTRACIÓN 4-15 GRABAR TRAYECTORIA: ALERTA PARÁMETROS NO COMPLETOS .....	38
ILUSTRACIÓN 4-16 GRABAR TRAYECTORIA: AJUSTES GPS .....	39
ILUSTRACIÓN 4-17 GRABAR TRAYECTORIA: INTERFAZ FINAL .....	39
ILUSTRACIÓN 4-18 GRABAR TRAYECTORIA: GPS CARGANDO .....	40
ILUSTRACIÓN 4-19 GRABAR TRAYECTORIA: ALERTA NO INICIADA .....	41
ILUSTRACIÓN 4-20 GRABAR TRAYECTORIA: MARCADOR INICIO .....	41
ILUSTRACIÓN 4-21 GRABAR TRAYECTORIA: MARCADOR OBSTÁCULO .....	42
ILUSTRACIÓN 4-22 GRABAR TRAYECTORIA: OBSTÁCULO REPETIDO .....	43
ILUSTRACIÓN 4-23 GRABAR TRAYECTORIA: MARCADOR FINAL .....	43
ILUSTRACIÓN 4-24 AZIMUT [23] .....	44
ILUSTRACIÓN 4-25 AZIMUT-PUNTO CARDINAL .....	44
ILUSTRACIÓN 4-26 GRABAR TRAYECTORIA: PRUEBA GIRO .....	45
ILUSTRACIÓN 4-27 GRABAR TRAYECTORIA: MARCADOR GIRO .....	45
ILUSTRACIÓN 4-28 MOSTRAR TRAYECTORIAS .....	46
ILUSTRACIÓN 4-29 MOSTRAR TRAYECTORIAS: LISTADO .....	46
ILUSTRACIÓN 4-30 MOSTRAR TRAYECTORIAS: GESTURE .....	47
ILUSTRACIÓN 4-31 MOSTRAR TRAYECTORIA: VERSIÓN INICIAL IMAGEN GUARDADA .....	47
ILUSTRACIÓN 4-32 MOSTRAR TRAYECTORIA: VERSIÓN FINAL MAPA .....	48
ILUSTRACIÓN 4-33 MODO INVIDENTE: INTERFAZ .....	49
ILUSTRACIÓN 4-34 SELECCIONAR TRAYECTORIA: GESTURE NO ENCONTRADO .....	50
ILUSTRACIÓN 4-35 SELECCIONAR TRAYECTORIA: LISTADO .....	50
ILUSTRACIÓN 4-36 SELECCIONAR TRAYECTORIA: LISTADO CONTINUACIÓN .....	51
ILUSTRACIÓN 4-37 SELECCIONAR TRAYECTORIA: NO HAY NUEVAS .....	51
ILUSTRACIÓN 4-38 MOSTRAR TRAYECTORIAS: INSTRUCCIONES .....	52
ILUSTRACIÓN 4-39 MOSTRAR TRAYECTORIAS: RECORRIDO POR LA BASE .....	53
ILUSTRACIÓN 4-40 GUIAR TRAYECTORIA: CAMINO PINTADO .....	54



ILUSTRACIÓN 4-41 GUIAR TRAYECTORIA: INICIO PULSADO .....	54
ILUSTRACIÓN 4-42 GUIAR TRAYECTORIA: PROBLEMA UBICACIÓN USUARIO .....	55
ILUSTRACIÓN 4-43 GUIAR TRAYECTORIA: DISTANCIA INICIO .....	56
ILUSTRACIÓN 4-44 GUIAR TRAYECTORIA: ORIENTACIÓN PUNTO DE INICIO .....	56
ILUSTRACIÓN 4-45 GUIAR TRAYECTORIA: PASOS HASTA INICIO .....	57
ILUSTRACIÓN 4-46 GUIAR TRAYECTORIA: MARCADOR SIGUIENTE UBICACIÓN.....	58
ILUSTRACIÓN 4-47 GUIAR TRAYECTORIA: AVISO GIRO/OBSTÁCULO.....	58
ILUSTRACIÓN 4-48 GUIAR TRAYECTORIA: AVISO FINAL .....	59
ILUSTRACIÓN 4-49 GUIAR TRAYECTORIA: FINAL.....	59

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 4-1 PRIMERA VERSION BASE DE DATOS SQLITE .....	29
--	----

# **1 Introducción**

---

## ***1.1 Motivación***

Aprender un entorno de programación nuevo, no enseñado durante la carrera, y básico en la tecnología de la actualidad. Además, crear un sistema que pueda ayudar en el día a día a personas invidentes o con dificultades ópticas y ser base para futuras investigaciones y proyectos que mejoren y añadan características nuevas respecto al desarrollado en este proyecto.

## ***1.2 Objetivos***

El objetivo de este proyecto se enfoca en el desarrollo de una aplicación que ayude a personas con problemas de visión a realizar su vida más fácil. Gracias a un teléfono inteligente o *smartphone*, tecnología muy usual en el día a día de gran parte de la población, se pretende ayudar a realizar trayectos entre dos puntos cotidianos de estos usuarios como apoyo a otros elementos, como el perro guía o el bastón, gracias a un grabado previo por parte de un guía.

La primera funcionalidad de esta aplicación será la de poder guardar una trayectoria en la base de datos por parte de un guía. En esta trayectoria se guardarán puntos por defecto cada 5 segundos o cada 4 metros, dependiendo de la situación. Además, se guardarán las coordenadas cuando el guía detecte obstáculos en la trayectoria, que puedan generar problemas al invidente, como pueden ser un semáforo, un paso de cebra o unas escaleras. También, se guardarán automáticamente las coordenadas cuando el sistema detecte un giro en el trayecto.

La segunda funcionalidad reside en el guiado de la trayectoria hacia la persona invidente. Para ello, se le avisará la distancia a la que se encuentra del primer punto y se le guiará hasta él. Una vez comenzada la trayectoria, se avisará con anticipación de los obstáculos y giros que puedan haber en el camino, y cuando se encuentre a una distancia relativamente pequeña del giro o del obstáculo se producirá una vibración del terminal móvil. Del mismo modo, se procederá ante la finalización de la trayectoria alcanzando el punto de destino. Si en cualquier momento del trayecto, el usuario se pierde del camino marcado, se le avisará y se procederá a un guiado hasta el siguiente punto almacenado. Además de estas dos funcionalidades principales, se podrá interactuar con la base de datos viendo las trayectorias guardadas tanto para el guía como para el invidente.

## ***1.3 Organización de la memoria***

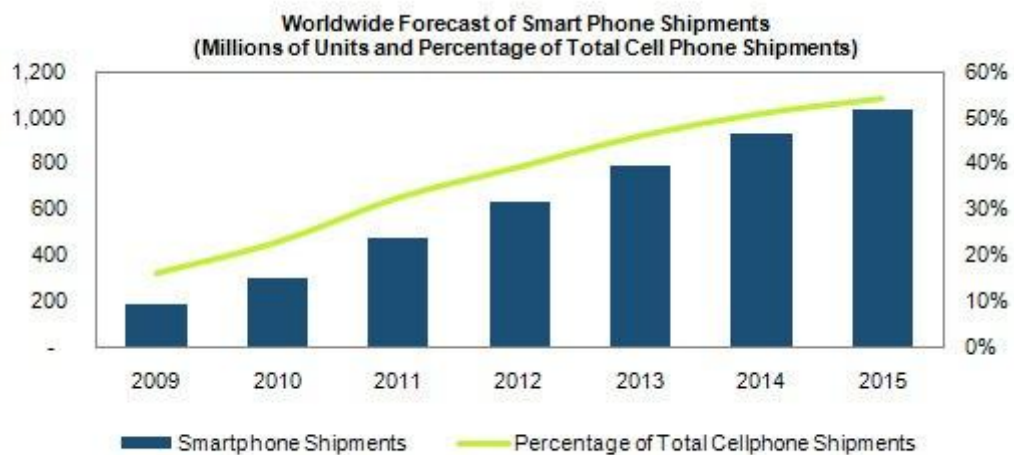
La memoria consta de los siguiente capítulos:

- Estado del arte.
- Diseño del sistema.
- Desarrollo del sistema.
- Conclusiones.
- Trabajo futuro.

## 2 Estado del arte

### 2.1 Introducción

Hoy en día el teléfono se ha convertido un acompañante habitual en nuestras vidas. Desde la última década, con la aparición de los teléfonos inteligentes, también denominados *smartphones*, se produjo una explosión espectacular respecto al uso del móvil ante la gran cantidad de aplicaciones desarrolladas. De este modo, en la actualidad prácticamente la totalidad de los terminales móviles son *smartphones* y continuará creciendo el uso de estos dispositivos en los próximos años gracias a las tabletas, como se puede ver en las siguientes gráficas.



Source: IHS iSuppli August 2011

Ilustración 2-1 Porcentaje de Smartphones [1]

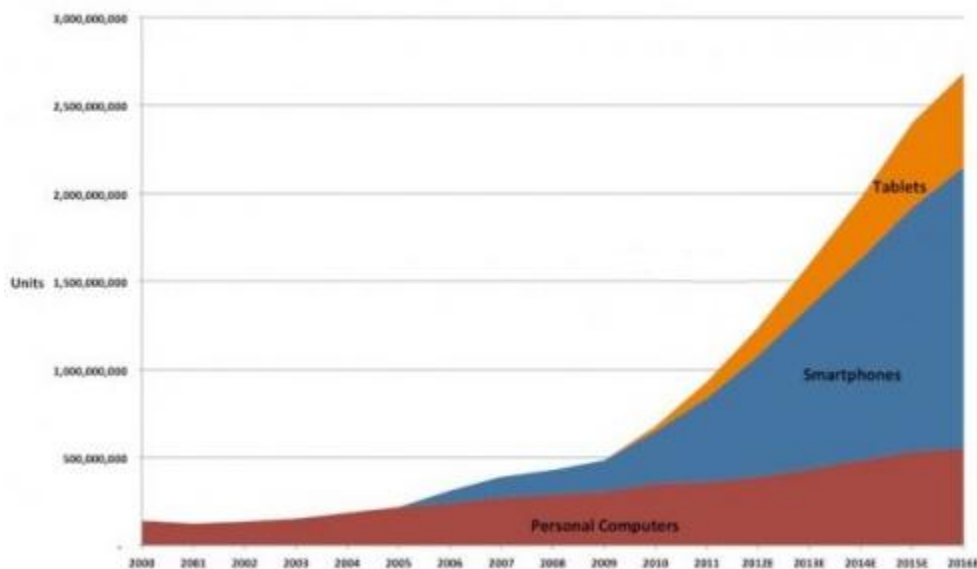


Ilustración 2-2 Futuro Tecnológico [2]

En todos estos terminales, viene integrado de fábrica el GPS, parte fundamental en el desarrollo de este proyecto, ya que sin el cual no se podrá realizar ninguna acción, como se detallará más adelante.

Además, el sistema operativo más destacado entre todos los que hay en el mercado de terminales móviles y tabletas es Android.



**Ilustración 2-3 Sistemas Operativos [3]**

Por todos estos motivos, se ha escogido realizar el proyecto sobre un terminal inteligente que lleve un sistema operativo Android, al ser el más utilizado en la actualidad para así poder llegar a un mayor número de futuros usuarios de la aplicación.

## **2.2 Geolocalización**

### **2.2.1 Introducción**

La geolocalización, también denominada georreferenciación, es la determinación de la ubicación geográfica por medio de un dispositivo móvil con cualquiera de los medios disponibles para lograrlo. Para determinar esta ubicación existen varias formas de conseguir este objetivo, entre las que se encuentran la identificación de un router, la red del proveedor o desde el receptor GPS interno de un dispositivo. Actualmente, la forma más utilizada para conseguir esta geolocalización es a través de los dispositivos móviles, debido a su portabilidad.

Como se ha comentado en apartados anteriores, con la irrupción de los teléfonos inteligentes, que llevan integrados receptores GPS, podemos ubicarnos en cualquier punto del planeta, gracias a una red de satélite que rodea al globo terráqueo. Además, con herramientas como Google Maps, podemos conseguir también la geolocalización a través de una conexión a Internet, aunque con una precisión menor que la ofrecida por el GPS.

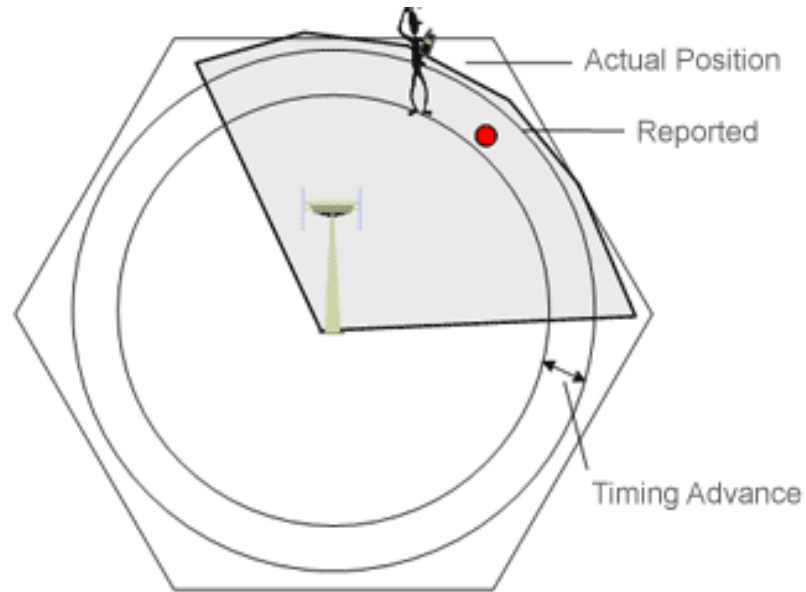
### **2.2.2 Sistemas de localización de dispositivos móviles**

Existen varias técnicas para ubicar un dispositivo móvil, pudiéndolas clasificar en dos grandes grupos: las técnicas basadas en la red y las técnicas basadas en los componentes del dispositivo móvil.

#### **2.2.2.1 Técnicas basadas en la red**

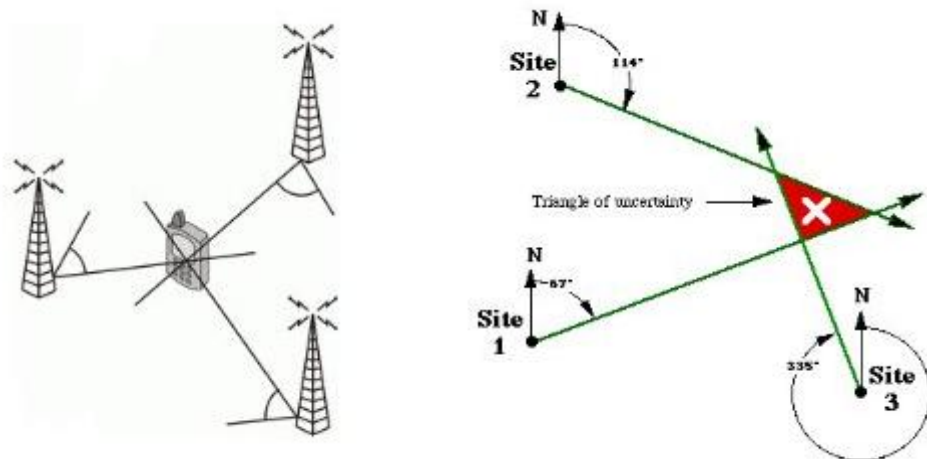
Son aquellas que utilizan las características suministradas por las redes de los proveedores de servicios, por lo que es necesario un acceso a la red para que esta técnica funcione correctamente. Entre las más comunes en este apartado encontramos:

- Identidad celular global (*Cell Global Identity, CGI*): se obtiene mediante la identidad de la celda en la que se encuentra el terminal móvil. Se utiliza fundamentalmente en la localización de dispositivos para redes GSM, GPRS, UMTS y CDMA.
- Identidad celular perfeccionada (*Enhanced Cell ID, E-CellID*): es una técnica perfeccionada de la CGI, ya que se tiene en cuenta el parámetro de avance temporal (*timing advance, TA*). Identifica la celda en la que se encuentra el teléfono móvil y el parámetro TA es una estimación de la distancia entre el terminal y la estación base de la celda.



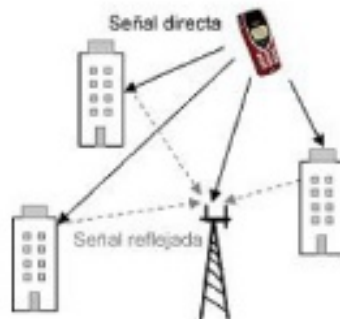
**Ilustración 2-4 Técnica E-CellID [4]**

- Ángulo de llegada (*Angle of Arrival, AOA*, o *Direction of Arrival, DOA*): utiliza antenas multiarrays situadas en la estación base para determinar el ángulo de la señal recibida. Si un terminal que transmite una señal está en la línea de vista directa (LOS, Line Of Sight), la antena multiarray puede determinar de qué dirección viene la señal. Para conocer la posición del terminal es necesaria al menos una segunda estimación procedente de otra estación base con la misma tecnología que la primera. La segunda estación base localizará el terminal y comparará sus datos con los de la primera estación para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría.



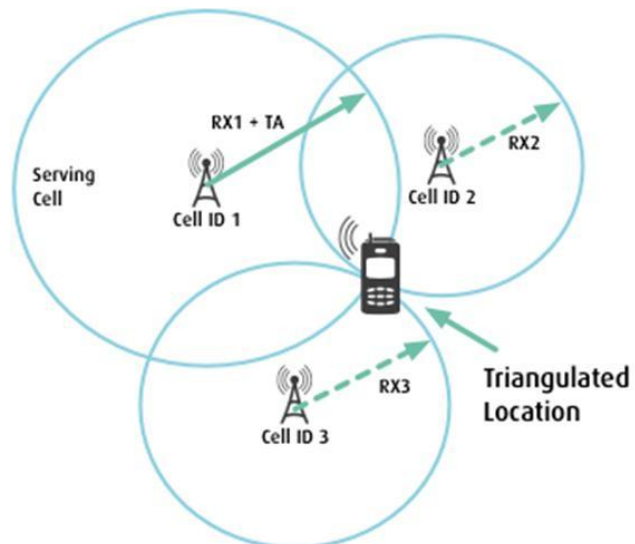
**Ilustración 2-5 Técnica AOA o DOA [5]**

- Huella multitrayecto (*Multipath Fingerprint, MF*): esta técnica caracteriza las señales que llegan desde diferentes localizaciones, las denominadas señales multitrayecto, que son reflejadas por diferentes obstáculos y que llegan a la estación base.



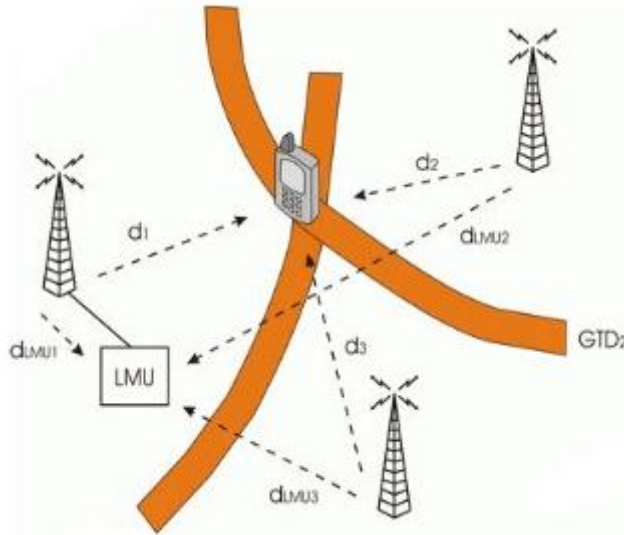
**Ilustración 2-6 Técnica MF [6]**

- Tiempo de llegada (*Time of Arrival, TOA*): se basa en la medición del tiempo de llegada de una señal transmitida por un terminal móvil a diferentes estaciones base. Estas medidas permiten trazar circunferencias con centro en cada una de las estaciones base, dando su intersección como resultado el punto donde se encuentra el terminal.



**Ilustración 2-7 Técnica TOA [6]**

- Diferencia en el tiempo de llegada (*Time Difference of Arrival, TDOA*): emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del terminal móvil a distintos pares de estaciones base para calcular la posición. Esta diferencia define una hipérbola con foco en las estaciones base, y la intersección de hipérbolas localiza el punto donde se ubica el terminal.



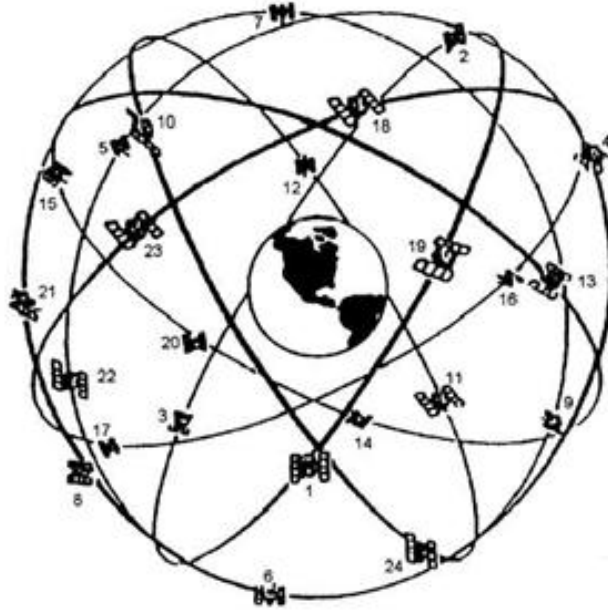
**Ilustración 2-8 Técnica TDOA [6]**

### ***2.2.2.2 Técnicas basadas en los componentes de móvil***

Estas técnicas están basadas en la adición de elementos, normalmente hardware, al dispositivo móvil para mejorar la localización del mismo. Los principales receptores utilizados son:

- **Sistemas GPS:** las siglas GPS significan sistema de posicionamiento global. Permite conocer con gran precisión la ubicación exacta donde se encuentra el dispositivo móvil. El sistema GPS funciona gracias a una red de 24 satélites, denominada constelación NAVSTAR, situados a unos 20000 kilómetros de altura y que giran alrededor del planeta completando dos vueltas cada día. Las trayectorias y la velocidad orbital han sido calculadas para que formen una especie de red alrededor de la tierra (debe de haber en todo momento cinco satélites a la vista de cualquier zona), de modo que un receptor GPS a cualquier hora del día o la noche, en cualquier lugar y con independencia de las condiciones meteorológicas pueda facilitar la posición que ocupa.





**Ilustración 2-9 Constelación NAVSTAR [7]**

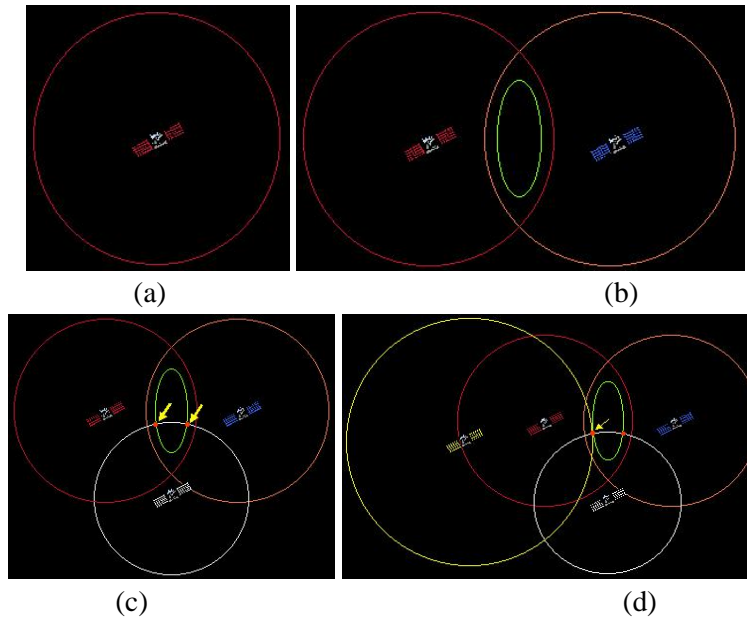
Cada satélite emite continuamente dos códigos de datos diferentes en formato digital por medio de señales de radio. Uno de los códigos está reservado para uso exclusivamente militar (el código P) y no puede ser captado por los receptores GPS civiles. El otro código (el código SPS), de uso civil transmite dos series de datos conocidas como almanaque y efemérides. Los datos ofrecido por el almanaque y las efemérides informan sobre el estado operativo de funcionamiento del satélite, sus situación orbital, la fecha y la hora. Todos los receptores GPS civiles están sintonizados con este código y se emiten en la frecuencia de 1575,42 MHz.

Para verificar el correcto funcionamiento de los satélites, existen cinco estaciones terrestres que envían información de control a los satélites para verificar las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación.



**Ilustración 2-10 Estaciones Terrestres GPS [8]**

Estos satélites contienen un reloj atómico de gran precisión y emiten señales personalizadas que indican la hora en la que partieron. El receptor en tierra reconoce el satélite que ha emitido la señal, determina el tiempo que ha tardado en llegar y así calcula la distancia que le separa de él. Una vez que el receptor GPS ha contactado con cuatro satélites es capaz de determinar su posición y altura.



**Ilustración 2-11 Funcionamiento GPS dependiendo del número de satélites ( (a) uno, (b) dos, (c) tres, (d) cuatro) [9]**

Dado que el trayecto de la señal es tan rápido y el control de su retardo debe ser muy preciso, es crucial tener una sincronización perfecta entre el satélite y el receptor, puesto que un error de un milisegundo puede generar desviaciones de kilómetros. Los receptores GPS no cuentan con relojes atómicos, pero son capaces de ajustar los desfases mediante una medición adicional sobre otro satélite, por lo que se corrigen los errores con varios sistemas y reducen su margen de error en la precisión a uno o dos metros en terminales móviles.

- Sistemas A-GPS: las siglas A-GPS significan sistemas de posicionamiento global asistido (*Assisted Global Positioning System*) y es el más usado en teléfonos y dispositivos móviles. Nace como solución a determinados problemas que representaban los sistemas GPS tradicionales en entornos con edificios con gran altura o con una gran cantidad de árboles, pues podían tardar hasta dos minutos en ubicar correctamente el dispositivo.

En estos sistemas, hay dos formas de conexión:

- Modo en línea (*on-line*): necesitan una conexión a una red móvil de telefonía, como GSM, para funcionar.
- Modo fuera de línea (*off-line*): no necesitan una continua conexión a la red, pues descargan un fichero mientras tengan acceso a esta, ya sea a través de una conexión GPRS, Ethernet o WIFI entre otras, que se almacena en el

dispositivo y puede ser utilizado por éste durante varios días hasta que su información quede obsoleta y aparece un aviso de que es necesario actualizar los datos.

La mayoría de los sistemas A-GPS que se encuentran en el mercado necesitan una conexión activa a una red móvil para poder funcionar correctamente, hecho que no supone mayor problema al estar integrados en un teléfono móvil.

En cualquiera de los dos sistemas, el A-GPS utilizará los datos obtenidos de un servidor externo y lo combinará con la información de una celda o antena de telefonía móvil para conocer la posición y saber los satélites que se sitúan encima. Todos estos datos de los satélites se encuentran almacenados en el servidor externo o en el fichero descargado y, juntándolo con la posición ofrecida por la red de telefonía, el GPS completará con los propios datos recibidos por el GPS tradicional, de manera que la inicialización de la navegación es mucho más rápida y precisa.



**Ilustración 2-12 Sistemas A-GPS [10]**

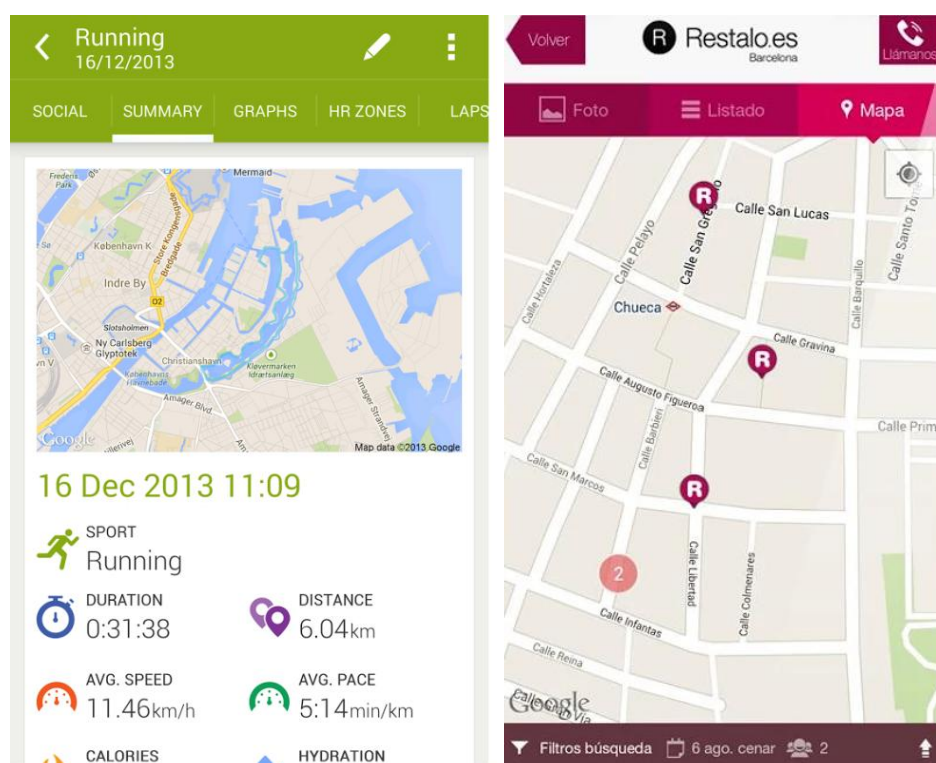
- **Sistemas WPS:** los dos sistemas anteriores solamente funcionan de manera correcta en exteriores, ya que necesitamos encontrarnos en la calle para que el satélite pueda posicionarse y ubicar nuestra localización. Es en este momento donde entran a escena los sistemas de posicionamiento WiFi (*WiFi Positioning System*, WPS), que usan mapas de señales inalámbricas de WiFi y base de datos de millones de puntos de accesos a Internet (los llamados *hotspots*), creados y recopilados por distintas compañías, como Google y Skyhook, para determinar rápidamente la ubicación de un dispositivo con acceso a Internet.

El funcionamiento del sistema se basa en usar 3 o más puntos de referencia y ciertas distancias conocidas para calcular la ubicación exacta del dispositivo. Al abrir un programa o aplicación que determina tu ubicación geográfica mediante una conexión a Internet, como por ejemplo Google Maps, el dispositivo comienza a analizar las distintas señales que provienen de router que tiene alrededor, y comparara esos valores usando un mapa y su respectiva base de datos con los distintos puntos de acceso. Debido a que estos mapas contienen información específica sobre cada uno de los *hotspots*, como su dirección MAC o la intensidad de la señal, el sistema WPS puede determinar rápidamente el primer punto de referencia más próximo al dispositivo, y cuando localiza los tres puntos de referencia más cercanos, puede ubicar el dispositivo de manera aproximada en pocos segundos.

## 2.3 Investigaciones relacionadas hasta el momento

### 2.3.1 Introducción

Desde la irrupción de los *smartphones*, con la puesta en el mercado del *iPhone* principalmente, las aplicaciones de geolocalización se han disparado de una forma que pocos podían imaginar. Existen un gran número de aplicaciones que utilizan la geolocalización como complemento a sus funciones, como las relacionadas con el mundo del deporte, que utilizan la geolocalización para registrar la actividad deportiva al aire libre del usuario y ver la ruta realizada, como *Endomondo Sports Tracker*, o aplicaciones que te indican los restaurantes más cercanos a tu ubicación, como *Restalo*.



**Ilustración 2-13 Ejemplos Aplicaciones con Geolocalización**

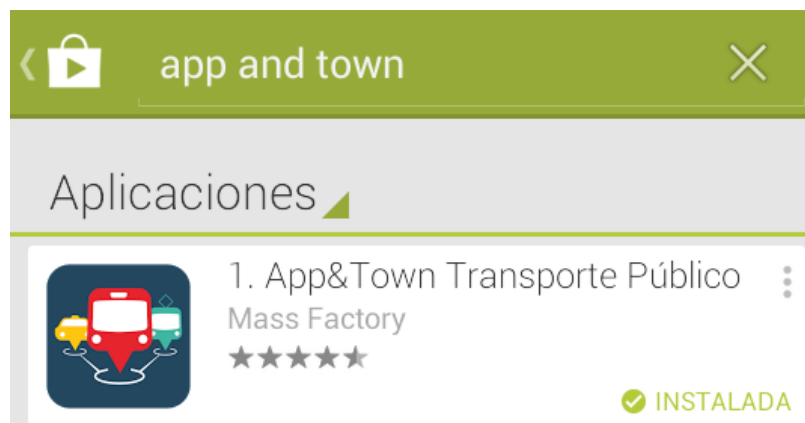
Todas estas aplicaciones utilizan los mapas de Google Maps para mostrar las localizaciones, puesto que ofrece una gran variedad de herramientas y funciones desarrolladas y verificadas que se puede incluir en las aplicaciones con pocas líneas de código.

### 2.3.2 Investigaciones relacionadas con el proyecto

Hasta el momento, no ha salido al mercado un sistema definitivo y completo que ofrezca a una persona invidente un guiado completo y fiable para su vida cotidiana. En los últimos años, ha habido un gran número de investigadores e ingenieros trabajando en este campo, y algunas de sus investigaciones más destacadas se resumen a continuación:

- En diferentes universidades de Hungría, se realizó un proyecto en el año 2010 en el que se combinaba una interfaz de navegación GPS, desarrollada con anterioridad, con una máscara Braille en la pantalla para su uso por parte del invidente [11].
- En la universidad de Otago, se desarrolló una aplicación en la cual a partir de una fotografía realizada por el móvil, el sistema te indicaba en qué lugar se encontraba el usuario dentro de un edificio [12].
- En Viena, se investigó un sistema con el cual reducir la complejidad de los mapas adaptándolo para personas con problemas de visión [13].
- Un ingeniero de la universidad de Minnesota desarrolló un programa con el cual se le indicaba al usuario las calles y cruces por los que pasaba y si se encontraban señalizadas con semáforos se le informaba de cuando podía cruzar o no a partir de la cámara del móvil [14]. El mismo objetivo tenía otro proyecto realizado en la universidad de California con anterioridad, con la diferencia de que en este último los semáforos debían contener un transmisor *Bluetooth* que era el que mandaba la información al teléfono sobre si el peatón podía cruzar el paso de cebra o no [15].

Si hay que destacar un proyecto y analizarlo en profundidad es el creado en la Universitat Autònoma de Barcelona y que fue lanzado en el año 2013 llamado *On the bus* y que se puede descargar gratuitamente desde la *Play Store* con el nombre de *App&Town Transporte Público*.



**Ilustración 2-14 App&Town Transporte Público**

La aplicación ofrece un servicio de guía y acompañamiento, con indicaciones visuales y auditivas, a cualquier usuario desde un punto de origen hacia un punto de destino utilizando cualquier servicio de transporte público (bus, metro, tranvía, tren...). Además, si en el dispositivo móvil se encuentra activado la aplicación de Google *TallBack*, automáticamente ofrece una interfaz exclusiva para invidentes.

El servicio ofrece un conjunto de rutas óptimas a elegir. Al seleccionar una de ellas, la aplicación guía al usuario desde el punto donde se encuentre hasta la parada de autobús. En este punto informa del tiempo que queda para que llegue éste. Una vez en el autobús, se recibe la información de las paradas por las que va pasando y avisa cuándo se debe pulsar el timbre para bajarse en la siguiente parada. Cuando el usuario se ha bajado, se le guía hasta el punto de destino.



**Ilustración 2-15 On the bus: Guiado a Parada [16]**

La interfaz de usuario está diseñada para personas con reducida o nula capacidad visual, ya que se pueden elegir temas con diferentes tamaños y colores de las letras para intentar conseguir una mejor visión de lo mostrado en la pantalla.

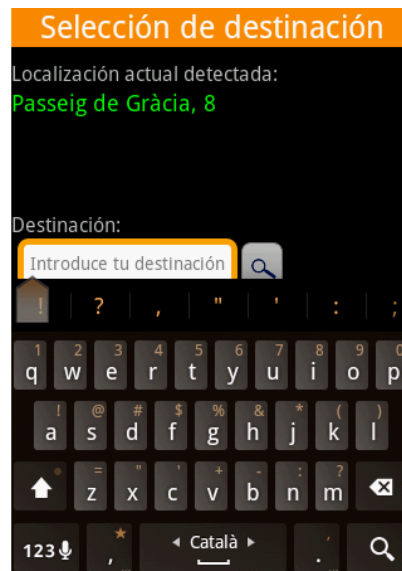


**Ilustración 2-16 On the bus: Diferentes Temas y Configuración de Colores [16]**



Para comenzar la ruta, es necesario añadir un punto de inicio y otro de destino. El punto de origen, por defecto, es la posición en la que se encuentra el usuario en ese momento. Sin embargo, para indicar el punto de destino se le ofrece al usuario varias opciones para fijarlo:

- Escribir la localización donde quiera empezar a través del teclado. Esta opción es poco práctica para usuarios invidentes, pues conlleva una mayor dificultad por reconocer bien los botones del teclado.



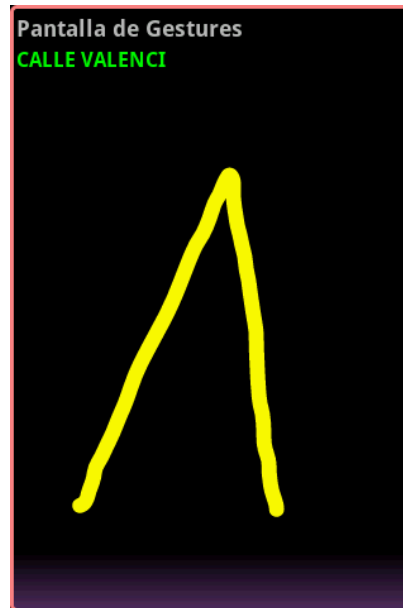
**Ilustración 2-17 On the bus: Selección Destino con Teclado [16]**

- Indicar en un mapa el punto de destino presionando la ubicación que queremos. Como pasaba con la anterior opción, es poco viable para personas con dificultad óptica, ya que hay que señalar con precisión en el mapa.



**Ilustración 2-18 On the bus: Selección de Destino Mapa [16]**

- Pintar una a una las formas de las letras que componen en el nombre de la calle. Esta es una opción cómoda para usuarios invidentes, al ser muy intuitiva y sencilla.



**Ilustración 2-19 On the bus: Selección de Destino Gesture [16]**

- Reconocimiento de voz al decirle al sistema el lugar de destino. Es otra buena opción para las personas que baja o nula visión.



**Ilustración 2-20 On the bus: Selección de Destino por Voz [16]**

Este proyecto ha supuesto un gran novedad en el campo de guiado de invidentes, y tras realizar su estudio, me ha servido para conocer ideas a utilizar que se recogerán en este proyecto, como se detallará en capítulos posteriores.



## 3 Diseño del sistema

### 3.1 Introducción

En este capítulo, se describen los estados escogidos para desarrollar en el proyecto, ofreciendo un esquema y una visión general que puede servir de ayuda ante futuras explicaciones más concretas del mismo, así como de las herramientas utilizadas en el sistema, que hacen que la aplicación ofrezca unas funcionalidades y unos resultados acordes a los objetivos marcados en su inicio.

### 3.2 Diagrama y estado del sistema

Desde un primer momento el diseño de la aplicación estuvo claramente definido. Se quería realizar una aplicación cuya característica fundamental fuese un fácil e intuitivo manejo a través de una sencilla interfaz con la menor cantidad de botones en la pantalla, sin que hubiera que realizar un manual ni una explicación previa para poder usar y entender rápidamente la totalidad de sus funciones.

Los estados (pantallas) definidos se ven en la siguiente imagen.

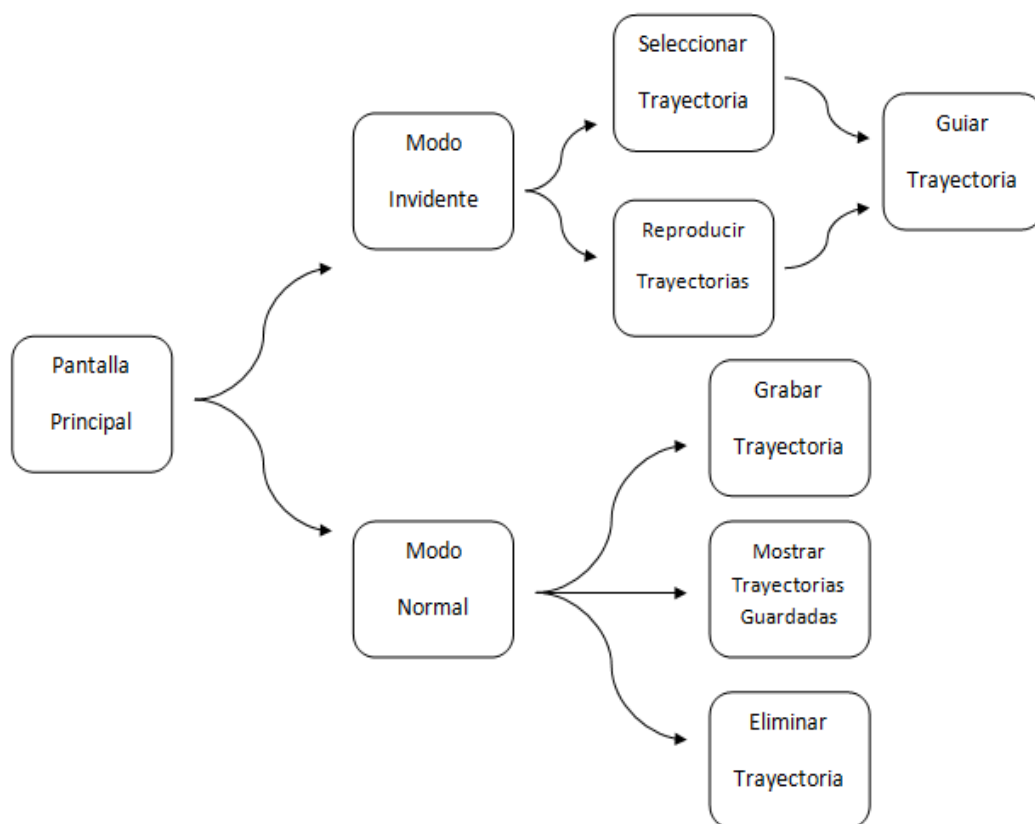


Ilustración 3-1 Estados del sistema

De este modo, la aplicación iniciaría en una pantalla principal en la que se elegiría una de las dos opciones disponibles, bien el modo normal, en el que la persona guía puede interactuar con la base de trayectorias creando nuevas, viendo las ya guardadas o eliminando alguna de ellas, o bien el modo invidente, orientado principalmente a una persona con baja visión al guiado de la trayectoria elegida.

Gracias a este diseño en árbol, en el que a partir de un contenido general se va ofreciendo un contenido más específico a medida que se eligen las diferentes opciones mostradas, se reduce drásticamente la complejidad de la interfaz, siendo sencillo obtener el conocimiento del funcionamiento y las herramientas ofrecidas por el sistema en un corto espacio de tiempo.

### ***3.3 Herramientas utilizadas***

#### **3.3.1 Google Maps API Versión 2**

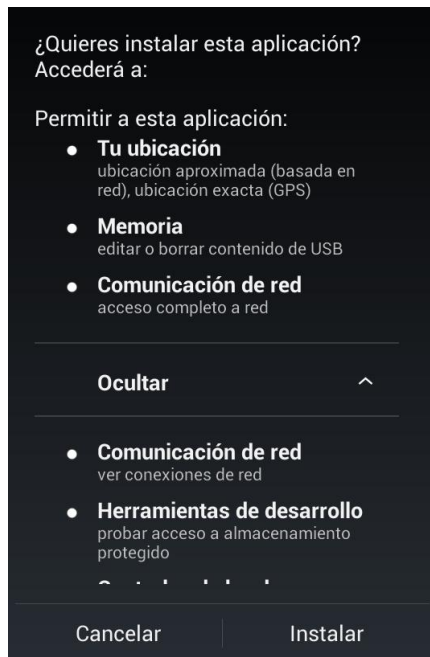
Google lanzó en diciembre de 2012 la versión 2 de su API para utilizar Google Maps en aplicaciones para Android. Con esta API podemos integrar los servicios y funcionalidades de Google Maps en nuestra aplicación, hecho fundamental para la realización de este proyecto, pues de este modo integramos mapas y una multitud de funciones ya definidas por Google, como la obtención de la latitud y la longitud de la posición actual del usuario, con apenas unas líneas de código.

Para poder utilizar el servicio de mapas de Google integrado en esta API es necesario y obligatorio crear una *API key* para tu aplicación a través de la consola de APIs de Google. Una vez creada una *key* propia, se deben definir una serie de permisos en el *AndroidManifest.xml* de nuestro código fuente.

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
<uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE" />
<uses-permission android:name="com.google.android.providers.gsf.permission.READ_GSERVICES"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"/>
```

**Ilustración 3-2 Permisos API Google Maps**

Son permisos para poder obtener la posición donde se encuentra el terminal, además de poder escribir y leer en la memoria del teléfono o utilizar la conexión a Internet. Estos permisos se mostrarán cuando se instala la aplicación en el teléfono y el usuario los aceptará si instala la aplicación, ya que si los rechaza no se podrá instalar, como se muestra a continuación.



**Ilustración 3-3 Permisos Aplicación**

De este modo, ya podremos utilizar en nuestra aplicación los servicios de Google Maps, en nuestro caso, fundamentalmente el mapa con el que se desarrollará tanto el grabado como el guiado de la trayectoria, objetivo principal de la aplicación, mostrado en la siguiente figura.



**Ilustración 3-4 Mapa Google Maps**

### 3.3.2 Bases de datos SQLite

En nuestra aplicación es indispensable guardar las trayectorias creadas por el ayudante para posteriormente realizar el guiado de ellas con el usuario invidente, y la forma más sencilla es a través de una base de datos SQLite.

SQLite es un motor de bases de datos muy popular en la actualidad por ofrecer características tan interesantes como su pequeño tamaño, no necesitar servidor, precisar poca configuración, ser transaccional y por supuesto ser de código libre. Su funcionamiento se basa en llamadas a subrutinas y funciones y toda la base se guarda en un solo fichero, para este caso se guardaría en el terminal móvil.

Es una base de datos con una funcionalidad limitada si la comparamos con otras como Oracle, MySQL o MSSQL, pero fue escogida para este proyecto debido a que es parte del kit de desarrollo de aplicaciones en Android, por lo que no es necesario incluir librerías o JARs adicionales para su desarrollo.

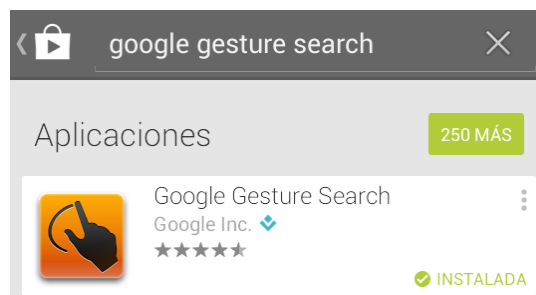
En Android se utiliza la clase *SQLiteOpenHelper* para crear, actualizar y conectar con una base de datos SQLite. De este modo con líneas muy simples de código, podemos realizar bastantes acciones sobre nuestra base de datos.

### 3.3.3 Google Gesture

Una de los mecanismos más sencillos e intuitivos para buscar en una base de datos para una persona invidente es realizando gestos y formas en la pantalla del móvil que se puedan relacionar con alguno de los parámetros de la base. Por este motivo, se ha introducido en el proyecto la aplicación Gestures de Google, integrada en el kit de desarrollo de Android, como ocurría con SQLite.

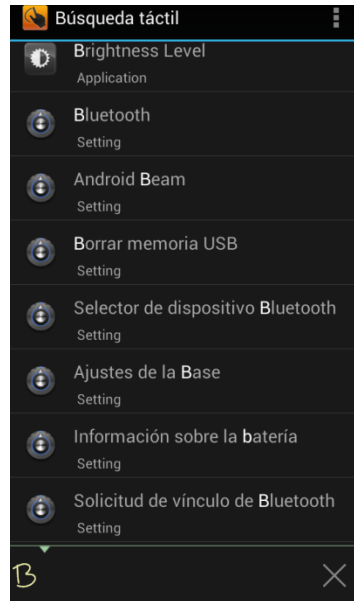
*Google Gesture Search* es una aplicación con la que podemos buscar contenido a través del reconocimiento de caracteres definidos de forma táctil en la pantalla del terminal. Por ejemplo, si escribimos una "B", aparecerá un listado de todos los contactos, aplicaciones, ficheros... que empiecen por esa letra.

Para poder utilizar esta herramienta en nuestro proyecto, primero debemos descargarnos desde la *Play Store* de Android la aplicación *Google Gesture Search*.



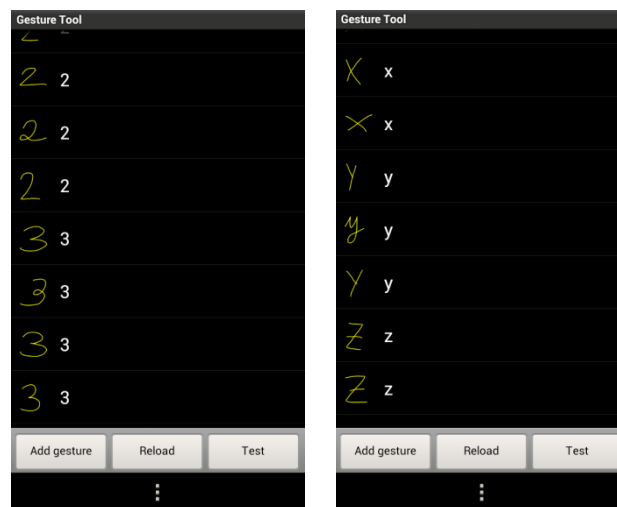
**Ilustración 3-5 Google Gesture Search: Logo**

Con ella podemos ver las funciones comentadas anteriormente, como se ve en la siguiente figura:



**Ilustración 3-6 Google Gesture Search: Funcionamiento**

Además, en nuestro teléfono tendremos un nuevo icono en nuestra lista de aplicaciones, llamado *Gesture Tool*, con el cual podremos crear formas y patrones para nuestra base de datos. Como nosotros tenemos una base de datos para almacenar trayectorias definidas por un identificador y por un nombre, hemos creado una base de gestos para números y letras, tanto minúsculas como mayúsculas. Para intentar abarcar una mayor tipografía y obtener un mayor acierto al realizar el gesto, se han definido en torno a 10 gestos por letra y número, gracias a la colaboración de personas ajenas al proyecto. De este modo, se intenta reducir el error que existe al introducir el gesto correspondiente.

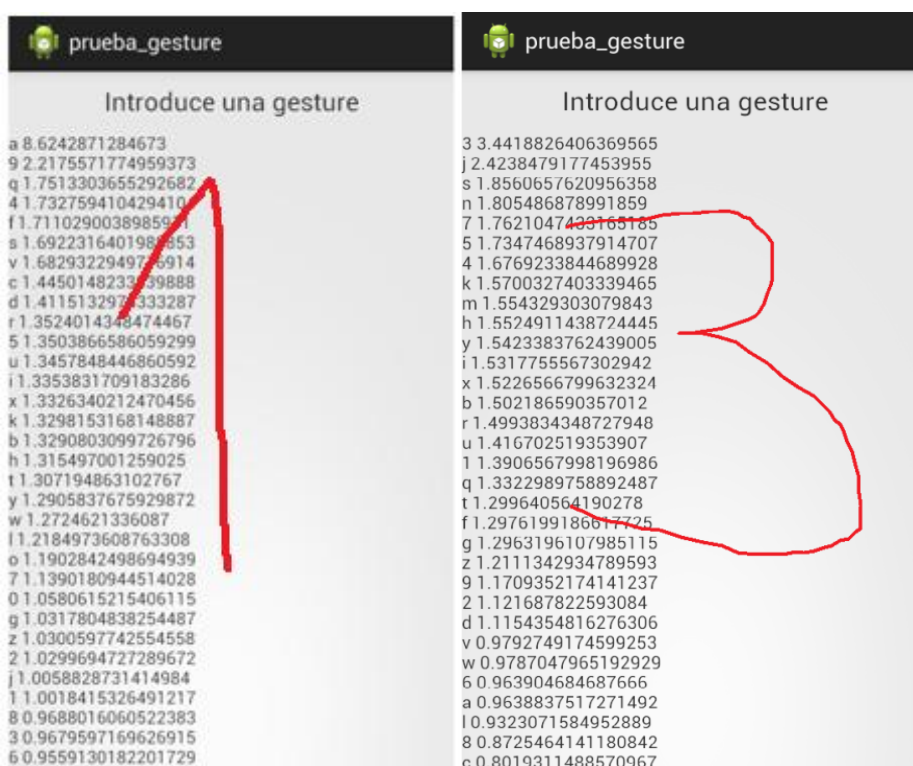


**Ilustración 3-7 Google Gesture Search: Base de Datos**

Una vez creada la base de gestos que utilizaremos en nuestra aplicación tenemos que copiar el archivo *gesture*, almacenado en la tarjeta SD (localización por defecto), en la carpeta *res/raw/* del entorno del proyecto.

En este momento, ya podemos utilizar *Gesture* en nuestra aplicación, únicamente introduciendo un *GestureOverlayView*, que será utilizado para meter los gestos, y la función *onGesturePerformed*, en la que indicaremos la acción a realizar, en el fichero XML y la clase respectivamente de la actividad correspondiente.

Para comprobar el funcionamiento de *Gesture* se realizó un proyecto en el cual se mostraba por pantalla los gestos que tuvieran una mayor probabilidad de ser el introducido por el usuario, otorgando una puntuación determinada dependiendo de la semejanza entre patrones. En la siguiente imagen se muestra el resultado mostrado al introducir un gesto correspondiente a un "1" y a un "3".

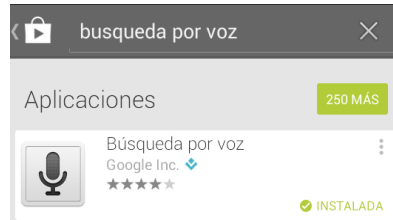


**Ilustración 3-8 Google Gesture Search: Prueba**

Se puede ver en la primera imagen que el resultado que tiene una mayor semejanza es el esperado con una diferencia abultada con el segundo gesto. Sin embargo en otros casos, como ocurre en la segunda, esta diferencia no es tan notable y puede conllevar a errores en el sistema, por lo que se optará en el proyecto a mostrar las trayectorias con los dos patrones con mayor solicitud evitando de esta forma que el usuario tenga que repetir el gesto.

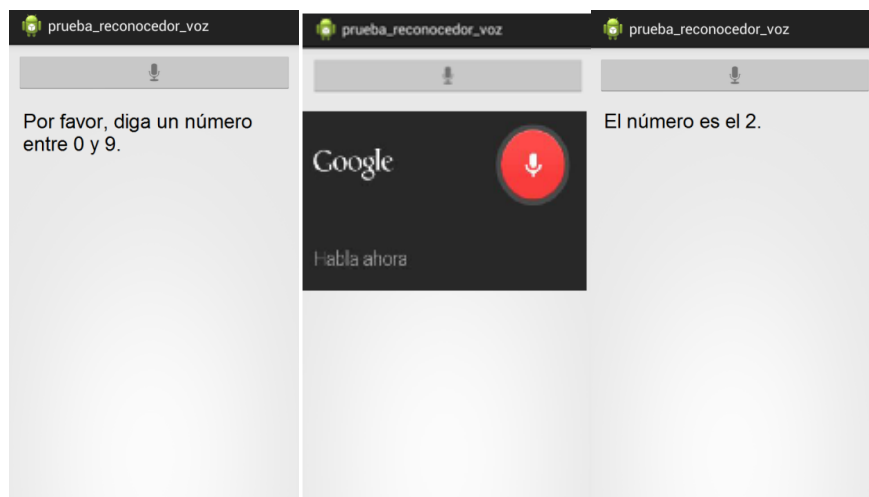
### 3.3.4 Reconocimiento de voz

Otra de las formas para buscar las trayectorias en la base de datos es por reconocimiento de voz. Google tiene un sistema de reconocimiento de voz integrado también en el kit de desarrollo de Android, y como pasaba con las herramientas explicadas anteriormente se puede probar en su aplicación propia llamada *Búsqueda por voz*, que se puede descargar gratis a través de *Play Store*.



**Ilustración 3-9 Búsqueda por voz: Logo**

Para comprobar su funcionamiento, se realizó un proyecto en el cual el usuario decía un número y se mostraba por pantalla el número con mayor probabilidad de ser el nombrado.



**Ilustración 3-10 Búsqueda por voz: Prueba**

Tras realizar varias pruebas intentando mejorar el algoritmo de predicción, se descarta esta herramienta debido a que este reconocedor es bastante sensible al ruido, por lo que existen bastantes problemas de reconocimiento cuando se usa en la calle, aumentando así el número de intentos para que detecte con una cierta fiabilidad el identificador correctamente. Además, en cada nuevo intento aparece una ventana, que no se puede quitar de Google (la mostrada en la imagen central anterior), en la que tenemos que pulsar el icono del micrófono para que detecte el nuevo comando de voz, proceso complejo si queremos que nuestro sistema lo utilice una persona invidente.

Por estos motivos, se descarta la opción de utilizar reconocimiento de voz en la aplicación, enfocando la búsqueda en la base de datos a través de gestos y menús muy sencillos para intentar reducir la complejidad de la interfaz del sistema orientada a personas con baja visión.

## 4 Desarrollo del sistema

---

### 4.1 Introducción

En este capítulo, se analizará con profundidad y detalle el desarrollo que ha llevado el proyecto desde sus inicios hasta el resultado final.

Para ello, el tema se dividirá por cada actividad de la aplicación y una vez allí en se explicarán las primeras versiones y luego su resultado final detallando el por qué de cada cambio o mejora.

### 4.2 Base de datos escogida

Concretar una forma de guardar las trayectorias y sus respectivas coordenadas y demás variables, puede parecer un hecho sin importancia, pero fue crucial para el desarrollo del proyecto.

En una primera versión de la aplicación, se optó por crear una clase propia derivada de la anteriormente citada *SQLiteOpenHelper*, en la que se introducirían los siguientes parámetros: nombre de la trayectoria, identificador de la trayectoria, latitud, longitud, azimut y giro, es decir, en esta base se encontrarían todos los puntos guardados de cada trayectoria creada.

La tabla mostrada intenta explicar esto, reduciendo el número de coordenadas al que sería en la realidad:

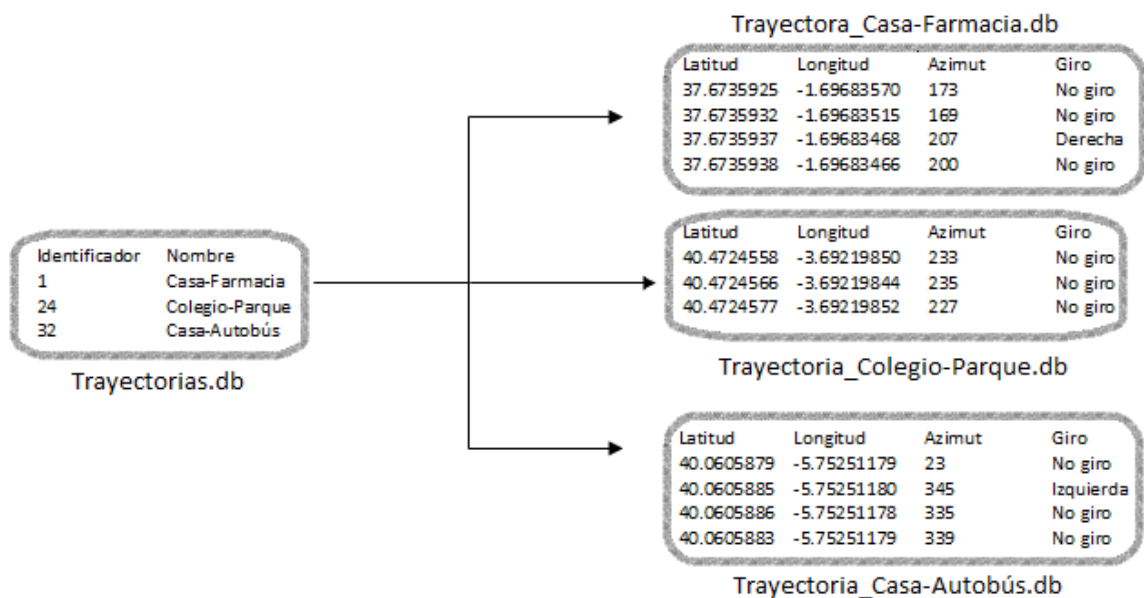
Identificador	Nombre	Latitud	Longitud	Azimut	Giro
1	Casa-Farmacia	37.6735925	-1.69683570	173	No giro
1	Casa-Farmacia	37.6735932	-1.69683515	169	No giro
1	Casa-Farmacia	37.6735937	-1.69683468	207	Derecha
1	Casa-Farmacia	37.6735938	-1.69683466	200	No giro
.....					
24	Colegio-Parque	40.4724558	-3.69219850	233	No giro
24	Colegio-Parque	40.4724566	-3.69219844	235	No giro
24	Colegio-Parque	40.4724577	-3.69219852	227	No giro
.....					
32	Casa-Autobús	40.0605879	-5.75251179	23	No giro
32	Casa-Autobús	40.0605885	-5.75251180	345	Izquierda
2	Casa-Autobús	40.0605886	-5.75251178	335	No giro

Tabla 4-1 Primera version base de datos SQLite



Este modelo funcionaba correctamente en el grabado de las trayectorias, pero cuando se intentaba realizar la reproducción y su guiado correspondiente ocasionaba una gran cantidad de fallos, debido al gran número de puntos guardados y a que no seguía el orden de las coordenadas metiendo entre medias las de otras trayectorias ni borraba correctamente todas las coordenadas cuando se sobrescribía.

Tras varias semanas intentando arreglar los fallos ocasionados por este sistema, se cambió la forma de utilizar las bases de datos. Ahora habría una base de datos en la cual solamente estaría el nombre y el identificador de las trayectorias creadas para comprobar si ya se encuentra en la base una trayectoria con ese identificador, y luego se crearía una base de datos diferente por cada trayectoria con su respectivo nombre, en la que se guardaría todos los demás parámetros: latitud, longitud, azimut y giro. En la siguiente imagen se explica este concepto:



**Ilustración 4-1 SQLite Versión Final**

Así si quisiéramos borrar o sobrescribir una trayectoria, se eliminaría la base de datos cuyo nombre sea el de la trayectoria que estamos tratando y sólo se modificaría en la base de general, borrando o cambiando el nombre de la trayectoria.

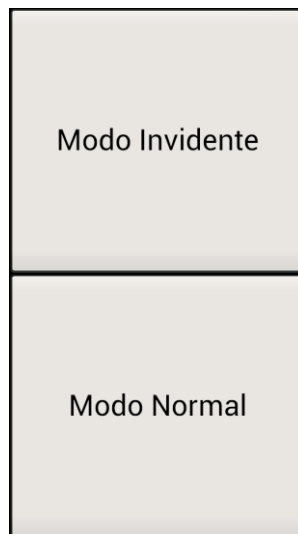
Este cambio respecto al manejo de la base de datos puede parecer y es sencillo, pero cuando se tomó esta decisión supuso un gran obstáculo y un retraso respecto a la planificación prevista, debido a que gran parte del código de la aplicación estaba ya creado, por lo que se tuvo que cambiar la mayoría de funciones y sus consiguientes pruebas de que su funcionamiento era el esperado.

## 4.3 Pantalla inicial

### 4.3.1 Versión inicial

El objetivo de la pantalla principal estaba bien marcado desde el comienzo, pues se pretendía desarrollar una interfaz muy simple a través de dos botones que ocuparan la pantalla completa, pudiendo elegir la opción del invidente o la del guía.

Para ello, se realizó esta interfaz con botones con el máximo tamaño posible, ajustándose automáticamente a cada pantalla independientemente de su tamaño. Además, debía tener un tamaño de sus letras muy grandes para optimizar y ayudar a la visión del invidente.

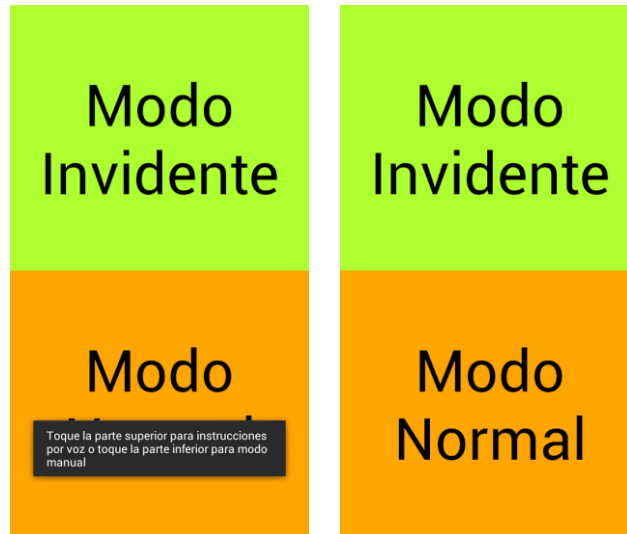


**Ilustración 4-2 Pantalla Inicio: Primera Versión**

Tras varias pruebas, se pensaron una serie de mejoras:

- Si a los botones se les añadía un color de fondo distinto entre ellos, era más fácil reconocer y distinguir entre ellos. Por lo que se cambiaron los fondos por colores llamativos para conseguir una distinción notable entre uno y otro.
- Al comienzo, no se reconocía bien si habías pulsado o no un botón. Por este motivo, se añadió una pequeña vibración al tocar cualquiera de los dos botones.
- Para ayudar al invidente en el primer uso, se incorporó al sistema un reconocimiento de habla en el que se indica las dos opciones disponibles. Además, también se detalla por pantalla lo expuesto por voz durante un par de segundos, después de este tiempo el mensaje desaparece de la pantalla.
- Si el usuario no ha entendido o escuchado el mensaje, puede volver a verlo. Simplemente tiene que agitar el teléfono y se mostrará el mensaje de nuevo. Este sistema se desarrolla a través de variables ofrecidas por el acelerómetro.

Con esto, el resultado final de la pantalla principal es el mostrado en la siguiente imagen:



**Ilustración 4-3 Pantalla Inicio: Resultado Final**

Si el usuario selecciona la opción del modo normal significa que el guía quiere interactuar con el programa, y si pulsa el modo invidente se pasa a la opción de la selección y guiado del invidente.

Si se pulsa el modo invidente, pero en la base de datos de la aplicación no se encuentra guardada ninguna trayectoria previa, debido a que es su primer uso o a que se ha borrado la base, se le comunica al usuario tanto de forma oral como por pantalla, y vuelve a la pantalla principal, puesto que no es posible realizar ninguna acción del modo invidente sin tener mínimo una trayectoria almacenada en la base.



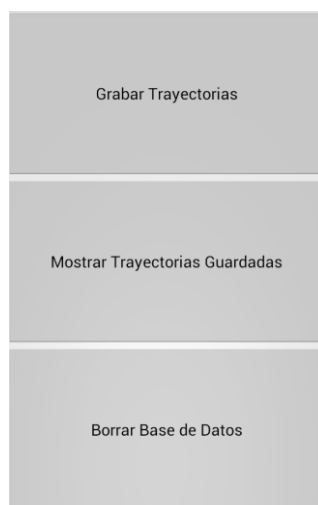
**Ilustración 4-4 Pantalla Inicio: Sin Trayectorias**

## 4.4 Modo normal

### 4.4.1 Versión inicial

El objetivo de esta pantalla es mostrar al usuario, en este caso el guía, las diferentes opciones que tiene para interactuar con la aplicación y las trayectorias almacenadas en la base.

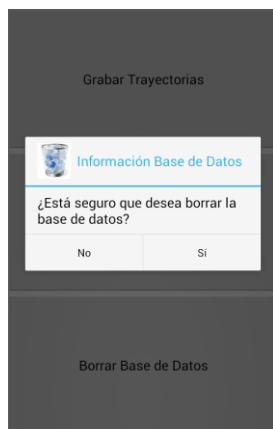
De este modo, se desarrolló una interfaz compuesta por tres botones, que nos llevaría a grabar una trayectoria, mostrar las trayectorias guardadas en la base y vaciar la base de datos.



**Ilustración 4-5 Modo Normal: Primera Versión**

Las dos primeras opciones, como son más complejas y necesitan de una mayor elaboración y un tamaño de código mayor, se realizaron en distintas actividades.

Sin embargo, la opción de borrar la base de datos se desarrolló en esta misma actividad. Si se selecciona esta opción, se alerta al usuario por pantalla y debe de confirmar la opción para que el resultado tenga efecto. Si cancela, la base de datos quedaría tal y como se encontraba.



**Ilustración 4-6 Modo Normal: Primera Versión Borrar Base**

#### 4.4.2 Versión final

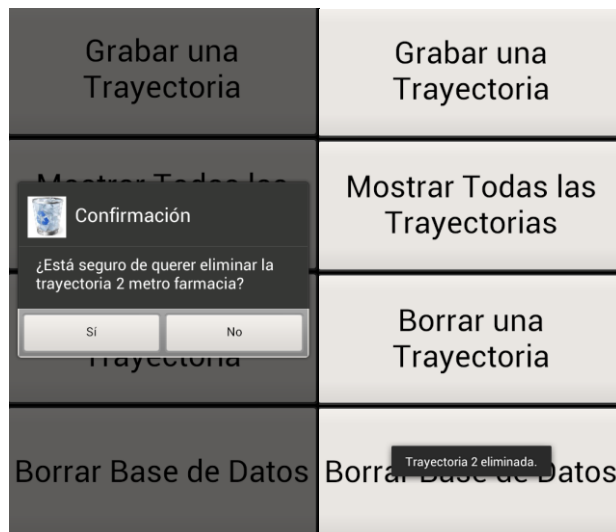
La interfaz final tiene alguna pequeña modificación, pero en general es la misma que la desarrollada en la primera versión.

- Se agregó un nuevo botón con el cual se le permite al usuario eliminar una trayectoria de la base de datos. Para ello, se muestra un listado con las trayectorias guardadas en la base de datos.



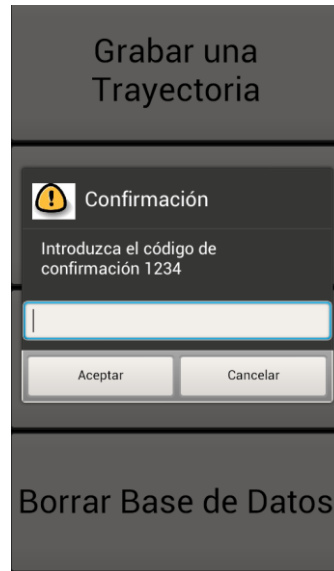
**Ilustración 4-7 Modo Normal: Versión Final Listado Trayectorias para Eliminar**

Una vez, seleccionada la trayectoria que se quiere borrar, el usuario debe confirmar que desea de verdad eliminar la trayectoria para finalmente realizar la opción, puesto que si cancela retorna al modo normal sin realizar ninguna acción.



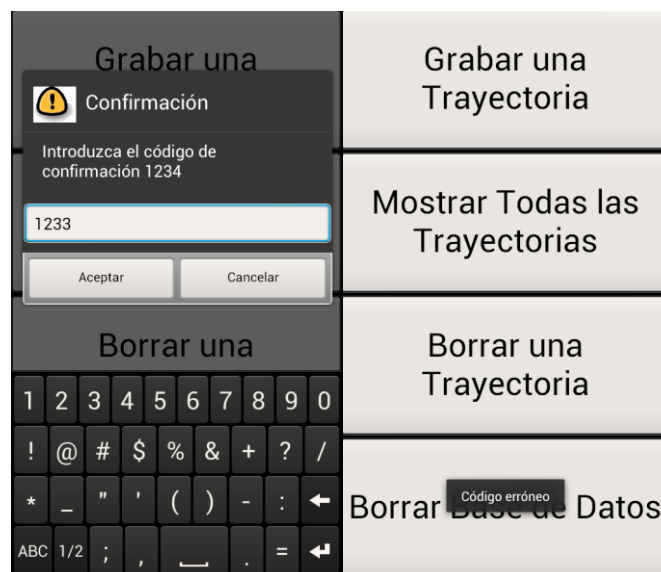
**Ilustración 4-8 Modo Normal: Versión Final Borrado Trayectoria**

- Si el usuario elige vaciar la base de datos entera, aparece la confirmación necesaria diseñada en la primera versión. Ahora además es necesario introducir un código de confirmación para proceder al borrado, para evitar un error de manejo de la aplicación y que no suponga perder todas las trayectorias almacenadas hasta el momento.



**Ilustración 4-9 Modo Normal: Versión Final Código Confirmación**

Si el código introducido es erróneo, no se eliminará la base de datos y se retorna al menú del modo normal sin ejecutar ninguna acción avisando al usuario por pantalla.



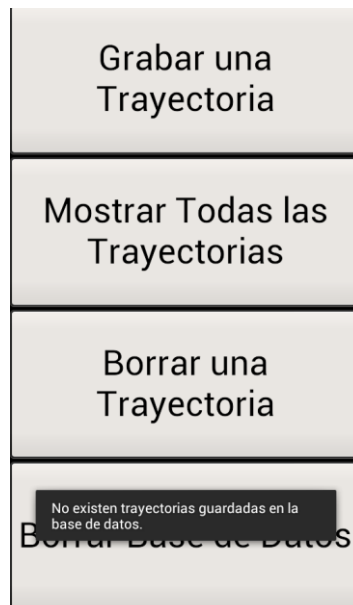
**Ilustración 4-10 Modo Normal: Versión Final Código Erróneo**

Si el código es correcto, se eliminará la base de datos entera y se le comunicará al usuario con un mensaje en la pantalla.



**Ilustración 4-11 Modo Normal: Versión Final Código Correcto**

- Si se escoge cualquiera de las dos opciones de borrado y en la base no existe ninguna trayectoria, se muestra un mensaje por pantalla alertando este suceso.



**Ilustración 4-12 Modo Normal: Versión Final sin Trayectorias**

## 4.4.3 Grabar trayectoria

### 4.4.3.1 Descripción general

Este es uno de los apartados clave del proyecto pues es donde se realiza toda la actividad del guía que servirá como base para realizar el guiado del invidente.

Por este motivo, tuvo una gran cantidad de cambios desde su origen hasta el resultado final, ya que se fueron añadiendo mejoras y funciones nuevas prácticamente cada día. Por eso, se describirá de forma diferente que el resto de actividades, y se pasará a detallar directamente el resultado final.

Como muestra de los cambios sufridos desde las primeras versiones hasta la versión final, se muestran la imagen de la interfaz inicial para poder ver de forma gráfica la diferencia entre la de esta y la que se mostrará en capítulos siguientes.



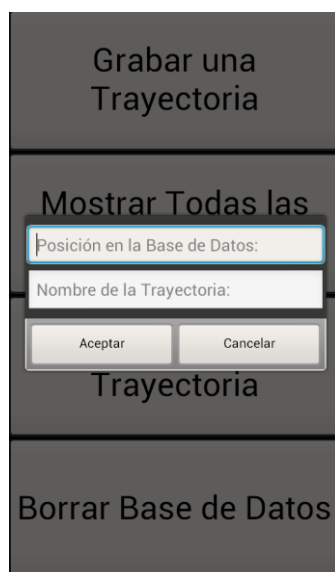
Ilustración 4-13 Grabar Trayectoria: Versión Inicial



#### 4.4.3.2 Versión final

##### 4.4.3.2.1 Introducción del identificador y del nombre de la trayectoria

Para poder comenzar a guardar las coordenadas de una trayectoria, necesitamos que el usuario introduzca un identificador y un nombre de la misma, para poder insertarla en nuestra base de datos. De forma, que se muestra una alerta en la que el usuario debe introducir los parámetros necesarios, imposibilitando la opción de que se puedan introducir valores no deseados en el campo del identificador, pues sólo está permitido el uso de valores numéricos.



Grabar una Trayectoria

Mostrar Todas las

Posición en la Base de Datos:

Nombre de la Trayectoria:

Aceptar Cancelar

Trayectoria

Borrar Base de Datos

**Ilustración 4-14 Grabar Trayectoria: Alerta Parámetros**

Si al usuario se le olvidara indicar alguno de los campos e intentase continuar, se le muestra un mensaje por pantalla al usuario indicando que faltan parámetros, hasta que complete ambos campos.



Grabar una Trayectoria

Mostrar Todas las

Posición en la Base de Datos:

Nombre de la Trayectoria:

Aceptar Cancelar

Trayectoria

Borrar Base de Datos

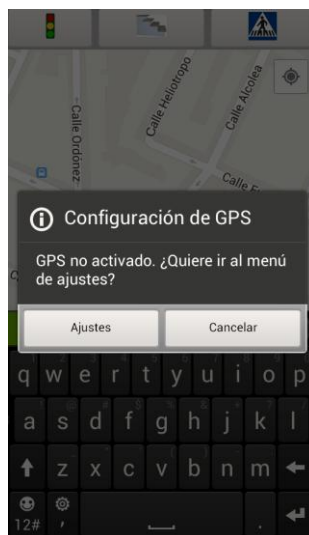
Los campos no están completos.

**Ilustración 4-15 Grabar Trayectoria: Alerta Parámetros no completos**

#### 4.4.3.2 Inicio trayectoria

Una vez introducidos los parámetros necesarios para identificar a la trayectoria, es necesaria la comprobación de que el sistema GPS se encuentra listo para comenzar.

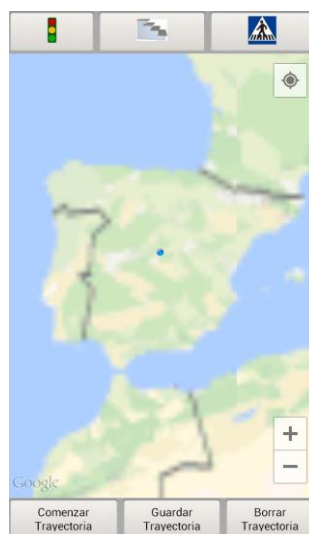
Si el GPS no se encuentra activado, aparece una notificación en la que se nos alerta de esta situación. Si seleccionáramos la opción de ajustes, nos llevaría al menú de ajustes del terminal donde podemos activar el GPS.



**Ilustración 4-16 Grabar Trayectoria: Ajustes GPS**

Si cancelamos esta opción y no activamos el GPS, se mostrará la pantalla final, pero no podremos comenzar la trayectoria, debido a que sin GPS no funciona el sistema. Aunque con una conexión a Internet podríamos tener la localización, se ha desechado esta opción al ser menos precisa tras la realización de algunas pruebas.

Tras activar el GPS, aparece la interfaz donde el guía podrá grabar la trayectoria.

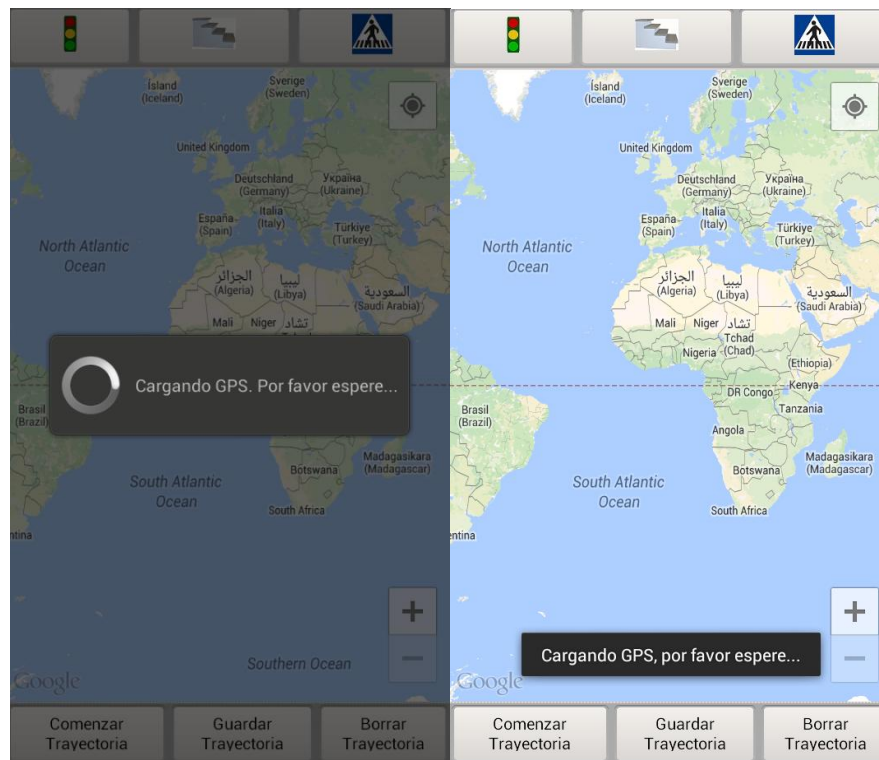


**Ilustración 4-17 Grabar Trayectoria: Interfaz final**

En esta interfaz podemos distinguir tres partes bien diferenciadas:

- En la parte central se encuentra el mapa desarrollada por Google Maps, donde se podrá ver la ubicación actual y seguir la ruta realizada.
- En la zona inferior se hallan tres botones con los cuales el usuario podrá comenzar, borrar o finalizar la trayectoria.
- En el sector superior se localizan una serie de botones cuya función es añadir una coordenada manualmente a la base al encontrar el guía un obstáculo en el camino.

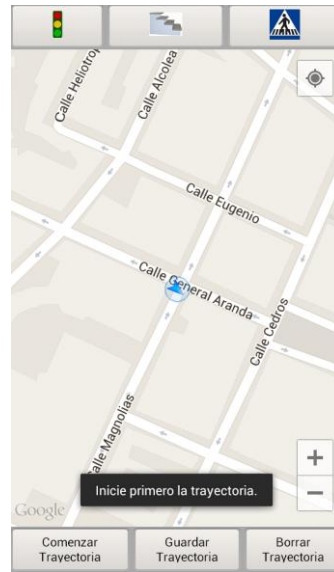
Aunque el sistema GPS esté activado, es necesario esperar un determinado tiempo a que se conecte a los satélites correspondiente y comience a recibir las coordenadas. Por este motivo, el sistema alerta al usuario de este proceso sin poder comenzar la trayectoria hasta que el GPS esté disponible, aunque pulse el botón de comenzar la trayectoria.



**Ilustración 4-18 Grabar Trayectoria: GPS Cargando**

Una vez listo y disponible el GPS, el mapa se actualizará e irá cambiando con la posición actual del usuario, aunque no haya comenzado la grabación.

Si el usuario intenta guardar el recorrido sin haber comenzado antes, se avisará al usuario con un mensaje.



**Ilustración 4-19 Grabar Trayectoria: Alerta no iniciada**

Si se selecciona la opción de borrar la trayectoria, ya sea empezada o no, el sistema volverá a la pantalla de selección del modo normal y se borrarán todos los datos de esta trayectoria que se encuentren en la base.

#### **4.4.3.2.3 Algoritmo guardado de coordenadas**

Para empezar el camino, el usuario debe presionar el botón Comenzar Trayectoria. Una vez seleccionado, el sistema añadirá un marcador a la posición actual del sistema para identificar el punto de origen.



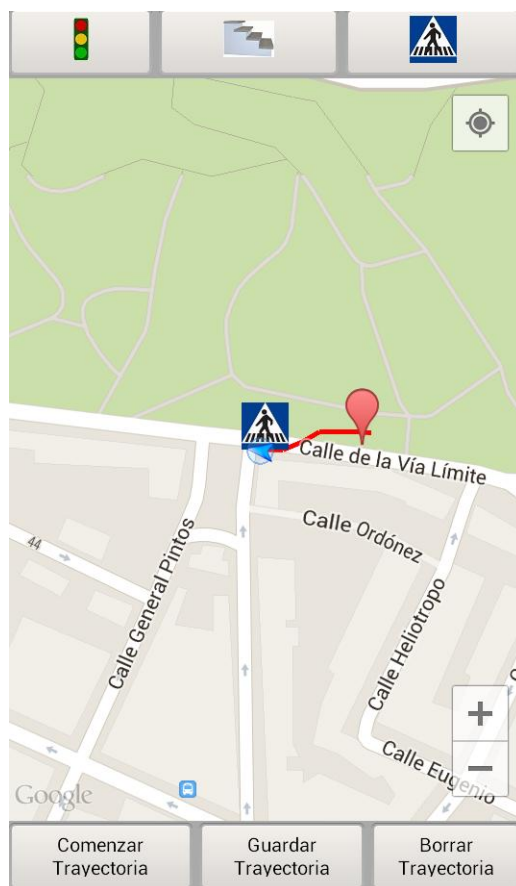
**Ilustración 4-20 Grabar Trayectoria: Marcador Inicio**

La aplicación tiene dos sistemas para guardar las coordenadas:

- De forma automática, bien cada 5 segundos o bien cada 4 metros recorridos, se guardan las coordenadas en la base de datos, con la excepción de que si el usuario no cambia su posición en al menos un metro, el sistema no guardará la posición.
- El usuario, al seleccionar cualquiera de los botones referidos a los obstáculos, introduce las coordenadas de ese preciso instante para identificar el obstáculo encontrada. También, cuando pulsa la opción de guardar la trayectoria al llegar al punto de destino, introduce esas coordenadas en la base.

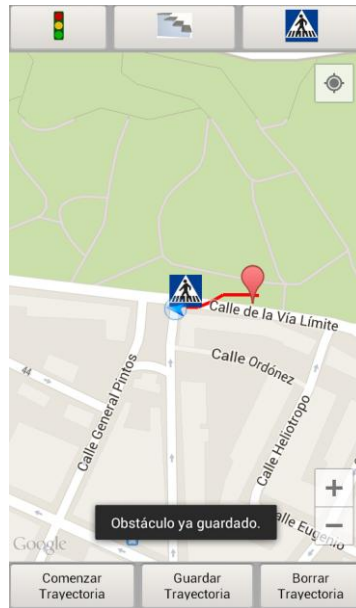
De este modo, nuestro sistema recoge en su base todas las coordenadas que halladas durante el recorrido. En el mapa, al realizar este camino, se irán pintando los puntos guardados para poder tener una mejor visión del camino recorrido.

Además, cada vez que el usuario introduce un obstáculo, se representa este en el mapa a través de su respectiva imagen en la ubicación correspondiente.



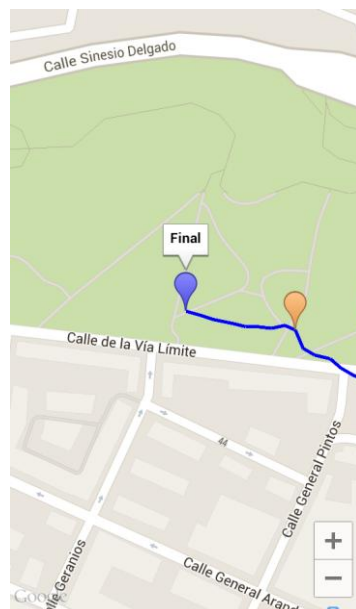
**Ilustración 4-21 Grabar Trayectoria: Marcador Obstáculo**

Si el usuario quiere introducir un obstáculo que ya se encuentra guardado en esa misma ubicación, se muestra un aviso por pantalla indicando que ya está guardado en la base.



**Ilustración 4-22 Grabar Trayectoria: Obstáculo Repetido**

Igual que ocurría con el inicio de la trayectoria, pasa con el final de ella, ya que al seleccionar el guardado, se añade un marcador en el mapa con la ubicación de destino y el programa retorna a la pantalla de inicio.



**Ilustración 4-23 Grabar Trayectoria: Marcador Final**

#### 4.4.3.2.4 Detección de giros

La detección de giros a lo largo de la trayectoria se realiza de forma automática por el sistema. Para conseguir este resultado, hubo un trabajo de muchas horas para lograr un rendimiento aceptable.

La primera opción se desarrollaba a partir del uso del acelerómetro, integrado en los terminales móviles. Este sensor mide la aceleración y la fuerza inducida por la gravedad, con lo que nos permite detectar el movimiento y el giro.

En Android, gracias a la clase *SensorEventListener*, podemos conseguir el azimut de la ubicación con el que podemos detectar el punto cardinal y ver si se ha realizado un giro o no.



Ilustración 4-24 Azimut [23]

Para ello, se realiza una división del espacio comprendido por el azimut, que se encuentra entre 0 y 360, y se le asigna un rango determinado a cada punto cardinal.

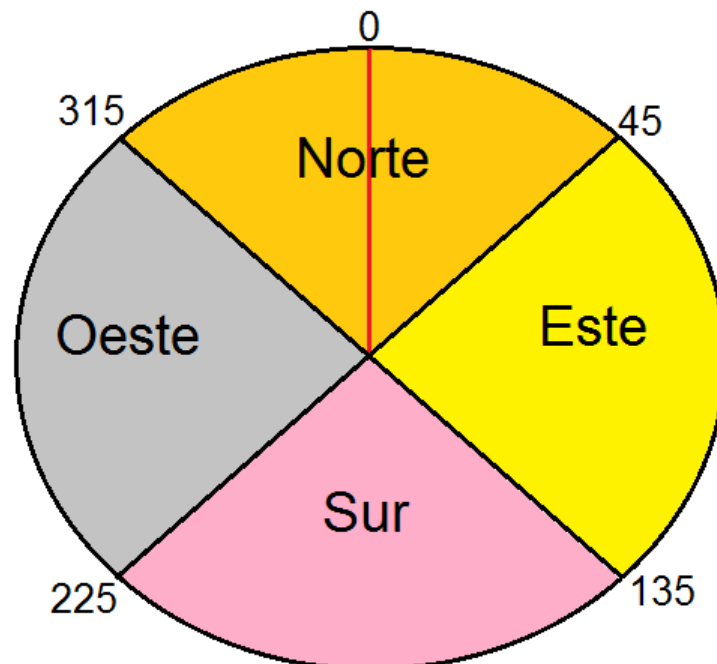
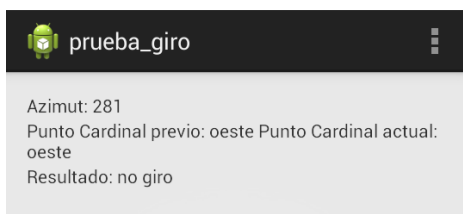


Ilustración 4-25 Azimut-Punto Cardinal

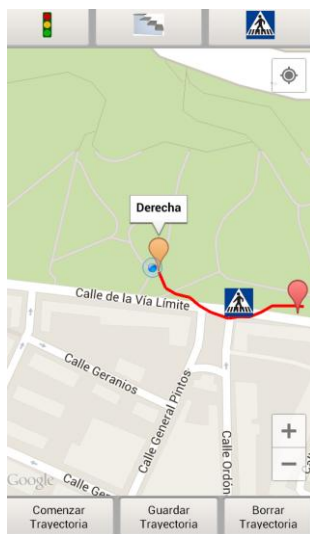
De esta forma, dependiendo del punto cardinal donde nos encontramos y el que teníamos justo en la coordenada anterior podemos saber si hemos realizado un giro. Por ejemplo, si en este momento nos encontramos orientados hacia el norte y en la coordenada anterior estábamos orientados hacia el este, significa que hemos girado hacia la izquierda.

Para comprobar estas ideas plasmándolas sobre Android, se creó un proyecto en el que se mostraba por pantalla el punto cardinal actual y el previo, además del azimut actual y el resultado de si se había producido un giro.



**Ilustración 4-26 Grabar Trayectoria: Prueba Giro**

La detección con esta solución no era mala en general, pero fallaba cuando te encuentras en las zonas límite entre dos puntos cardinales, y al fluctuar el azimut recibido por el acelerómetro, obtenía giros cuando no eran producidos. Además, si por accidente tenías un tropiezo o simplemente al caminar la posición del móvil no era lo suficientemente estable, también surgían giros que no eran correctos. Por estos motivos se decidió añadir una función adicional que aportara solidez y robustez ante estos casos, con la que obtendríamos el rumbo de la trayectoria. Esta función está desarrollada por Google dentro de las herramientas de Google Maps y se encuentra disponible en la clase *Location* con el nombre de *getBearing*. De esta forma, tenemos una nueva variable con la que apreciar si se ha producido el giro y que no dependa del acelerómetro. Así para que se detecte un giro, se debe producir un cambio considerable tanto en el sensor del acelerómetro como de la variable asociado al rumbo de Google Maps, consiguiendo mejores resultados que con el anterior método. Para indicar el giro realizado, se añade en el mapa un nuevo marcador, aunque se añade en la coordenada siguiente al giro para evitar confusiones posteriores en el desarrollo del guiado.



**Ilustración 4-27 Grabar Trayectoria: Marcador Giro**

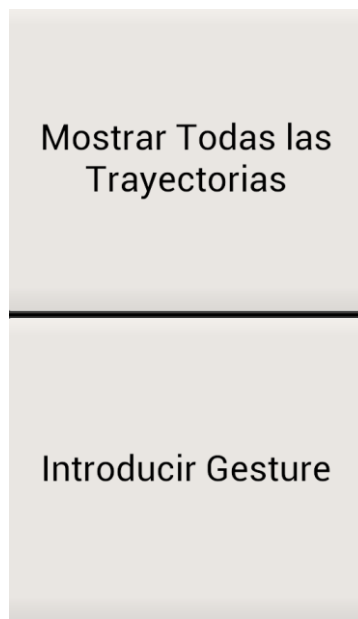


## 4.4.4 Mostrar todas las trayectorias

### 4.4.4.1 Versión inicial

La idea de esta actividad es mostrar las trayectorias previamente grabadas y almacenadas sobre la base de datos de la aplicación.

Para ello, se creó una interfaz similar a la de la pantalla principal donde se expondrían dos botones en los que se elegiría el método deseado para realizar la búsqueda de las trayectorias.



**Ilustración 4-28** Mostrar Trayectorias

Por un lado se mostrarían todas las trayectorias guardadas en la base a través de un listado ordenado por el identificador donde se elegiría la trayectoria buscada.

1 casa metro
2 metro farmacia
3 polideportivo casa
4 mercado autobús
5 casa parque
6 colegio casa
7 casa trabajo
8 autobús universidad
9 frutería metro

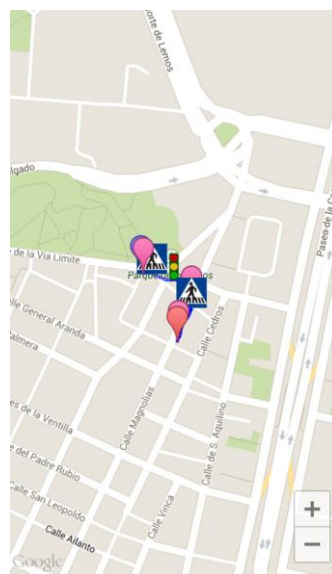
**Ilustración 4-29** Mostrar Trayectorias: Listado

Por otro lado, gracias a la herramienta Gesture, se podría limitar el listado de trayectorias al insertar un gesto correspondiente bien a un número del identificador o a una letra del nombre de la trayectoria. Esta opción se llevó a cabo para bases de datos con una cantidad grande de trayectorias, con las cuales el listado completo dificultaría la búsqueda de una determinada trayectoria. En este ejemplo, se introduce un gesto correspondiente a un '1'.



**Ilustración 4-30 Mostrar Trayectorias: Gesture**

Tanto con un método como en otro, al elegir la trayectoria buscada, se presentaba al usuario una imagen con la trayectoria guardada, en la que se podía apreciar los puntos de inicio y de destino, así como los obstáculos encontrados y giros realizados durante la trayectoria.



**Ilustración 4-31 Mostrar Trayectoria: Versión Inicial Imagen Guardada**

#### 4.4.4.2 Versión final

La única novedad implementada para la versión final fue la de no mostrar una imagen como resultado final de la búsqueda. Ahora, se pinta sobre una mapa de Google Maps las coordenadas llevadas a cabo en la trayectoria, además de las otras variables, como los obstáculos y giros.

El motivo de este cambio es que se le aporta al usuario una capacidad de interactuar sobre la propia trayectoria gracias a las funciones incorporadas en Google Maps. De esta manera, puede realizar *zoom*, ver si el grabado ha sido correcto, localizar los obstáculos, o ver el contenido de los marcadores, entre otras cosas.



**Ilustración 4-32 Mostrar Trayectoria: Versión Final Mapa**

### 4.5 Modo invidente

Una vez concluido el desarrollo del modo normal, se empezó con el trabajo del modo invidente. Tras la experiencia adquirida con este trabajo previo, el desarrollo condujo directamente a la versión final de cada actividad, pues la aplicación estaba totalmente enfocada a su objetivo.

En esta actividad se quería conseguir un resultado semejante al desplegado en la pantalla principal. De este modo, se diseñó una interfaz basada en dos botones con un tamaño grande de letra y un color de fondo vistoso para ayudar al conocimiento de la interfaz.

Como pasaba en la pantalla principal, se muestra un mensaje por voz y por la pantalla en el que se comenta la utilidad de cada botón, y con un movimiento del terminal repite la instrucción por voz, hecho que sucederá en cada actividad del modo invidente. Pulsando los botones se procederá a realizar la actividad correspondiente, que se detallará a continuación.



**Ilustración 4-33 Modo Invidente: Interfaz**

#### **4.5.1 Iniciar una trayectoria**

Esta actividad está enfocada a una búsqueda más concreta de un camino dentro de la base de datos donde el usuario conoce la trayectoria que quiere realizar. Por lo que para delimitar esta búsqueda, se vuelve a utilizar la herramienta Gesture, como ocurría en el desarrollo del modo normal.

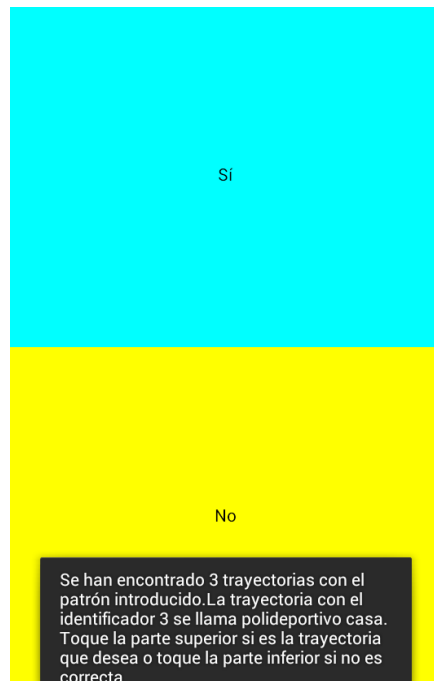
El usuario debe introducir un gesto para determinar el identificador.

Si el trazo realizado no se corresponde con uno almacenado, se identifica por pantalla y por voz y se solicita uno nuevo.



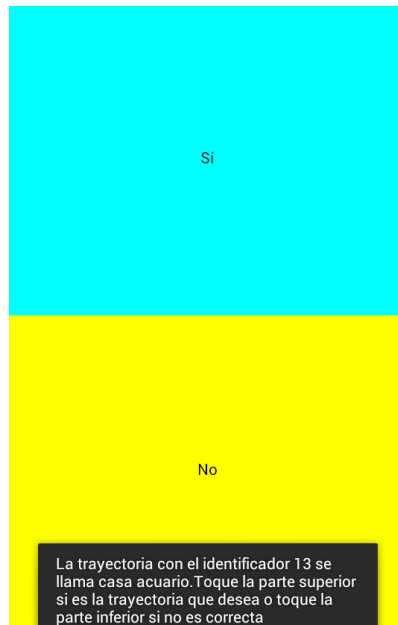
**Ilustración 4-34 Seleccionar Trayectoria: Gesture no Encontrado**

Si se identifica el patrón, primero se detalla el número y se procede a mostrar una a una las trayectorias con ese identificador.



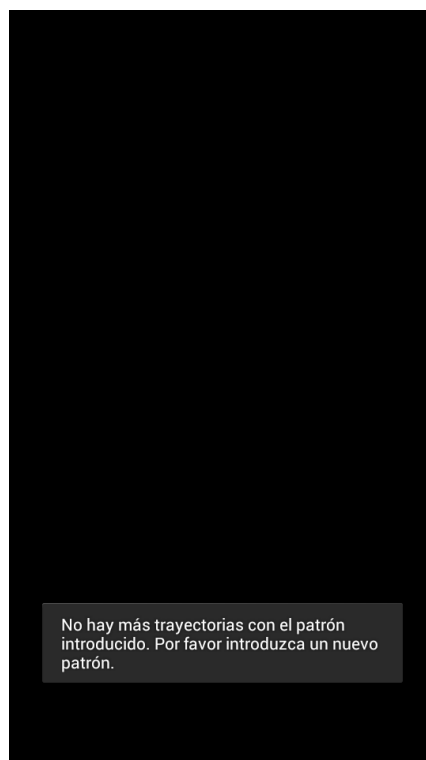
**Ilustración 4-35 Seleccionar Trayectoria: Listado**

Si se acepta la trayectoria, comienza el guiado de la misma. Si por el contrario, no es la trayectoria deseada, se muestran las otras trayectorias encontradas con ese identificador.



**Ilustración 4-36 Seleccionar Trayectoria: Listado Continuación**

Si no existen más trayectorias con ese patrón, se le comunica al usuario y debe introducir un nuevo gesto para realizar una nueva búsqueda.



**Ilustración 4-37 Seleccionar Trayectoria: No hay nuevas**

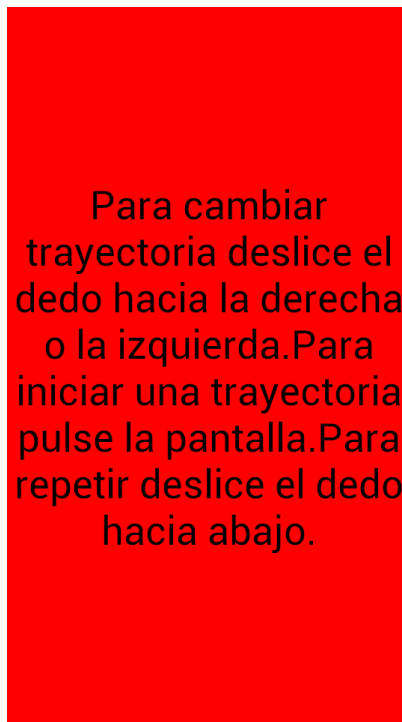
## 4.5.2 Mostrar trayectorias

En esta actividad se le ofrece al invidente el listado completo de trayectorias que se encuentran almacenadas en la base de datos.

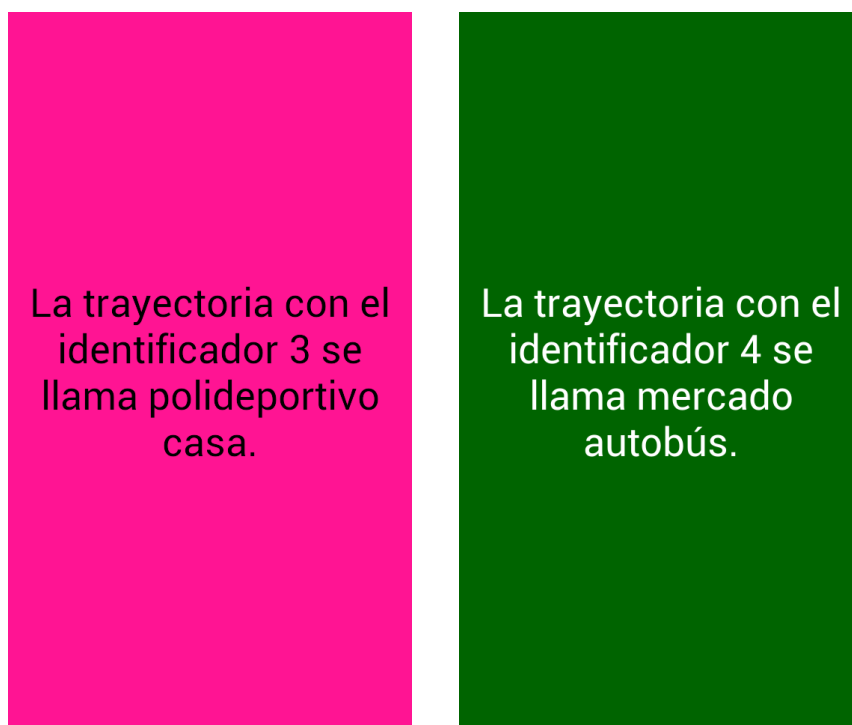
Para poder interactuar con la base de la forma más sencilla y eficiente se ha desarrollado el siguiente modelo:

- Realizando un movimiento sobre la pantalla a izquierda o derecha, se irán pasando una a una las trayectorias guardadas, cambiando por cada trayectoria el color de fondo para poder identificar mejor el cambio visualmente.
- Pulsando detenidamente en cualquier zona de la pantalla, se elegirá la trayectoria y se pasará al guiado de ésta.
- Con un movimiento hacia abajo, se repetirá la última instrucción.

Con este modelo, el usuario invidente puede recorrer la base de datos de una manera muy sencilla.



**Ilustración 4-38 Mostrar Trayectorias: Instrucciones**



**Ilustración 4-39** Mostrar Trayectorias: Recorrido por la Base

### **4.5.3 Guiar trayectoria**

#### ***4.5.3.1 Descripción general***

Como ocurría en el grabado de la trayectoria, la actividad que realiza el guiado merece una mención especial en el proyecto y por ello se entrará bastante más en profundidad detallando su funcionamiento a lo largo de este capítulo.

#### ***4.5.3.2 Versión final***

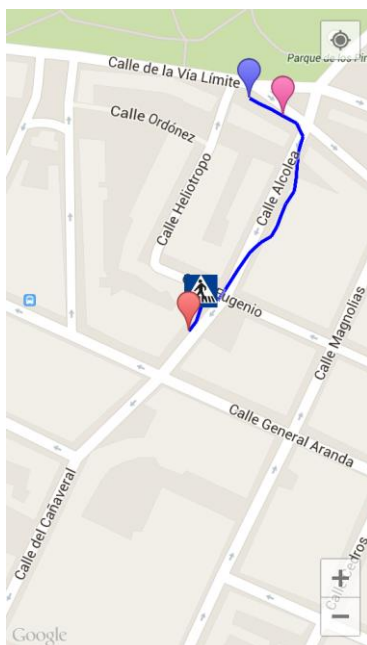
##### ***4.5.3.2.1 Encendido de GPS***

Para realizar el guiado, necesitaremos tener activado el sistema GPS del dispositivo. Para intentar reducir la complejidad de la aplicación al invidente se encenderá de manera automática el GPS al arrancar esta actividad sin que el usuario tenga que realizar acción alguna. Si el GPS ya estuviera activado, no se ejecutaría ninguna tarea adicional.



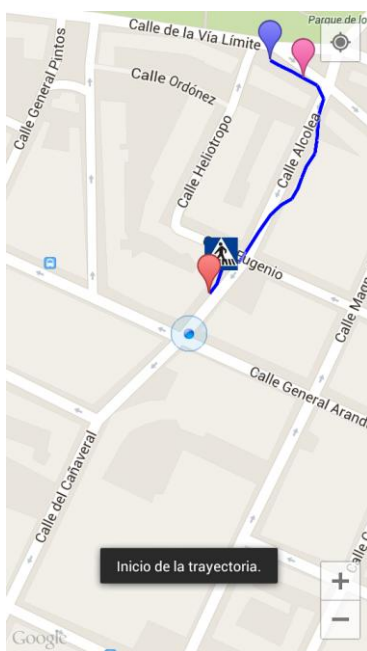
#### 4.5.3.2.2 Pintar trayectoria guardada

Tras iniciar el sistema GPS, se ilustra en el mapa el camino almacenado en la base de datos y que se quiere recorrer con la ayuda de la aplicación. Las coordenadas se pintarán con una tonalidad azul, además de colocar los respectivos marcadores de inicio, final, obstáculos y giros que se encuentran a lo largo del recorrido.



**Ilustración 4-40 Guiar Trayectoria: Camino Pintado**

Para comenzar el guiado, es necesario que el usuario pulse prolongadamente en alguna zona de la pantalla. Una vez pulsado, se procederá al comienzo del guiado.



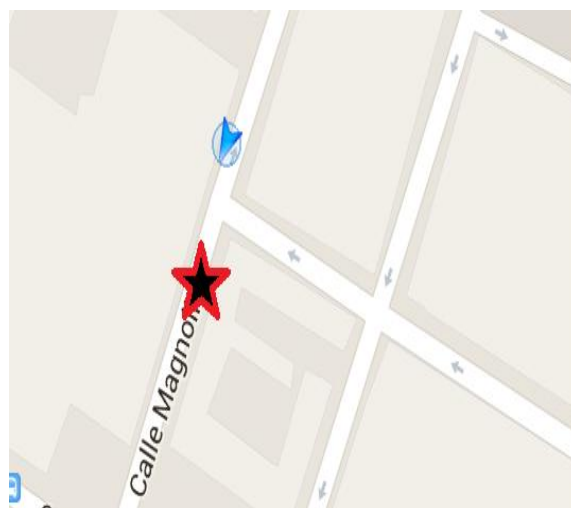
**Ilustración 4-41 Guiar Trayectoria: Inicio Pulsado**

#### 4.5.3.2.3 Guiado al primer punto

En este momento, se orienta al usuario a llegar hasta el punto de inicio de la trayectoria respecto a su ubicación actual. Para ello, se ha desarrollado un sistema basado en la detección de giros implementado en el grabado de la trayectoria, con el que se consigue dirigir al invidente mediante giros y alertando de la distancia que falta hasta el punto de inicio.

Un problema encontrado al realizar este sistema es que dependiendo de la ubicación del usuario, hay que distinguir si el usuario se encuentra por delante o por detrás del punto.

Este problema se intenta explicar mejor con las siguientes imágenes.

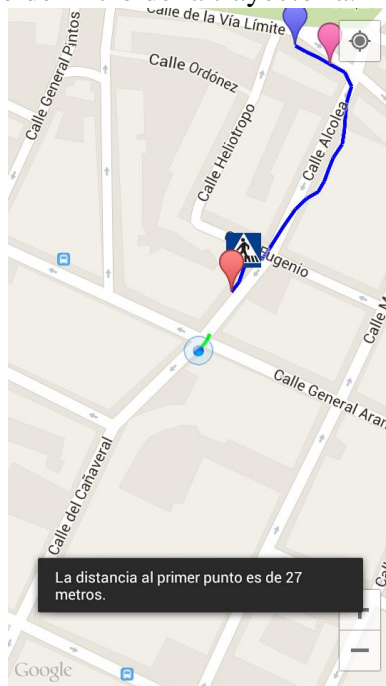


**Ilustración 4-42 Guiar Trayectoria: Problema Ubicación Usuario**

Si el punto al que queremos guiar al usuario es la ubicación marcada como una estrella, en la primera imagen el sistema tendría que comunicar al usuario que tiene que dar la vuelta para tener una correcta dirección. Sin embargo, en la segunda imagen el usuario se encuentra ya en la dirección correcta por lo que no habría que decirle que cambiara su rumbo.

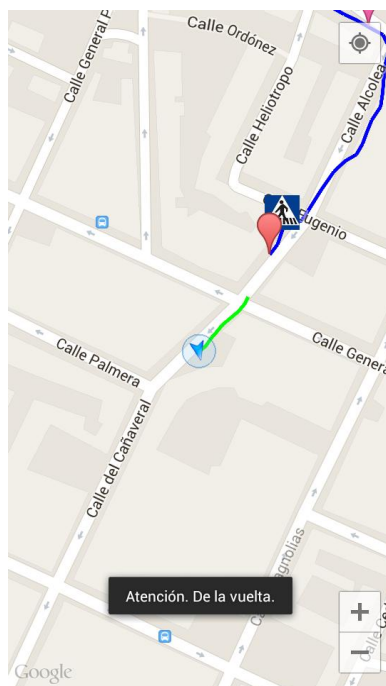
Para intentar solucionar este problema, se creó un algoritmo con el cual midiendo distancias entre la ubicación actual, el punto de inicio y una coordenada de referencia se pudiese guiar correctamente al usuario.

El resultado final del guiado al primer punto es que primero se avisa al usuario de la distancia que le separa al punto de inicio de la trayectoria.



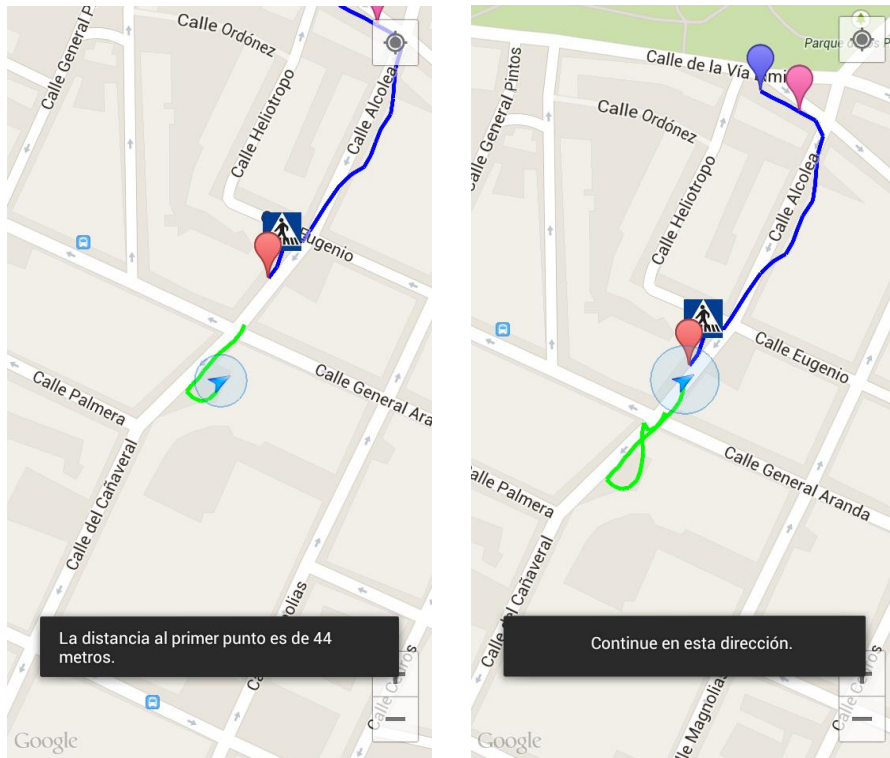
**Ilustración 4-43 Guiar Trayectoria: Distancia Inicio**

Pasados unos segundos se le indica al usuario si se encuentra en la dirección correcta o no.



**Ilustración 4-44 Guiar Trayectoria: Orientación Punto de Inicio**

Estos dos pasos se repiten periódicamente hasta llegar al inicio de la trayectoria.

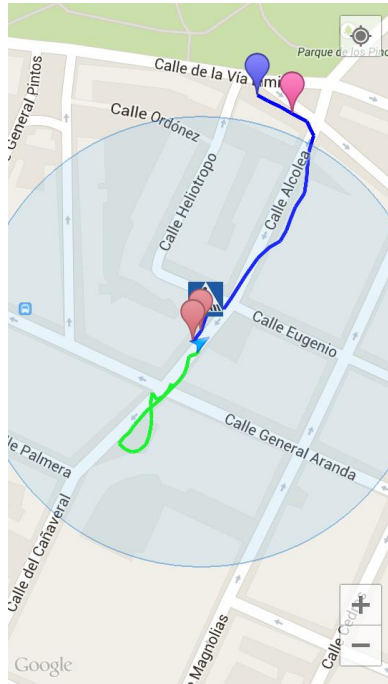


**Ilustración 4-45 Guiar Trayectoria: Pasos hasta Inicio**

#### ***4.5.3.2.4 Guiado sobre la trayectoria***

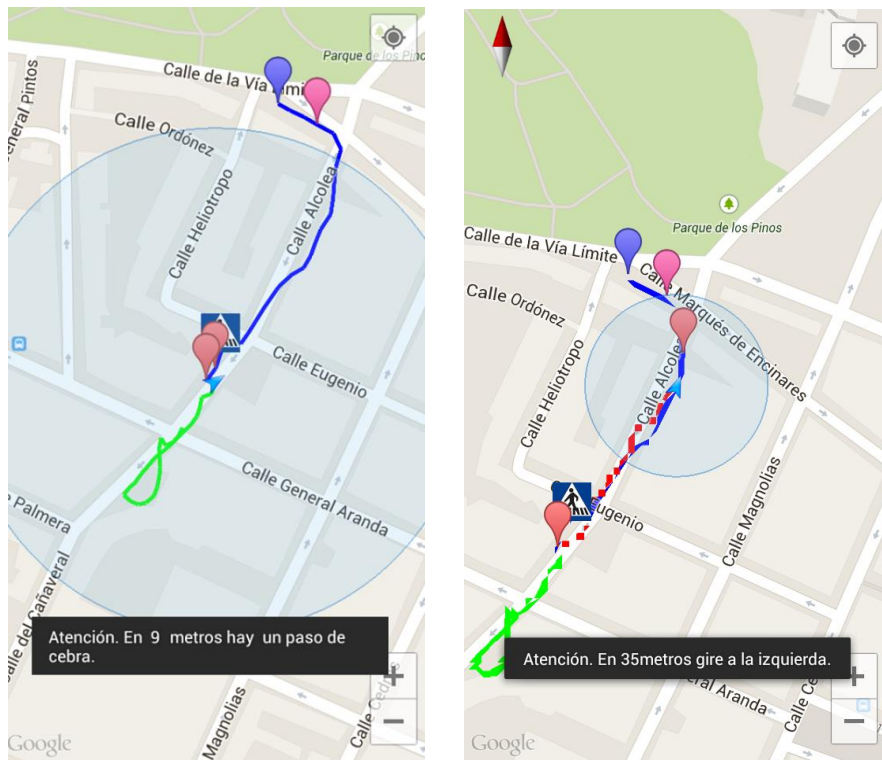
Una vez alcanzado el punto de comienzo de la trayectoria, empieza el guiado de la misma. En el mapa, se pintan las coordenadas con un tono rojo, para distinguir de las coordenadas utilizadas para el guiado hasta el primer punto, que eran verdes, y las de la trayectoria almacenada, que eran azules.

El sistema irá actualizando la ubicación siguiente, una vez alcanzada la anterior, pudiendo ver la próxima ubicación gracias a un marcador rojo.



**Ilustración 4-46 Guiar Trayectoria: Marcador Siguiente Ubicación**

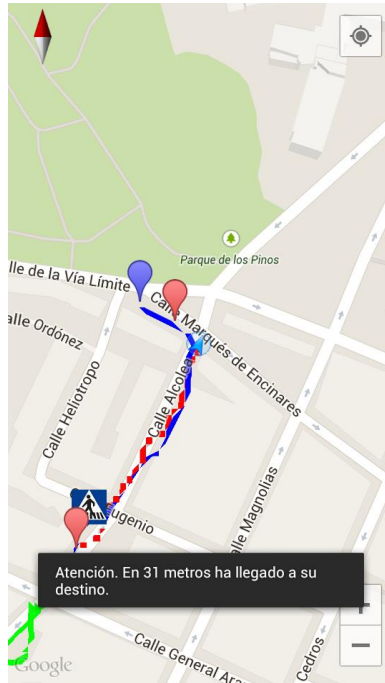
Varias coordenadas antes de que el usuario se encuentre bien con un giro o bien con un obstáculo se le avisará de la distancia entre éste y su ubicación actual. Además, cuando se encuentre a una pequeña distancia el teléfono vibrará para alertar al usuario.



**Ilustración 4-47 Guiar Trayectoria: Aviso Giro/Obstáculo**

Si durante el trayecto el usuario se pierde y no llega a la ubicación que tendría que tener para continuar el camino, se le guiará de la misma forma que se le guía al inicio de la trayectoria.

Antes de llegar al punto de destino, también se avisa al usuario de la distancia por recorrer.



**Ilustración 4-48 Guiar Trayectoria: Aviso Final**

Cuando el usuario ha alcanzado el punto de destino, el terminal produce una vibración, se le comunica al usuario de la finalización del guiado y se retorna a la pantalla principal.



**Ilustración 4-49 Guiar Trayectoria: Final**

## **5 Conclusiones**

---

El resultado final obtenido ha cumplido con los objetivos marcados en su comienzo, además de implementaciones adicionales realizadas a lo largo del proyecto que no estaban previstas.

La aplicación permite realizar las siguientes acciones:

- Grabado de trayectorias por parte del guía en la que se detectan giros automáticamente y se le permite añadir obstáculos encontrados durante el camino.
- Ver las trayectorias almacenadas en la base a través de un listado o por una búsqueda con gestos.
- Eliminar trayectorias guardadas en la base de datos.
- Seleccionar una trayectoria que se quiera reproducir mediante búsquedas basada en gestos optimizadas para un usuario con problemas de visión.
- Guiar a un usuario durante la trayectoria guardada, orientando giros y alertando de posible problemas encontrados.

Desde el punto de vista formativo, entre otros temas, se han aprendido conceptos en:

- Programación en Android.
- Bases de datos SQL.
- Geolocalización y cartografía digital.

## **6 Trabajo futuro**

---

A lo largo del diseño y desarrollo del proyecto, se fueron detectando mejoras para añadir a la aplicación. Muchas de estas mejoras se implementaron y se pueden ver en la versión final. Sin embargo, muchas otras no se desarrollaron debido a la limitación de tiempo para la realización del proyecto. Algunas de estas mejoras que se puede desarrollar en proyectos futuros son:

- Integración del sistema con un servidor, en lugar del almacenado en una base de datos sobre el teléfono. De este modo, el guía podría realizar el grabado de las trayectorias en su propio teléfono y al terminar, subir todas estas trayectorias al servidor, desde donde el invidente pudiese descargarlas a su teléfono.
- Edición de obstáculos y giros en trayectorias almacenadas, con el objetivo de corregir posibles fallos del sistema.
- Mejorar la aplicación tanto en la gestión de recursos como en el gasto de batería.
- Desarrollar el algoritmo de detección de giros para rotondas o giros poco pronunciados.
- Incluir mensajes pregrabados en las alertas y en los menús.
- Posibilidad de ofrecer al usuario cambiar el tamaño de letra y el fondo de cada botón.



## 7 Bibliografía

---

- [1] [http://negociosinternet.org/el-futuro-de-los-dispositivos-moviles/#.U7V8Pv1\\_uzA](http://negociosinternet.org/el-futuro-de-los-dispositivos-moviles/#.U7V8Pv1_uzA).
- [2] <http://www.woratek.com/2011/08/25/en-el-2015-los-smartphones-dominaran-el-mercado-movil/>.
- [3] <http://www.dumainteractiva.com/infocaps.php?id=7822&sub=7832>.
- [4] <https://developer.att.com/developer/tier2page.jsp?passedItemId=3100150>.
- [5] <http://www.kriptopolis.com/geoposicionamiento-gsm-7>.
- [6] <http://www.slideshare.net/guest3014af17/sistemas-de-localizacin-basados-en-toa>.
- [7] [http://navyadministration.tpub.com/14220/css/14220\\_248.htm](http://navyadministration.tpub.com/14220/css/14220_248.htm).
- [8] <http://www.mecinca.net/Presentaciones/GPSSencillo/index4.htm>.
- [9] <http://www.tecnoprojectltda.com/QUEESGPS.htm>.
- [10] <http://www.pdatungsteno.com/2009/03/30/explicacion-tecnologia-costo-ventajas-sistema-a-gps/>.
- [11] Norbert Márkus, András Arató, Zoltán Juhász, Gábor Bognár, and László Késmárki, MOST-NNG: An Accessible GPS Navigation Application Integrated into the MOBILE SLATE TALKER (MOST) for the Blind, 2010.
- [12] Nabeel Khan, Brendan McCane, Smart Phone Application for Indoor Scene Localization, Otago, Nueva Zelanda, 2012.
- [13] Klaus Höckner, Daniele Marano, Julia Neuschmid, Manfred Schrenk, and Wolfgang Wasserburger, Web-Based City Maps for Blind and Visually Impaired, Viena, 2011.
- [14] [E Chen-Fu Liao, Using Smartphone App to Support Visually Impaired Pedestrians at Signalized Intersection Crossings, Minneapolis, 2012.
- [15] S. Bohonos, A. Lee, A. Malik, C. Thai, and R. Manduchi, Cellphone Accessible Information Via Bluetooth, California, 2008.
- [16] <http://www.onthebus-project.com/interficie.php>.
- [17] <http://www.onthebus-project.com/index.php>
- [18] <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- [19] <http://www.sgoliver.net/>

[20] <http://gesturesearch.googlelabs.com/api.html>

[21] <http://www.definicionabc.com/geografia/geolocalizacion.php>

[22] <http://www2.ucy.ac.cy/~laoudias/pages/penek/deliverables/D3.pdf>

[23] <https://www.flickr.com/photos/seag0109/7400297894/>

## Glosario

---

API	Application Programming Interface
GPS	Global Positioning System
A-GPS	Assisted Global Position System
SQL	Structured Query Language
CGI	Cell Global Identity
E-CellID	Enhanced Cell Identification
AOA	Angle of Arrival
DOA	Direction of Arrival
LOS	Line of Sight
MF	Multipath Fingerprint
TOA	Time of Arrival
TDOA	Time Difference of Arrival
WPS	WiFi Position System
TA	Timing Advance

# ANEXOS

---

## PRESUPUESTO

### 1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 500 €
- Alquiler de impresora láser durante 6 meses ..... 50 €
- Móvil Android..... 500€
- Tableta Android ..... 450€
- Material de oficina ..... 50 €
- Total de ejecución material ..... 1.550 €

### 2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material ..... 248 €

### 3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material ..... 93 €

### 4) Honorarios Proyecto

- 600 horas a 15 € / hora..... 9000 €

### 5) Material fungible

- Gastos de impresión..... 60 €
- Encuadernación..... 200 €

### 6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto..... 11151 €

### 7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto ..... 2347.7 €

### 8) Total presupuesto

- Total Presupuesto..... 13492,7 €

Madrid, Julio de 2014

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Daniel Arjona Hernández  
Ingeniero de Telecomunicación

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de una APLICACIÓN DE CARTOGRAFÍA ASISTIDA PARA INVIDENTES BAJO 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, sometidos 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 partida alzada 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% del presupuesto y la provisional del 2%.

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 Contrata" y 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. 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.