



Máster en Informática Interactiva y Multimedia

Blind-Launcher y Muévete: escritorio adaptado y aplicación de guiado móvil para personas con discapacidad visual

Trabajo Fin de Máster

Curso académico 2011-2012

Autor: Miguel Ángel Moreno Álvarez

Tutores: Cristina Rodríguez Sánchez y Estefanía Martín Barroso

Resumen

El terreno de las tecnologías accesibles es un área muy sensible que comprende tanto la necesidad básica de un colectivo, hasta el reconocimiento general de la mejora en la calidad de vida para todos, según señalan los planes europeos eEurope2002 [1] , eEurope2005 [2] e i2010 [3] . La inclusión tecnológica debe alcanzar a todas las personas de todas las edades y habilidades, independientemente de su discapacidad o de las herramientas que dispongan.

Las personas que sufren discapacidad, suelen encontrarse con barreras tecnológicas a la hora de acceder a la información o a la hora de guiarse y adaptarse en su entorno diario más cercano. En la actualidad, existen propuestas donde se especifican normas de accesibilidad con el objetivo de facilitar el acceso a la información vía web [4] . Sin embargo, no existen actividades ni iniciativas económicamente viables que fomenten un guiado accesible en entornos cotidianos tales como zonas de trabajo o de estudio.

Aprovechando las altas capacidades tecnológicas de los terminales móviles, es posible ofrecer al usuario servicios de localización, orientación y guiado. Estos servicios podrán ser puestos en marcha tanto en entornos exteriores como en entornos interiores. Los servicios de localización en entornos exteriores están bastante avanzados gracias a la tecnología GPS. Existen multitud de aplicaciones que generan rutas guiadas y orientativas en función de la posición del usuario. Sin embargo, la implementación de estos servicios de guiado exterior no es suficiente para algunos colectivos, como por ejemplo, personas con discapacidad visual total, que necesitan un guiado intensivo que les impida desviarse de su ruta. En cuanto a los servicios de guiado y localización en entornos interiores, actualmente se encuentran poco avanzados, ya que no hay una única tecnología específica que solucione el problema.

Este trabajo propone solventar el problema del guiado accesible y ofrecer una solución basada en el uso de los terminales móviles. Actualmente, los terminales móviles representan una tecnología de uso masivo y diario entre la población. El teléfono móvil inteligente, *smartphone*, se está convirtiendo en un elemento no excluyente a la persona, que favorece la comunicación e integración. Sin embargo, el gran problema de estos dispositivos es que no son accesibles a personas con discapacidad, su diseño y uso no es universal, por lo que se convierten en un elemento excluyente para este tipo de colectivos de usuarios. Por lo tanto, es necesaria una adaptación de sus interfaces para conseguir un uso universal.

En concreto, en el presente proyecto, se plantean dos aplicaciones móviles dirigidas al sistema operativo Android¹ llamadas Blind-Launcher y Muévete. La primera pretende solventar el problema de la adaptación de interfaces móviles mediante la implementación de un escritorio accesible. La segunda se centra en el problema del guiado y la localización accesibles, tanto en entornos interiores, apoyándose en la tecnología Bluetooth², como en entornos exteriores usando GPS³. Los detalles de cada una de estas aplicaciones junto con las pruebas de usabilidad realizadas sobre ambas aplicaciones, se explicarán a lo largo de esta memoria.

Este trabajo fin de máster está enmarcado dentro del proyecto "*Servicios de Guiado Universitario para la Accesibilidad y Movilidad Universal*" donde colaboran el Departamento de Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos, la Fundación Vodafone y el Programa de Apoyo a la Integración a Personas con Discapacidad perteneciente al Vicerrectorado de Política Social, Calidad Ambiental y Universidad Saludable de la Universidad Rey Juan Carlos.

¹ Android es un sistema operativo basado en la tecnología Linux que está enfocado para ser utilizado en dispositivos móviles.

² Basado en el estándar 802.15.1 que opera en la banda de 2,4 GHz y que permite comunicaciones inalámbricas de corto alcance entre diferentes dispositivos.

³ Global Position System: sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto determinado.

Tabla de contenidos

Resumen	I
1. Introducción	1
1.1 Accesibilidad en sistemas operativos móviles	2
1.2 Trabajos relacionados.....	5
1.3 Objetivos del proyecto	7
2. Diseño e implementación	8
2.1 Blind-Launcher	9
2.3 Muévete.....	16
3. Evaluación.....	25
3.1 Caso de estudio	25
3.1.1 Observación Directa	28
3.1.2 Cuestionarios de evaluación	30
3.2 Resultados	30
3.2.1 Resultados obtenidos mediante observación directa	30
3.2.2 Resultados obtenidos a través de cuestionarios	32
4. Conclusiones y trabajo futuro	37
5. Referencias.....	41
Anexos.....	46
Anexo A Cuestionarios de evaluación	46
A.1 Cuestionario de la aplicación Blind-Launcher.....	46
A.2 Cuestionario de la aplicación Muévete.....	47

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de casos de uso de la aplicación Blind-Launcher.....	10
Figura 2: Diagrama de clases de negocio de la aplicación Blind-Launcher.....	11
Figura 3: Diagrama de clases de la aplicación Blind-Launcher	12
Figura 4: Interfaz de un teléfono móvil Android	13
Figura 5: Activación del escritorio Blind-Launcher.....	13
Figura 6: Blind-Launcher – Opción fecha y hora.....	14
Figura 7: Blind-Launcher – Apertura de una aplicación.....	15
Figura 8: Blind-Launcher –Consulta de un mensaje de la bandeja de entrada	15
Figura 9: Blind-Launcher –Realización de una llamada telefónica a un contacto	16
Figura 10: Diagrama de casos de uso de la aplicación Muévete.....	18
Figura 11: Diagrama de clases de la aplicación Muévete	19
Figura 12: Muévete - Selección de campus y registro del usuario.....	20
Figura 13: Muévete - Consulta de información de un punto de interés	21
Figura 14: Muévete - Consulta de las últimas noticias	22
Figura 15: Muévete - Localización del asistente asignado.....	22
Figura 16: Muévete - Activación del lector de códigos QR.....	23
Figura 17: Muévete - Servicio de orientación y guiado en exteriores.....	24
Figura 18: Gráfica temporal de realización de las fases de pruebas.....	27
Figura 19: Ruta de guiado sobre el mapa del campus de Móstoles de la URJC	27

Índice de tablas

Tabla 1: Funcionalidades de aplicaciones móviles gratuitas para usuarios con discapacidad visual.	5
Tabla 2: Resultados obtenidos mediante observación directa para Blind-Launcher.....	31
Tabla 3: Resultados obtenidos mediante observación directa para Muévete	32
Tabla 4: Resultados del cuestionario para la aplicación Blind-Launcher	33
Tabla 5: Resultados del cuestionario para la aplicación Muévete.....	34

1. Introducción

En los últimos años, los dispositivos móviles han alcanzado una gran cuota de mercado, en concreto, el 95,1% de los hogares españoles dispone de teléfono móvil [5] . Además, el 53% de los usuarios que tienen teléfono móvil poseen un *smartphone* o teléfono inteligente, que ofrece otras funcionalidades extra a los usuarios aparte de la realización de llamadas y el envío de mensajes, como por ejemplo la conexión a Internet, la reproducción de contenidos multimedia o el acceso a ficheros remotos entre otros. Los *smartphones* se han convertido prácticamente en ordenadores personales. Estos teléfonos inteligentes pueden tener distintos sistemas operativos: Android, iOS, Symbian o RIM. Android es un sistema operativo que cuenta con una cuota de mercado del 59% a nivel mundial entre los terminales vendidos durante el primer trimestre del año 2012 [6] . Detrás, se encuentra iOS, el sistema operativo móvil de Apple que se desarrolló originalmente para iPhone. iOS ha alcanzando un 23% de la cuota de mercado mundial. Por último, el sistema operativo móvil de Nokia, Symbian, ha presentado un descenso considerable colocándose con un 6,4% de cuota junto con el sistema operativo de RIM Blackberry que presenta un 6,8%.

Según avanza la tecnología móvil, los sistemas van siendo cada vez más complejos y el esfuerzo para que los usuarios con discapacidad puedan acceder a ella va aumentando considerablemente. Actualmente, la mayoría de estos dispositivos que se ofrecen en el mercado sustituyen los teclados físicos por táctiles. Esto supone un grave problema para personas con discapacidad visual, ya que si no se ofrece una realimentación del manejo del dispositivo adecuada y adaptada a este colectivo, su uso se hace inaccesible.

Para que un usuario invidente pueda manejar un *smartphone*, el dispositivo debe ofrecer al usuario una realimentación auditiva y táctil. De hecho, hay numerosas actividades que una persona puede realizar a diario con un teléfono móvil, donde una persona invidente encuentra muchas dificultades: llamadas de teléfono, mensajes de texto, ajustes del teléfono, consultar donde está, consultar información de donde quiere ir, etc. El usuario debe poder obtener de forma hablada los resultados de las distintas interacciones que provoque con las opciones dispuestas en la pantalla del dispositivo móvil. Además, es recomendable que por cada interacción que provoque con las opciones, obtenga una respuesta vibratoria asociada a una determinada acción (por ejemplo, vibración de corta duración si el usuario selecciona una opción y vibración de larga duración si abre la opción). La navegación y la forma de seleccionar las opciones también deben adaptarse, de manera que el usuario localice y seleccione la opción

que desea mediante una pulsación simple y, posteriormente la ejecute realizando dos pulsaciones consecutivas.

En las siguientes secciones, se hará un repaso sobre las características de accesibilidad en los sistemas operativos móviles más influyentes del mercado actual. Posteriormente, se revisará el estado del arte donde se enmarca el presente proyecto y se explicarán los trabajos de investigación más relevantes relacionados con la accesibilidad y la tecnología móvil. Por último, una vez analizadas las soluciones tecnológicas sobre accesibilidad, se definirán los objetivos principales y secundarios del proyecto.

1.1 Accesibilidad en sistemas operativos móviles

A continuación, se enumeran los sistemas operativos móviles más influyentes en el mercado móvil y su contribución a la accesibilidad a través de determinadas aplicaciones:

- **Android**⁴: es un sistema operativo móvil que está basado en la tecnología Linux y desarrollado originalmente por Google. Actualmente, cuenta con más de 600.000 aplicaciones en su mercado de aplicaciones, de las cuales dos tercios son completamente gratuitas. Aunque existen muchos desarrolladores trabajando en este sistema operativo, Android siempre ha sido criticado por su incapacidad para ofrecer servicios accesibles robustos a usuarios con discapacidad, especialmente a usuarios invidentes [7] . Actualmente, ha lanzado una alternativa accesible para usuarios con discapacidad visual en su última versión del sistema operativo Android Ice Cream Sandwich - Android 4 [8] . Dicha alternativa se basa en un teclado adaptado que ofrece una realimentación hablada siempre que el usuario se sitúa sobre alguna opción de la pantalla del dispositivo. Además, el usuario puede manejar la interfaz usando gestos definidos como por ejemplo hacer desplazamiento vertical en las distintas pantallas usando dos dedos o ir descubriendo las distintas opciones deslizando un solo dedo. Para entrar en una opción sólo tiene que descubrirla y pulsar dos veces sobre ella. El problema de esta iniciativa es que sólo funciona bajo la última versión del sistema operativo Android y, actualmente, la mayoría de los dispositivos que utilizan Android no son actualizables a esta última versión.

Además de esta alternativa, existen otros proyectos anteriores que pretenden solucionar el problema de la accesibilidad para discapacitados visuales en Android:

⁴ <http://www.android.com>

- TalkBack [9] es una aplicación que permite mostrar de forma auditiva todas las opciones que se encuentran en la pantalla en un determinado momento. Es uno de los pocos lectores de pantalla gratuitos disponibles para Android.
 - KickBack [10] es una aplicación gratuita que hace vibrar el dispositivo cada vez que el usuario pulsa una opción presente en la pantalla.
 - SoundBack [11] es una aplicación gratuita que emite sonidos al realizarse una transición de pantalla como consecuencia de haber seleccionado una opción disponible en la misma. La diferencia con TalkBack es que SoundBack no emite sonidos que se corresponden con el lenguaje humano.
 - PicoTTS [12] y eSpeakTTS [13] : son sintetizadores de voz gratuitos disponibles en más de seis idiomas e integrables en cualquier aplicación que se quiera desarrollar.
 - BigLauncher [17] : es una aplicación gratuita externa al sistema operativo que aumenta de tamaño todos los elementos que aparecen en la pantalla del dispositivo móvil. Esta aplicación funciona como un escritorio del sistema y está orientada a usuarios con discapacidad visual leve.
- **iOS⁵**: Al contrario que Android, iOS implementa una buena aportación para la accesibilidad de sus dispositivos móviles. Como solución de accesibilidad, iOS propone una aplicación del sistema llamada Voice Over [14] . Voice Over está considerado el mejor lector de pantallas para dispositivos móviles. Utiliza una técnica basada en un foco virtual que puede ser manejado por el usuario y que puede apuntar a cualquiera de las opciones que se encuentren en la pantalla. Mientras el usuario va variando de posición el foco, el sistema va dictando, de forma auditiva, las opciones a las que va apuntando. Una vez el usuario tenga el foco en la opción que desea, sólo tiene que pulsar dos veces sobre la pantalla para activar dicha opción. Voice Over cubre toda la funcionalidad de los proyectos de accesibilidad visual para Android descritos anteriormente. Además, la alternativa de accesibilidad visual disponible para la última versión de Android está inspirada en el funcionamiento de esta aplicación.
 - **BlackBerry OS⁶**: El sistema operativo Blackberry OS no incorpora, por norma general, interfaces gratuitas accesibles. Entre sus opciones de configuración, se pueden encontrar atajos para el uso del sistema mediante el teclado. Además,

⁵ <http://www.apple.com/es/ios/>

⁶ <http://es.blackberry.com/>

permite configurar opciones para personas con discapacidad visual leve, como son la incorporación de menús expandidos o la inversión de la escala de colores de la interfaz. El punto negativo de Blackberry OS es la inexistencia de un lector de pantallas gratuito propio del sistema. Para obtener esa funcionalidad hay que recurrir a aplicaciones externas que sean de pago. Esto ya supone una discriminación para el usuario final, ya que por defecto no puede utilizar las mismas opciones que otro usuario sin discapacidad visual, auditiva o motora, entre otras.

- **Symbian OS**⁷: El sistema operativo Symbian OS no incorpora interfaces ni posibles configuraciones accesibles desde el propio sistema operativo por defecto. Sí existen aplicaciones accesibles para personas con discapacidad visual, tanto gratuitas como de pago. La aportación más importante de Symbian al terreno de la accesibilidad ha sido realizada por la empresa Nokia mediante la implementación del software lector de pantallas gratuito Nokia Screen Reader [15] . Dicho software está disponible únicamente para cuatro modelos de dispositivos Nokia. Por lo tanto, para obtener soluciones de calidad orientadas a personas con discapacidad visual total en los demás dispositivos Symbian habría que recurrir a alternativas de pago. Para usuarios con discapacidad visual leve, existen algunas iniciativas para dispositivos móviles muy concretos que permiten agrandar el tamaño de la fuente de letra y de los controles de la interfaz como los botones o las listas [16] .

Por último, hay que destacar que Android, iOS y Blackberry OS facilitan a los desarrolladores de aplicaciones, APIs de accesibilidad gratuitas y guías de normas de desarrollo para poder implementar aplicaciones con controles accesibles. Además, iOS también facilita un servicio web a través del cual se puede comprobar si la aplicación desarrollada cumple con los cánones de accesibilidad marcados en sus normas de desarrollo accesible.

A continuación, se presenta una tabla a modo de resumen donde se pueden apreciar las funcionalidades adecuadas para que un dispositivo móvil sea accesible a usuarios con discapacidad visual y las aplicaciones gratuitas de los sistemas operativos móviles que las cubren.

⁷ <http://www.developer.nokia.com/>

Funcionalidad /S.O.	Android	iOS	Blackberry OS	Symbian
Realimentación sonora	<i>TalkBack</i>	<i>Voice Over</i>	--	<i>Nokia Screen Reader</i>
Realimentación vibratoria	<i>KickBack</i>	<i>Voice Over</i>	--	--
Navegación adaptada	<i>Aplicación Nativa (Android 4)</i>	<i>Voice Over</i>	--	--
Adaptación de componentes de interfaz	<i>Big Launcher [17]</i>	--	<i>Aplicación Nativa</i>	<i>Aplicación Nativa</i>

Tabla 1: Funcionalidades de aplicaciones móviles gratuitas para usuarios con discapacidad visual.

Como se puede inferir de esta introducción, hay gran un vacío en la accesibilidad para dispositivos móviles Android que no sean actualizables a la última versión del sistema operativo Android 4.0. Actualmente, la mayoría de los dispositivos que hay en el mercado no son actualizables a esta última versión. Sólo un 7,1% del total cuentan con dicha versión [18] . Por tanto, siendo Android el sistema operativo móvil que más cuota de mercado abarca, se hacen necesarios desarrollos accesibles que sean compatibles con todas las versiones de este sistema operativo independientemente de la versión con la que se cuente en el dispositivo.

1.2 Trabajos relacionados

Existe una amplia variedad de estudios que proponen diseños de sistemas y adaptaciones de interfaces de teléfonos móviles de última generación para personas con distintos tipos de discapacidad. A continuación, se hace un repaso sobre el estado de la cuestión explicando los proyectos existentes más significativos.

Un ejemplo de un proyecto orientado a personas con discapacidad auditiva es *TextToSign* [19] [19] . Este proyecto implementa un conjunto de servicios y aplicaciones que permiten a personas con discapacidad auditiva comunicarse en Lengua de Signos Española (LSE) y traducir audio o texto a LSE. Actualmente, este software está en desarrollo para su funcionamiento en dispositivos móviles. Existen también otros estudios como *Mobile Motion Gesture Design for Deaf People* [20] que proponen implementar un mecanismo basado en gestos que se corresponda con el lenguaje de signos y que permita agilizar la comunicación utilizando el dispositivo móvil como un elemento de apoyo.

Por otro lado, como ejemplo de aplicaciones orientadas a colectivos con discapacidad física podemos encontrar *Tecla* [21] . Esta aplicación ofrece un servicio de teclado virtual adaptado para teléfonos móviles con el cual se puede acceder a toda la funcionalidad del dispositivo ya que funciona como un sustituto del control de navegación que implementa el sistema operativo por defecto. *Tecla* propone simplificar al máximo el control del dispositivo incorporando un teclado virtual que contiene las opciones básicas de navegación sobre una interfaz móvil (arriba, abajo, izquierda, derecha, atrás, seleccionar y escribir). Sobre dicho teclado virtual se proyecta un foco de selección que cambia con una determinada frecuencia (ajustable al grado de discapacidad física) entre las distintas opciones del teclado. Cuando el usuario observa que el foco se posa en la opción de navegación que desea seleccionar, debe pulsar en cualquier punto de la pantalla para realizar la acción asociada. Cabe destacar también una vía de investigación para el manejo de dispositivos móviles a través del movimiento del ojo humano *Activating Mobile Phones With Your Eyes* [22] [22] . Dicho proyecto tiene como objetivo permitir el uso del teléfono móvil a usuarios con una discapacidad física elevada. Mediante algoritmos de procesado de imagen se realiza un filtrado del video de la cámara delantera del móvil. Posteriormente se hace una segmentación del ojo del usuario y se asocian determinados movimientos a acciones sobre el control de navegación del móvil.

Centrándonos en las personas con discapacidad visual, tanto severa como completa, existen investigaciones como *Slide Rule: Making Mobile Touch Screens Accessible to Blind People Using Multi-Touch Interaction Techniques* [23] . La aplicación desarrollada en esta investigación tiene como objetivo principal convertir los dispositivos móviles con pantallas táctiles en dispositivos accesibles para personas invidentes. Para ello, propone un manejo del dispositivo basado en gestos definidos sobre la pantalla táctil. Finalmente, realiza una evaluación comparativa entre el manejo de un dispositivo que incorpora un teclado físico y el manejo de un dispositivo con pantalla táctil que cuenta con un control de navegación basado en gestos. Se obtiene como resultados que siete de los diez invidentes que realizaron la evaluación preferían el dispositivo con pantalla táctil y control de navegación basado en gestos por su sencillez y rapidez a la hora de navegar. Otras investigaciones como *A Touch Sensitive User Interface Approach on Smartphones for Visually Impaired and Blind Persons* [24] [24] también tienen como objetivo principal convertir los teléfonos móviles con pantallas táctiles en dispositivos accesibles para usuarios invidentes. En concreto, esta investigación propone dividir la pantalla del móvil en regiones definidas donde se encuentren dispuestas las distintas opciones. El usuario recibirá respuesta auditiva siempre que toque alguna región de la pantalla y abrirá la opción de esa región si pulsa dos veces sobre ella. Además, en esta investigación también se propone que el usuario pueda introducir datos (como por ejemplo números de teléfono) a través de gestos sobre la pantalla del dispositivo. También existen estudios y

alternativas como *VBraille: Haptic Braille Perception using a Touch-screen and Vibration on Mobile Phones* [25] dirigidos a colectivos con discapacidad visual y auditiva. *VBraille* realiza una correspondencia entre los símbolos Braille y la vibración. El objetivo principal de este proyecto es que el usuario obtenga mediante la vibración que le proporciona el dispositivo móvil la misma sensación que obtiene al sentir el relieve del Braille. De esta forma, el sujeto puede experimentar nuevas formas de comunicación y de interacción con el mundo.

En relación a la obtención de servicios sobre localización, orientación y guiado tanto en entornos interiores como en exteriores, también existen investigaciones que podrían ser orientadas a alternativas de guiado y orientación accesibles. Por un lado, se realizan investigaciones como *Indoor Positioning using Sensor-fusion in Android Devices* [26] cuyo objetivo principal es obtener posicionamiento en entornos interiores con la implementación de un sistema de navegación inercial. En esta investigación se realizan pruebas midiendo la aceleración que sufre el dispositivo móvil por medio del acelerómetro que lleva incorporado. Partiendo de la obtención de la localización del usuario a través del descubrimiento de puntos de acceso Bluetooth o WiFi, es posible aproximar el movimiento que realiza midiendo la aceleración del dispositivo en cada momento. Asimismo, hay otros estudios como *Using smartphones for indoor navigation* [27] que utilizan la tecnología RFID⁸, para ofrecer localización en espacios interiores. Como técnica, utilizan arcos lectores y etiquetas RFID, de forma que cuando el usuario pasa por distintos sectores es detectado por arcos lectores y su posición queda registrada. Por otro lado, en entornos exteriores, la mayoría de los estudios utilizan la tecnología GPS y la brújula magnética del dispositivo móvil para ofrecer al usuario servicios de posicionamiento y orientación. Por ejemplo, en *A Smartphone- Based Context Provider for Location-Based Services* [28], se propone una fusión de los datos obtenidos por el GPS, el acelerómetro y la brújula magnética del dispositivo móvil para ofrecer un guiado a un determinado destino. Durante dicho guiado, se podrán obtener datos como la distancia restante, la orientación al destino o el estado del usuario (si está parado, andando o corriendo). El punto negativo de estas soluciones es que su uso no está adaptado a usuarios con discapacidad visual.

1.3 Objetivos del proyecto

Tras la revisión del estado del arte, no se han encontrado soluciones tecnológicas globales para usuarios con discapacidad visual que permitan usar la funcionalidad básica del teléfono móvil y a la vez acceder a una aplicación que pueda guiarles en su entorno de trabajo o

⁸ Radio Frequency IDentification: sistema de almacenamiento y recuperación de datos inalámbrico que usa dispositivos denominados etiquetas RFID.

estudio diario. Por tanto, el objetivo principal de este proyecto está centrado en ofrecer una solución general que permita tanto el uso accesible del teléfono móvil para personas invidentes, como el guiado de usuarios desde un punto de origen a un punto destino utilizando sus *smartphones* en espacios exteriores. Una solución que permita tenerla instalada en el teléfono móvil por defecto, con alta capacidad de fiabilidad, robustez y sencillez de uso. Para la realización de este proyecto, se han planteado los siguientes sub-objetivos:

- Diseño e implementación de un escritorio accesible para Android orientado a personas con discapacidad visual. Dicho escritorio deberá ofrecer al usuario una realimentación adecuada tanto auditiva como vibratoria. Además, el control de navegación de la interfaz deberá estar adaptado, de forma que el usuario tenga primero que seleccionar la opción que desee y después, si desea abrirla, tenga que pulsar dos veces seguidas en cualquier lugar de la pantalla.
- Diseño e implementación de una aplicación Android accesible y orientada a personas con discapacidad visual, que permita obtener información de forma auditiva y guiar a un usuario desde un punto de origen a un determinado lugar. Dicha aplicación debe ser lo más modular posible, de forma que pueda adaptarse fácilmente a cualquier entorno. Para este punto, se contará desde el inicio con el Programa de Apoyo a Personas con Discapacidad de la URJC en la definición de requisitos y en su validación.
- Realización de una evaluación empírica donde participarán usuarios finales con discapacidad visual total y parcial que permita obtener resultados sobre los aspectos de usabilidad de ambas aplicaciones.

2. Diseño e implementación

Una vez descritos los objetivos para realizar las aplicaciones propuestas en el presente proyecto, se procede a explicar las decisiones de diseño que se han tomado y la posterior implementación de las aplicaciones desarrolladas. Este capítulo está dividido en dos partes que hacen referencia al diseño e implementación de cada aplicación. Cabe destacar que ambas aplicaciones han seguido un diseño iterativo centrado en el usuario y que los usuarios invidentes han participado de forma activa en la asesoría del diseño de ambas aplicaciones.

2.1 Blind-Launcher

El primer paso para el diseño del escritorio adaptado Blind-Launcher, fue obtener los requisitos funcionales que tendría la aplicación, que definían el comportamiento general de la misma y determinaban las restricciones sobre su operación e implementación. A continuación, se enumera la captura de los requisitos adquiridos divididos entre requisitos de activación del escritorio, requisitos de navegación y requisitos funcionales:

- Requisitos de activación de escritorio:
 - **RQF_01:** el usuario debe poder ejecutar la aplicación como una aplicación de escritorio.
 - **RQF_02:** el usuario debe poder conservar la activación del escritorio siempre que reinicie el teléfono móvil.
 - **RQF_03:** el usuario debe tener un gesto definido para desactivar el escritorio y devolver al dispositivo móvil a su estado por defecto.

- Requisitos de navegación:
 - **RQF_04:** el usuario debe poder navegar por las opciones del teléfono de forma intuitiva mediante gestos sin necesidad de entrar en ellas.
 - **RQF_05:** el usuario debe obtener una realimentación auditiva de las opciones por las que navega.
 - **RQF_06:** el usuario debe obtener una realimentación vibratoria de las opciones por las que navega.
 - **RQF_07:** el usuario debe poder entrar en una opción una vez seleccionada pulsando dos veces en cualquier punto de la pantalla.
 - **RQF_08:** el usuario debe poder navegar hacia pantallas anteriores de forma intuitiva mediante gestos definidos.

- Requisitos de funcionalidad:
 - **RQF_09:** el usuario debe poder realizar llamadas a cualquier contacto que tenga almacenado en su dispositivo móvil.

- **RQF_10:** el usuario debe poder obtener de forma auditiva los mensajes de texto que se encuentren tanto en la bandeja de entrada como en la bandeja de salida del teléfono móvil.
- **RQF_11:** el usuario debe ser capaz de obtener de forma auditiva todas las aplicaciones que están instaladas en el teléfono móvil.
- **RQF_12:** el usuario debe poder ejecutar cualquier aplicación que esté instalada en el teléfono móvil.
- **RQF_13:** el usuario debe poder obtener de forma auditiva todos los contactos registrados en el teléfono móvil.
- **RQF_14:** el usuario debe poder activar y desactivar las interfaces de comunicación Bluetooth, GPS y WiFi.

A continuación, se muestra el diagrama de casos de uso UML donde se puede apreciar de forma gráfica toda la funcionalidad que debe contener la aplicación recogida desde los requisitos funcionales.

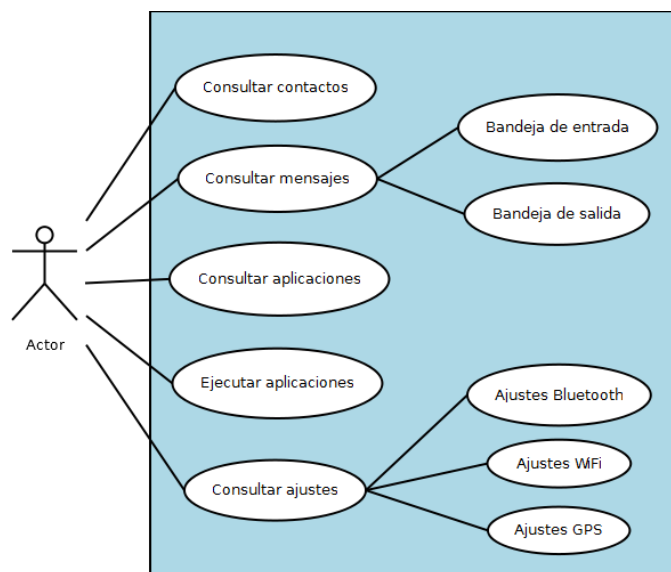


Figura 1: Diagrama de casos de uso de la aplicación Blind-Launcher

Una vez acordados los requisitos de la aplicación, se ha planificado el diseño en relación a la funcionalidad que se necesita. Para realizar una buena abstracción de la funcionalidad propuesta, se ha decidido diseñar una entidad que sustituya a la entidad definida por el propio sistema operativo Android para manejar la funcionalidad de las pantallas por defecto. Las pantallas del escritorio instaladas por defecto en el sistema operativo Android no son accesibles para personas con discapacidad visual, la implementación de esta entidad permite crear pantallas que sí lo sean y ajustar su control para este tipo de usuarios.

En concreto, esta nueva entidad se encargará de crear ventanas de navegación accesibles que ofrezcan un manejo adecuado en forma de lista que contendrá todas las opciones que aparezcan en la pantalla. El usuario podrá realizar desplazamientos verticales para navegar por las opciones de la lista y obtendrá una respuesta auditiva y vibratoria. Una vez se encuentre en la opción que desea escoger, tendrá que pulsar dos veces en cualquier sitio de la pantalla para seleccionar esta opción. Si el usuario quiere regresar a las pantallas anteriores, el usuario tendrá que hacer el gesto de un desplazamiento horizontal. Partiendo de la realización de un diseño modular, esta técnica se podrá ofrecer en forma de librería de manera que pueda ser utilizada como control de navegación accesible para usuarios invidentes en cualquier otra aplicación que se quiera desarrollar. Por tanto, todas las pantallas del escritorio Blind-Launcher se construyen utilizando esta entidad. A continuación, se expone un diagrama de clases de negocio UML donde se puede apreciar el diseño de la aplicación (véase la figura 2).

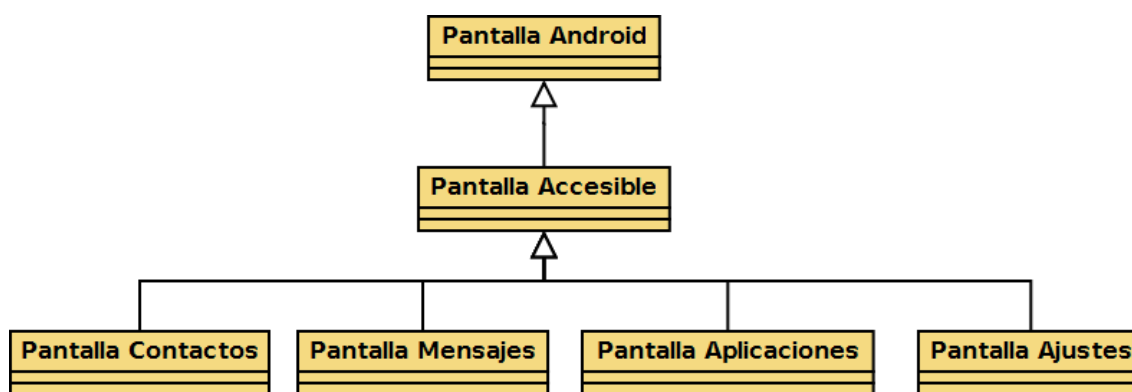


Figura 2: Diagrama de clases de negocio de la aplicación Blind-Launcher

En la figura 3, se muestra el diagrama de clases final donde se pueden apreciar las decisiones de diseño tomadas y su implementación definitiva. Como se puede observar en el diagrama de clases, se ha implementado una clase **BlindActivity** que se corresponde con la entidad "Pantalla Accesible" descrita anteriormente en el diagrama de clases de negocio y que convierte las pantallas por defecto del sistema (clase **Activity**) en pantallas accesibles para usuarios invidentes. La clase **BlindActivity** hereda de la clase **Activity** e incluye métodos y atributos para el manejo de gestos tanto horizontales como verticales, el manejo de pulsaciones en la pantalla, la conversión de texto a audio y la carga de las distintas opciones que contendrá la pantalla. Todas las pantallas que se utilicen en el escritorio Blind-Launcher heredarán de la clase padre **BlindActivity** y serán, por tanto, pantallas accesibles para usuarios invidentes.

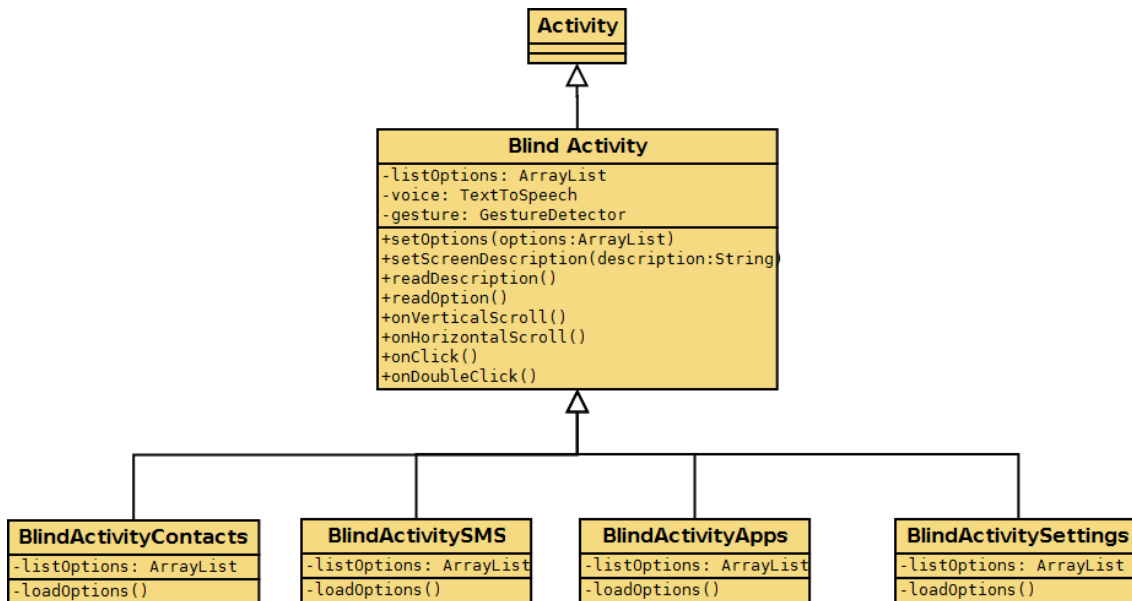


Figura 3: Diagrama de clases de la aplicación Blind-Launcher

A continuación se presenta la interfaz de usuario de este escritorio para Android así como el funcionamiento de todas sus opciones que convierten el teléfono móvil de los usuarios en accesible. Como punto de partida se muestra en la Figura 4 un ejemplo de terminal móvil Android con sus elementos fijos resaltados para referirse a ellos a lo largo de este apartado. A través de la pantalla táctil, los usuarios exploran y abren distintas aplicaciones instaladas en el teléfono móvil. En la parte inferior del dispositivo, se tienen tres botones: el que permite mostrar el menú, el botón para retroceder y en la parte central el botón de salida.

Como se ha comentado, Blind-Launcher es una aplicación que se ejecuta como un escritorio. La manera de activar este escritorio es pulsando el botón central (**Botón Salida**) y seleccionar el escritorio **BlindLauncher** en el caso de que el teléfono móvil cuente con más de un escritorio instalado. Si el teléfono móvil no cuenta con un escritorio previamente instalado, **BlindLauncher** se ejecutará como escritorio por defecto. Al activar **BlindLauncher**, también podrá indicarse que se ejecute siempre como escritorio por defecto tal y como se muestra en la Figura 5, señalando la opción "Usar siempre para esta acción". Esta opción no es accesible para personas con discapacidad visual, debería ser activada por una tercera persona.



Figura 4: Interfaz de un teléfono móvil Android



Figura 5: Activación del escritorio Blind-Launcher

En cuanto al uso del escritorio Blind-Launcher, éste dispone de distintas opciones en pantalla dadas en forma de lista. Para ir descubriendo opciones, el usuario debe hacer desplazamiento vertical. Automáticamente, podrá sentir como el dispositivo móvil vibra levemente cada vez que descubre una opción en la lista. Además, podrá escuchar por voz los distintos nombres de las opciones que va descubriendo. Para acceder a la opción que desee, deberá pulsar dos veces en cualquier sitio de la pantalla, una vez se encuentre en la opción requerida. El dispositivo móvil vibrará con más intensidad al abrir una opción. Para volver a una

pantalla anterior, el usuario debe hacer desplazamiento horizontal hacia su lado izquierdo, el dispositivo móvil también ofrecerá realimentación vibratoria en este caso.

Una de las funcionalidades principales que ofrece Blind-Launcher es la de poder consultar la fecha y la hora que ofrece el dispositivo móvil. Para consultar la fecha y la hora, el usuario deberá seleccionar mediante desplazamiento vertical la opción **Fecha y hora** de la pantalla principal y pulsar dos veces sobre la pantalla táctil del dispositivo. Automáticamente, el escritorio pasará a una nueva pantalla donde el usuario podrá obtener de forma auditiva la fecha y la hora actuales (véase la Figura 6). Para regresar a la pantalla anterior, sólo tendrá que realizar el movimiento de desplazamiento horizontal hacia su lado izquierdo.



Figura 6: Blind-Launcher – Opción fecha y hora

También, el usuario podrá activar y desactivar las interfaces de comunicación como Bluetooth, WiFi y GPS. Para consultar las opciones de Ajustes, el usuario deberá seleccionar mediante desplazamiento vertical la opción **Ajustes** de la pantalla principal y pulsar dos veces sobre la pantalla táctil del dispositivo. Automáticamente, el escritorio pasará a una nueva pantalla donde el usuario obtendrá de forma auditiva la lista de interfaces de comunicaciones. Para activar o desactivar cualquiera de ellas, deberá pulsar dos veces en la pantalla del dispositivo una vez seleccione la opción que desee. Para regresar a la pantalla anterior, sólo tendrá que realizar el movimiento de desplazamiento horizontal hacia su lado izquierdo.

A través de la opción de **Aplicaciones**, el usuario podrá ver todas las aplicaciones instaladas en su dispositivo móvil. Para consultar esta opción, el usuario deberá seleccionar mediante desplazamiento vertical la opción **Aplicaciones** de la pantalla principal y pulsar dos veces sobre la pantalla táctil del dispositivo. Automáticamente, el escritorio pasará a una nueva pantalla donde el usuario podrá obtener de forma auditiva la lista de las aplicaciones instaladas en su dispositivo. Para ejecutar cualquiera de ellas, deberá seleccionar la aplicación deseada y pulsar dos veces sobre ella (véase la Figura 7).



Figura 7: Blind-Launcher – Apertura de una aplicación

Si el usuario quiere consultar todos los mensajes de texto que tenga almacenados en su dispositivo móvil, tanto mensajes enviados como mensajes recibidos, el usuario deberá seleccionar mediante desplazamiento vertical la opción **Mensajes de texto** de la pantalla principal y pulsar dos veces sobre la pantalla táctil del dispositivo. Automáticamente, el escritorio pasará a una nueva pantalla donde el usuario podrá obtener de forma auditiva la lista de todas las bandejas de mensajes que dispone su dispositivo móvil. Para consultar cualquiera de ellas, deberá pulsar dos veces sobre la pantalla del dispositivo una vez la haya seleccionado la bandeja deseada. Posteriormente el usuario podrá obtener de forma auditiva la lista de todos los mensajes pertenecientes a la bandeja seleccionada. El proceso de consulta de un mensaje de la bandeja de entrada se ilustra en la Figura 8.



Figura 8: Blind-Launcher – Consulta de un mensaje de la bandeja de entrada

Por último, mediante la opción de **Contactos**, el usuario podrá consultar los contactos que tenga almacenados en la agenda de su dispositivo móvil y, si lo desea, llamarlos. Para realizar esta acción, el usuario deberá seleccionar mediante desplazamiento vertical la opción **Contactos** de la pantalla principal y pulsar dos veces sobre la pantalla táctil del dispositivo.

Automáticamente, el escritorio pasará a una nueva pantalla donde el usuario podrá obtener de forma auditiva la lista de todos los contactos almacenados en el dispositivo móvil. Para llamar a cualquiera de ellos, deberá pulsar dos veces sobre la pantalla del dispositivo una vez la haya seleccionado el contacto deseado (véase la Figura 9). Una vez finalizada la llamada, el escritorio volverá automáticamente a la pantalla principal.



Figura 9: Blind-Launcher –Realización de una llamada telefónica a un contacto

2.3 Muévete

Para diseñar e implementar la aplicación de guiado Muévete, se han seguido los mismos pasos que en el diseño del escritorio Blind-Launcher. Primero se han obtenido los requisitos de tanto de navegación como funcionales de la aplicación. Éstos se detallan a continuación:

- Requisitos de navegación:
 - **RQF_01:** el usuario debe poder navegar por las opciones del teléfono de forma intuitiva mediante gestos sin necesidad de entrar en ellas.
 - **RQF_02:** el usuario debe obtener una realimentación auditiva de las opciones por las que navega.
 - **RQF_03:** el usuario debe obtener una realimentación vibratoria de las opciones por las que navega.
 - **RQF_04:** el usuario debe poder entrar en una opción una vez seleccionada pulsando dos veces sobre ella.
 - **RQF_05:** el usuario debe poder navegar hacia pantallas anteriores de forma intuitiva mediante gestos previamente definidos.

- Requisitos de funcionalidad:
 - **RQF_06:** el usuario debe poder obtener de forma auditiva toda la información de los puntos de interés del entorno en el que se encuentre.
 - **RQF_07:** el usuario debe poder obtener de forma auditiva los comentarios que han hecho otros usuarios de la aplicación sobre un punto de interés.
 - **RQF_08:** el usuario debe poder dejar comentarios sobre un punto de interés mediante voz.
 - **RQF_09:** el usuario debe poder consultar la información de los códigos QR que están desplegados en los puntos de interés del entorno en el que se encuentre. Estos códigos están instalados en soportes acondicionados y colocados de forma estratégica a la derecha de la salida de todos los ascensores de las plantas de un determinado punto de interés. El usuario puede colocar su dispositivo móvil en el soporte y obtener información de localización de la planta en la que esté. Mediante estos soportes, los usuarios no enfocarán con la cámara del dispositivo móvil al código QR ya que esta solución sería inaccesible. En su lugar, se habilita una zona, fácilmente detectable por el usuario invidente, donde colocar el dispositivo y que automáticamente oriente la cámara hacia el código QR.
 - **RQF_10:** el usuario debe poder obtener información de localización sobre los puntos de interés del entorno en el que se encuentre por medio del descubrimiento de balizas Bluetooth previamente desplegadas.
 - **RQF_11:** el usuario debe poder guiarse y orientarse desde un punto de interés origen a un punto de interés destino del entorno en el que se encuentre mediante el GPS y la brújula magnética del dispositivo móvil.

El diagrama de casos de uso UML donde se puede apreciar de forma gráfica toda la funcionalidad que debe contener la aplicación recogida desde los requisitos funcionales se presenta en la Figura 10.

Una vez acordados los requisitos de la aplicación de guiado Muévete, se ha planificado el diseño en relación a la funcionalidad que se necesita. Para realizar una buena abstracción de la funcionalidad propuesta, se ha decidido diseñar una entidad que sustituya a la entidad definida por el propio sistema operativo Android para manejar la funcionalidad de las pantallas por defecto, al igual que se ha hecho con la aplicación de escritorio accesible. Las pantallas de una aplicación móvil Android programada por defecto, no son accesibles para personas con discapacidad visual. La implementación de esta nueva entidad permite crear pantallas que sí lo sean y ajustar su control de navegación para este tipo de usuarios. Con el fin de validar distintos

controles de navegación accesibles, en esta aplicación se ha decidido diseñar un control basado en divisiones de pantalla. La pantalla aceptará, como máximo, cuatro opciones que serán dimensionadas de forma proporcional y orientadas hacia las esquinas físicas del dispositivo, con la intención de facilitar su localización. El usuario podrá tocar las opciones y obtener una respuesta auditiva y vibratoria sin necesidad de entrar en ellas. Sólo podrá entrar pulsando dos veces sobre la opción que desee ejecutar. Para regresar a las pantallas anteriores, el usuario tendrá que agitar el móvil una sola vez. Partiendo de la realización de un diseño modular, esta técnica se podrá ofrecer en forma de librería, de manera que pueda ser utilizada como control de navegación accesible para usuarios invidentes en cualquier otra aplicación que se quiera desarrollar. Por tanto, todas las pantallas de la aplicación de guiado Muévete se construyen utilizando la entidad accesible descrita anteriormente. La Figura 11 contiene el diagrama de clases UML donde se puede apreciar el diseño final de la aplicación.

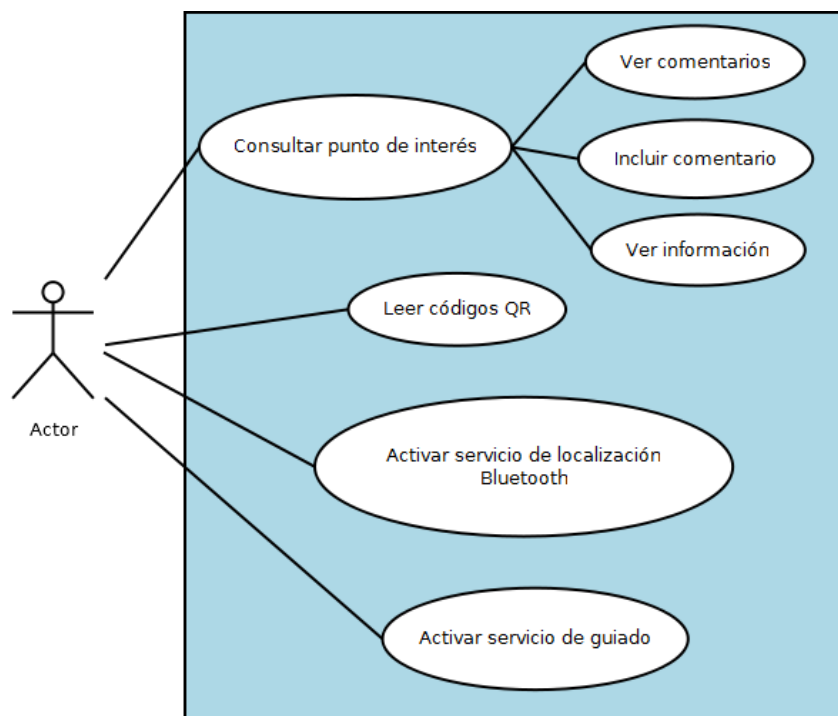


Figura 10: Diagrama de casos de uso de la aplicación Muévete

En esta figura se puede observar que se ha implementado una clase **BlindActivity** que se corresponde con la entidad de pantalla accesible descrita anteriormente y que convierte las pantallas por defecto del sistema (clase **Activity**) en pantallas accesibles. La clase **BlindActivity** hereda de la clase **Activity** e incluye métodos y atributos para el manejo de pulsaciones de pantallas, movimientos del teléfono, la conversión de texto audio y la carga de las distintas opciones que contendrá la pantalla. Todas las pantallas que se utilicen en la aplicación Muévete heredarán de la clase padre **BlindActivity** y serán, por tanto, pantallas accesibles para usuarios invidentes.

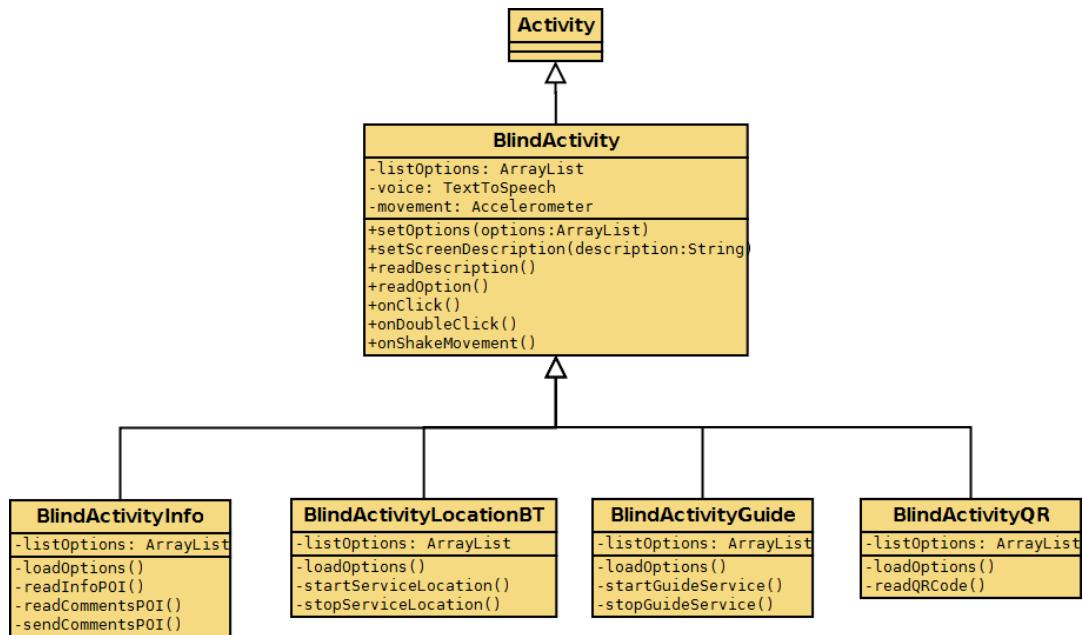


Figura 11: Diagrama de clases de la aplicación Muévete

El método *startGuideService()* de la clase **BlindActivityGuide** es el encargado de activar el servicio de guiado en espacios exteriores. Este servicio necesita saber dónde se encuentra el usuario y dónde quiere ir. El origen es calculado por medio de la posición GPS del usuario y el destino es previamente elegido por el propio usuario. A continuación, el servicio inicia una ruta punto a punto desde el origen hasta el destino marcado. El usuario será orientado auditivamente gracias a la brújula magnética del dispositivo móvil desde su posición hasta el siguiente punto de la ruta. Una vez el usuario haya pasado por todos los puntos del camino, habrá acabado la ruta y alcanzado su destino finalizando así el servicio de guiado.

El servicio de localización por Bluetooth es activado por medio del método *startServiceLocation()* de la clase **BlindActivityLocationBT**. Dicho servicio se encarga de realizar lecturas constantes de dispositivos Bluetooth. Si la lectura devuelve el descubrimiento de un dispositivo registrado en el sistema, el usuario será informado auditivamente de la localización en la que se encuentra. Este servicio ha sido diseñado para que funcione de manera no intrusiva, de forma que el usuario no sea avisado más de una vez de que se encuentra en una localización determinada si su posición no ha variado.

El funcionamiento de la aplicación Muévete se puede ver detalladamente a continuación. La interfaz de usuario principal de esta aplicación está dividida en forma de regiones. La pantalla se dividirá en sectores orientados hacia las esquinas del dispositivo móvil y cada pantalla contendrá un máximo de cuatro opciones. Al iniciar cada pantalla, la aplicación dictará de forma auditiva las opciones que contiene en orden, empezando por la esquina superior izquierda y terminando por la esquina inferior derecha, de forma que el usuario pueda

hacerse un mapa mental de la disposición de la pantalla. Para ir descubriendo las distintas opciones, el usuario puede tocar la pantalla sin necesidad de entrar en ninguna de ellas. Cada vez que toque una opción, la aplicación dictará de forma auditiva su texto y el usuario obtendrá una realimentación vibratoria. Para abrir una opción, el usuario deberá pulsarla dos veces seguidas. Si el usuario desea volver a la pantalla anterior, deberá agitar una vez el dispositivo móvil. Para poder obtener de forma auditiva todas las opciones que se encuentran en la pantalla, el usuario deberá pulsar el **Botón Menú**.

Al iniciar la aplicación Muévete, el usuario podrá elegir el campus de la Universidad Rey Juan Carlos en el que se encuentra pulsando dos veces seguidas sobre él. Una vez seleccionado el campus, el usuario podrá entrar en la aplicación registrándose como usuario del portal web Muévete o como usuario Invitado pulsando dos veces seguidas sobre la opción que desee (véase la Figura 12).

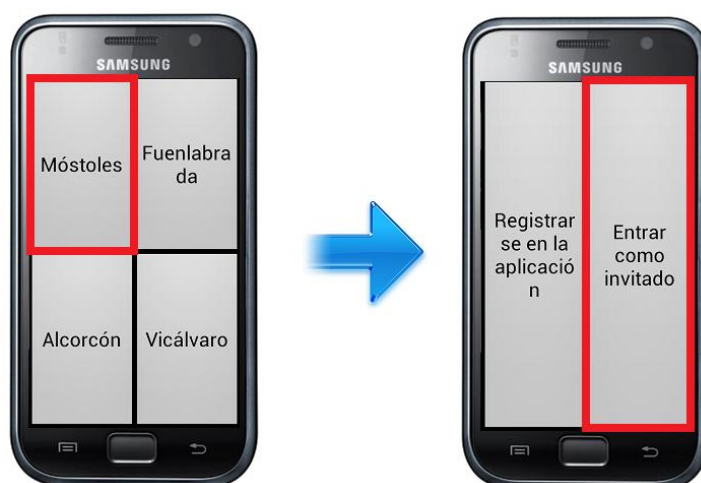


Figura 12: Muévete - Selección de campus y registro del usuario

Para que el usuario se registre en el sistema, la aplicación le pedirá que introduzca un usuario y una contraseña mediante la voz. Una vez se haya registrado, sus credenciales quedarán almacenadas en su dispositivo móvil de forma que pueda iniciar la aplicación automáticamente con su usuario.

El usuario tiene la opción de consultar información asociada al entorno en el que se encuentre. Para consultar información, el usuario deberá pulsar dos veces sobre la opción **Información** del menú principal de la aplicación. Una vez pulsada la opción, obtendrá una pantalla con tres opciones: **Edificios del Campus**, **Últimas noticias** y **¿Dónde está mi asistente?** Estas tres opciones se encuentran reflejadas en la segunda pantalla del teléfono móvil de la Figura 13.

La opción **Edificios del Campus** muestra información asociada a los puntos de interés del entorno en el que se encuentra el usuario. Si el usuario pulsa dos veces en esta opción, obtendrá un listado de los tipos de puntos de interés del entorno. Dicho listado se maneja realizando un desplazamiento vertical sobre las distintas opciones. Una vez el usuario se posicione en la opción deseada de la lista, deberá pulsar dos veces en la pantalla para entrar en ella. Mientras el usuario navega por las opciones del listado obtendrá tanto realimentación auditiva como vibratoria. Después de elegir la opción del tipo de punto de interés, el usuario obtendrá otro listado de los edificios que se corresponden con el tipo de punto de interés elegido. El usuario manejará este listado de forma análoga al listado de tipos de puntos de interés. Una vez se haya elegido el punto de interés que se desea consultar, el usuario obtendrá una pantalla donde podrá elegir contenido informativo del punto de interés o leer comentarios que hayan hecho otros usuarios de la aplicación sobre dicho punto (última pantalla de la interfaz del teléfono móvil de la Figura 13).



Figura 13: Muévete - Consulta de información de un punto de interés

La opción de **Últimas noticias** permite al usuario consultar el RSS de noticias de la Universidad Rey Juan Carlos. El usuario pulsará dos veces sobre la noticia que desee y podrá escuchar su contenido de forma detallada. En la Figura 14 se muestra en la parte derecha un ejemplo de las tres últimas noticias de la universidad.

La última opción dentro del apartado de información del entorno consiste en permitir la consulta de donde está su asistente en el caso de ser un usuario con un asistente asignado y estar registrado en el portal web Muévete y en la aplicación móvil Muévete. Si el usuario hubiera accedido como usuario Invitado será dirigido al edificio Ampliación de Rectorado donde se encuentra el Programa de Apoyo a la Integración a Personas con Discapacidad. Para que el usuario pueda consultar dónde está su asistente, deberá pulsar dos veces sobre la opción **¿Dónde está mi asistente?** (última opción de la parte derecha de la Figura 15).



Figura 14: Muévete - Consulta de las últimas noticias



Figura 15: Muévete - Localización del asistente asignado

Aparte de poder obtener información del entorno, el usuario tiene otras dos opciones que le permiten conocer su posición actual y la activación del programa de guiado hacia un punto de interés. Por un lado, el usuario puede consultar su localización en espacios interiores seleccionando la opción **¿Dónde estoy?**. Una vez seleccionada la opción, pulsándola dos veces seguidas, obtendrá una pantalla con dos opciones: **Localización Interior** y **Códigos QR**. Si selecciona la opción **Localización Interior** pulsándola dos veces seguidas, el usuario activará un servicio que se encargará de realizar búsquedas de dispositivos Bluetooth determinados, posicionados estratégicamente en las distintas plantas del punto de interés, con el fin de determinar su posición. Si el usuario selecciona la opción **Códigos QR** pulsándola dos veces seguidas, podrá activar un lector de códigos QR que le permitirá obtener información auditiva

de la planta en la que se encuentre (véase la Figura 16). Los códigos QR se encuentran situados en posiciones estratégicas e instalados en dispositivos acondicionados lo que ayuda a que los usuarios con discapacidad visual lo localicen. La opción **Alertas GPS** no se explica en esta memoria ya que no es el objetivo del presente trabajo.



Figura 16: Muévete - Activación del lector de códigos QR

Por otro lado, el usuario tiene la opción de activar un servicio de orientación y guiado a un punto de interés destino seleccionando la opción **¿Dónde quieres ir?** Una vez seleccionada la opción, pulsándola dos veces seguidas, obtendrá un listado de los tipos de puntos de interés del entorno. Dicho listado se maneja realizando un desplazamiento vertical sobre las distintas opciones. Una vez el usuario se posicione en la opción deseada de la lista, deberá pulsar dos veces en la pantalla para entrar en ella. Mientras el usuario navega por las opciones del listado obtendrá tanto realimentación auditiva como vibratoria. Después de elegir la opción del tipo de punto de interés, el usuario obtendrá otro listado de los edificios que se corresponden con el tipo de punto elegido. El usuario manejará este listado de forma análoga al listado de tipos de puntos de interés. Una vez se haya elegido el punto de interés, el usuario habrá marcado el destino al que desea ir. A partir de ahí, el usuario obtendrá, automáticamente y de forma auditiva, las indicaciones pertinentes sobre la dirección que debe tomar para llegar al destino que ha marcado. Una vez llegue al destino, el servicio finalizará automáticamente y notificará de ello al usuario. El usuario puede finalizar el guiado en cualquier momento pulsando el **Botón Atrás**. El usuario puede obtener de forma manual las indicaciones sobre la dirección que debe tomar para llegar al destino pulsando el **Botón Menú**. La Figura 17 muestra un ejemplo del proceso de guiado para el *smartphone* del usuario.

Para finalizar, la opción **Ayuda**, permite al usuario obtener directrices básicas sobre cómo usar la aplicación y la utilidad de las distintas opciones del menú principal.



Figura 17: Muévete - Servicio de orientación y guiado en exteriores

3. Evaluación

Con el objetivo de comprobar la usabilidad de las dos aplicaciones desarrolladas en este trabajo, se llevó a cabo una evaluación empírica con usuarios finales con discapacidad visual de ambas aplicaciones. Para poder explicar con claridad los resultados obtenidos en esta evaluación, se ha decidido dividir el capítulo en dos partes. En la primera parte, llamada caso de estudio, se detallan las características de la evaluación empírica realizada incluyendo los perfiles de los participantes, el contexto bajo el cual se realizó el caso de estudio, la metodología seguida y los instrumentos de medida utilizados para realizar esta evaluación. En la segunda parte, llamada resultados, se realiza un análisis sobre los datos obtenidos en el estudio.

3.1 Caso de estudio

Los usuarios finales que participan en la evaluación son personas invidentes con un nivel de discapacidad parcial y total. Estos usuarios son miembros activos de la institución ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) y colaboran de manera voluntaria y sin ningún tipo de incentivo. Los usuarios, un total de seis, están divididos en dos grupos de tres individuos caracterizados por su nivel de ceguera: grupo de invidencia total (GIT) y grupo de invidencia parcial (GIP).

El escenario donde se lleva a cabo la evaluación es el Campus de Móstoles de la Universidad Rey Juan Carlos. En concreto, la evaluación se completa tanto en espacios exteriores para la prueba de las aplicaciones Blind-Launcher y Muévete, como en espacios interiores para la realización de cuestionarios. En las pruebas de espacios interiores, se dispone de un aula habilitada para la realización de cuestionarios de validación.

Para la realización de esta evaluación se utilizan dispositivos móviles Android. En concreto, se facilitan dos dispositivos con características de procesamiento, de memoria y conectividad similares: CPU: 1GHz, RAM: 0,5 GB, Batería 1400 mAH, Antena de GPS interna y conectividad 3G. Estos dispositivos comparten además la misma versión del sistema operativo Android 2.3.3 y tienen activadas las opciones de ubicación por satélites GPS y por redes inalámbricas móviles o WiFi.

Las pruebas que se realizaron estaban comprendidas en seis fases a completar por los grupos definidos anteriormente. Los dos grupos de usuarios (GIT y GIP) realizaron cada una de las fases en paralelo, partiendo del mismo lugar y bajo la supervisión de dos evaluadores por grupo. Estas fases se encuentran explicadas a continuación y la evolución temporal se puede consultar en la Figura 18:

- En la primera fase (Fase 1), se proponen tomas de contacto del usuario con los dispositivos móviles mediante el escritorio accesible Blind-Launcher. Esta fase se lleva a cabo en interiores y dura 20 minutos. Se hacen pruebas para que los usuarios accedan a las funcionalidades básicas del teléfono como son la realización de llamadas, la lectura de mensajes y ver las aplicaciones que tiene instaladas el dispositivo móvil.
- Durante la fase 2, se realiza una toma de contacto básica del usuario con la aplicación de guiado Muévete. Mediante el escritorio adaptado Blind-Launcher, se pide al usuario que ejecute la aplicación de guiado Muévete. Posteriormente, se pide al usuario que acceda a las distintas opciones de la aplicación y que se familiarice con su uso. Por último, se indica al usuario que active la opción de localización en espacios interiores notificado de forma auditiva con su posición. Esta fase se lleva a cabo en interiores y dura 20 minutos.
- En la tercera fase (Fase 3), se realiza una ruta en exteriores con un dispositivo móvil para cada grupo. Esta fase dura 20 minutos. La ruta definida para esta fase (Ruta 1) empieza en el Departamental II, pasa por la Biblioteca y termina en la boca de Metro Sur Universidad Rey Juan Carlos.
- A lo largo de la cuarta fase, los usuarios realizan una ruta en exteriores con un dispositivo móvil para cada grupo. Esta fase dura 20 minutos. La ruta definida para esta fase (Ruta 2) empieza en la boca de Metro Universidad Rey Juan Carlos, pasa por la Biblioteca y termina en el Departamental II.
- En la quinta fase, los usuarios contestan a un test de validación sobre el funcionamiento del escritorio adaptado Blind-Launcher. Esta fase dura 10 minutos y se lleva a cabo en interiores.
- Por último, los usuarios contestan a un test sobre el funcionamiento de la aplicación móvil Muévete y su calidad de guiado en la sexta fase. Esta fase dura 10 minutos y se lleva a cabo en interiores.

Figura 18: Gráfica temporal de realización de las fases de pruebas

Las rutas que se realizan en las fases 3 y 4 (Ruta 1 y Ruta 2) tienen como puntos origen y destino el edificio del Departamental II de la Universidad Rey Juan Carlos y la parada de Metro Universidad Rey Juan Carlos respectivamente. A continuación, se disponen ambas rutas en forma de mapa y se comentan las decisiones de diseño que se toman para formar los distintos tramos de las mismas.

Figura 19: Ruta de guiado sobre el mapa del campus de Móstoles de la URJC

Como se puede observar en la Figura 19, la ruta que se utiliza para la validación de la aplicación de guiado Muévete está dividida en tres tramos principales:

- Tramo A: este tramo está comprendido entre los puntos 1 y 2. Dicho tramo se escoge porque mantiene una dirección recta, constante y exenta de obstáculos hacia el destino. Este camino también cuenta con bordillos que separan el césped del asfalto de la acera y que pueden ser utilizados como referencias físicas durante el guiado para una persona invidente que maneje un bastón.
- Tramo B: este tramo está comprendido entre los puntos 2 y 3. Al igual que el tramo A, dicho tramo se escoge porque mantiene una dirección recta y exenta de obstáculos hacia el destino. Como punto negativo, este camino no contiene ninguna referencia física que pueda servir de apoyo al usuario invidente durante el guiado.
- Tramo C: este tramo está comprendido entre los puntos 3 y 4. Este camino se define con la intención de aprovechar al máximo todas las referencias físicas accesibles que se encuentren en él, como los bordillos y los relieves de los pasos de peatones.

Los instrumentos de medida que se utilizaron para poder obtener los resultados están basados en observación directa y en la realización de un test de evaluación para cada una de las aplicaciones al final de las pruebas (fases 5 y 6 del caso de estudio realizado).

3.1.1 Observación Directa

La tarea de observación directa se realiza bajo la supervisión de un evaluador y tiene como objetivo validar la facilidad de uso de la aplicación y cumplimentarla con la información obtenida en el test de evaluación. El evaluador se encarga de anotar los datos relativos a la realización de las pruebas durante las cuatro fases correspondientes a la interacción del usuario con las aplicaciones móviles. Se miden los siguientes aspectos:

- Fase 1:
 - a. Realización de una llamada telefónica con el *smartphone*:
 - i. Porcentaje de acierto en pulsar la opción (O1).
 - ii. Tiempo en realizar una llamada medido en segundos (O2).
 - b. Lectura de un mensaje de texto:
 - i. Porcentaje de acierto en pulsar la opción correspondiente (O3).
 - ii. Tiempo en leer un mensaje de texto medido en segundos (O4).

- c. Ver las aplicaciones instaladas en el dispositivo:
 - i. Porcentaje de acierto en pulsar la opción de visualización de aplicaciones instaladas (O5).
 - ii. Tiempo en ver las aplicaciones instaladas medido en segundos (O6).

- d. Ejecutar la aplicación Muévete:
 - i. Porcentaje de acierto a la hora de intentar ejecutar la aplicación Muévete (O7).
 - ii. Tiempo que tarda el usuario en arrancar la aplicación Muévete medido en segundos (O8).

- Fase 2:
 - a. Ver la información del edificio Departamental II:
 - i. Porcentaje de acierto a la hora de pulsar la opción de información del edificio Departamental II (O9).
 - ii. Tiempo en ver la información del edificio medido en segundos (O10).

 - b. Ver los comentarios que los usuarios han hecho sobre el edificio Departamental II a través de la aplicación Muévete:
 - i. Porcentaje de acierto a la hora de pulsar la opción de ver los comentarios del edificio Departamental II (O11).
 - ii. Tiempo en ver los comentarios del edificio medido en segundos (O12).

 - c. Ver la información de la planta primera del edificio Departamental II a través del lector de códigos QR y el soporte acondicionado:
 - i. Porcentaje de acierto en pulsar la opción que activa el lector (O13).
 - ii. Tiempo en ver la información de la planta a través del código QR medido en segundos (O14).

 - d. Consultar la localización del usuario en el edificio Departamental II a través del servicio de búsqueda de dispositivos Bluetooth:
 - i. Porcentaje de acierto en pulsar la opción que activa el servicio (O15).
 - ii. Tiempo en ser localizado medido en segundos (O16).

 - e. Activar el servicio de guiado de exteriores hasta la parada de Metro Sur de la Universidad Rey Juan Carlos:
 - i. Porcentaje de acierto a la hora de pulsar la opción que activa el servicio (O17).
 - ii. Tiempo en ejecutar el servicio medido en segundos (O18).

- Fases 3 y 4:
 - a. Porcentaje de puntos de la ruta hasta el Metro cumplidos de forma correcta (O19).
 - b. Tiempo en realizar la ruta hasta el Metro medido en minutos (O20).
 - c. Anotación de problemas asociados a los tramos de la ruta.

3.1.2 Cuestionarios de evaluación

Al finalizar las cuatro primeras fases, se realizó un cuestionario de evaluación que fue supervisado por un evaluador cuyo objetivo era validar la usabilidad de las aplicaciones. El evaluador se encarga de dictar las preguntas a los participantes y anotar las respuestas de los usuarios. El test de evaluación se divide en dos partes que hacen referencia a la aplicación de escritorio accesible Blind-Launcher y a la aplicación de guiado Muévete. Dentro de estos test se incluyeron preguntas generales relacionadas con el perfil de usuario como la edad y el uso del teléfono móvil, la sencillez del uso de ambas aplicaciones relacionada con sus impresiones a la hora de realizar las tareas propuestas y preguntas abiertas en las que el usuario podía expresar libremente aspectos destacables o a mejorar de ambas aplicaciones. Las preguntas concretas de ambas evaluaciones se pueden consultar en los anexos C.1 y C.2 al final de esta memoria.

3.2 Resultados

En este apartado se presenta la evaluación de los resultados obtenidos tanto por la técnica de observación directa como por los test realizados a ambos grupos de usuarios con discapacidad visual total y parcial (GIT y GIP).

3.2.1 Resultados obtenidos mediante observación directa

En esta sección se muestran únicamente los resultados cuantitativos obtenidos mediante la técnica de observación directa. Para poder ver los resultados con mayor claridad se presentan dos tablas con los datos obtenidos en los dos grupos de usuarios (GIT y GIP).

Tareas realizadas con la aplicación Blind-Launcher

En las tareas realizadas con la aplicación Blind-Launcher (desde O1 hasta O8 en la Tabla 2), se puede observar que todos usuarios tardan un tiempo elevado en ejecutar las tareas pero tienen un porcentaje de error muy bajo a la hora de elegir las opciones. Cabe destacar que el tiempo de ejecución de las tareas es mayor en función del nivel de ceguera del usuario aunque no se corresponde el nivel de ceguera con el porcentaje de error en las tareas. Como conclusión de estos resultados preliminares, la implementación del control de navegación de la interfaz mediante un listado de opciones incrementa el tiempo en ejecutar una tarea ya que el usuario tiene que recorrer todo el listado de opciones hasta encontrar la deseada pero disminuye, en todos los casos, el porcentaje de error a la hora de completarla.

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
GIT	100%	58s	100%	51s	100%	42s	67%	70s
GIP	100%	45s	100%	40s	100%	28s	100%	49s

Tabla 2: Resultados obtenidos mediante observación directa para Blind-Launcher

Otro aspecto a resaltar es la mejora del tiempo de ejecución a la hora de realizar tareas que tienen un número igual de etapas o saltos (por ejemplo las tareas O2 y O4 con tiempos medios de 51,5 segundos y 45 segundos respectivamente). Con esto se puede inferir que el usuario adquiere una mayor soltura con la aplicación en poco tiempo mediante la experiencia de uso con la misma.

Tareas realizadas con la aplicación Muévete

Para las tareas realizadas con la aplicación Muévete (desde O9 hasta O20 en la Tabla 3), se observa que los usuarios tardan menos tiempo en ejecutar las tareas, pero tienen un porcentaje de error considerable si no cuentan con una experiencia previa. Este porcentaje de error se acentúa más en usuarios con discapacidad visual total. Como conclusión, la implementación del control de navegación de la interfaz mediante la división de la pantalla incrementa el porcentaje de error a la hora de ejecutar una tarea pero disminuye el tiempo en completarla ya que al no tener que navegar por un listado de opciones es más fácil localizar la deseada.

	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
GIT	67%	46s	67%	40s	100%	25s	100%	20s	100%	37s	60%	17m
GIP	67%	35s	100%	33s	100%	15s	100%	20s	100%	29s	95%	12m

Tabla 3: Resultados obtenidos mediante observación directa para Muévete

En cuanto al servicio de guiado que ofrece la aplicación, se percibe que su uso es más crítico en distintas zonas de la ruta definidas anteriormente en la Figura 19. Una vez realizada la ruta por los dos grupos de usuarios, se puede observar, mediante las anotaciones tomadas en la cuarta fase, que el Tramo A de la ruta es el menos crítico tanto para el grupo GIT como para el grupo GIP. Dicho tramo cuenta con referencias físicas como bordillos que separan el césped de la acera y que están situados a lo largo del tramo. Estos bordillos son aprovechados por el grupo GIT, cuyos componentes llevan bastón, como guías físicas que les permiten caminar sin desviarse.

Una vez completado el Tramo A, se observa que el Tramo B no cuenta con dichas referencias físicas y que algunos usuarios pertenecientes al grupo GIT no son capaces de caminar sin desviarse del tramo.

Después de completar el Tramo B, se observa que el Tramo C cuenta con bastantes referencias físicas como bordillos o relieves en la acera que sirven para avisar a la persona invidente de la cercanía a un paso de peatones. Sin embargo, este tramo es el que más cambios de sentido tiene hacia el destino, el que más obstáculos presenta y el que contiene más ruido ambiente que puede despistar al usuario. Se observa que ambos grupos de usuarios tardan más tiempo en completar dicho tramo, a pesar de ser el más corto, debido a la complejidad de este y al ruido ambiente que presenta procedente del tráfico de la avenida con circulación de vehículos.

3.2.2 Resultados obtenidos a través de cuestionarios

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a través de los cuestionarios de evaluación. Para poder ver los resultados con mayor claridad, se presentan dos tablas con los datos cuantitativos obtenidos de los dos grupos de usuarios (GIT y GIP). La primera tabla hace referencia al test realizado para la fase 5, que corresponde con la evaluación de la aplicación de escritorio accesible Blind-Launcher (véase la Tabla 4). La Tabla 5 corresponde al cuestionario realizado en la sexta fase donde se evalúa la aplicación de guiado Muévete.

Preguntas	Respuestas (%)	
	GIT	GIP
1. ¿Usas frecuentemente el teléfono móvil?	Si: 33% No: 33% A veces: 33%	Si: 33% No: 33% A veces: 33%
2. ¿Te ha resultado sencillo utilizar la aplicación?	Muy fácil: 67% Fácil: 33% Ni fácil ni difícil: 0% Difícil: 0% Muy difícil: 0%	Muy fácil: 100% Fácil: 0% Ni fácil ni difícil: 0% Difícil: 0% Muy difícil: 0%
3. ¿Sabrías usar la aplicación sin ayuda previa?	Si: 33% No: 0% A veces: 67%	Si: 100% No: 0% A veces: 0%
4. ¿Te ha resultado sencillo realizar una llamada?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
5. ¿Te ha resultado sencillo leer un mensaje de texto?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
6. ¿Te ha resultado sencillo ver las aplicaciones instaladas en el móvil?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
7. ¿Te ha resultado sencillo ejecutar la aplicación Muévete?	Si: 67% No: 0% No sé: 33%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
8. ¿Crees que esta aplicación ayudará a las personas con discapacidad visual a utilizar el móvil?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%

Tabla 4: Resultados del cuestionario para la aplicación Blind-Launcher

Como se ve en la Tabla 4 y contrastando con los datos obtenidos mediante la técnica de observación directa de la Tabla 2, los usuarios, independientemente del grupo al que pertenezcan, validan positivamente la sencillez de uso de la aplicación de escritorio accesible Blind-Launcher. Los usuarios que tienen un nivel de ceguera total, tienen mayor dificultad a la hora de manejar la aplicación. El porcentaje de error de este grupo a la hora de completar las distintas pruebas es más elevado, sin embargo, se observa que este porcentaje de error podría ser eliminado mediante la experiencia de uso de la aplicación.

Como aspectos a mejorar de la aplicación Blind-Launcher los usuarios indican que completarían la funcionalidad de la realización de llamadas permitiendo que el escritorio adaptado sea capaz de colgar una llamada. También completarían la funcionalidad de añadir

contactos o de escribir mensajes a un determinado número mediante la creación de un sistema adaptado de introducción de información. Como nuevas funcionalidades añadirían la posibilidad de consultar el nivel de batería del dispositivo móvil.

Al igual que en los datos obtenidos para la aplicación Blind-Launcher, los usuarios validan de forma positiva la facilidad de uso de la aplicación Muévete. Como se puede observar en la Tabla 5 (pregunta 2) en comparación con la Tabla 3 (pregunta 3) y con los resultados obtenidos mediante observación directa, los usuarios invidentes tienen generalmente más dificultades a la hora de usar la aplicación Muévete. Esto es debido a que la aplicación Muévete implementa un control de navegación basado en división de pantalla tal y como se describe en la sección anterior "Tareas realizadas con la aplicación Muévete".

Preguntas	Respuestas (%)	
	GIT	GIP
1. ¿Te ha resultado sencillo utilizar la aplicación?	Muy fácil: 67% Fácil: 33% Ni fácil ni difícil: 0% Difícil: 0% Muy difícil: 0%	Muy fácil: 100% Fácil: 0% Ni fácil ni difícil: 0% Difícil: 0% Muy difícil: 0%
2. ¿Sabrías usar la aplicación sin ayuda previa?	Si: 33% No: 0% A veces: 67%	Si: 67% No: 0% A veces: 33%
3. ¿Te ha resultado sencillo obtener la información del edificio Departamental II?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
4. ¿Te ha resultado sencillo ver los comentarios del edificio Departamental II?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
5. ¿Te ha resultado sencillo ver la información de la planta primera del Departamental II a través de la lectura del código QR?	Si: 67% No: 33% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
6. ¿Te ha resultado sencillo activar el servicio de guiado?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
7. ¿Te ha resultado útil el guiado?	Si: 33% No: 33% No sé: 33%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%
8. ¿Crees que esta aplicación ayudará a las personas con discapacidad visual a guiarse por el campus?	Si: 100% No: 0% No sé: 0%	Si: 100% No: 0% No sé: 0%

Tabla 5: Resultados del cuestionario para la aplicación Muévete

En cuanto a la funcionalidad del guiado, se puede observar en la pregunta 7 de la Tabla 5 y en los resultados obtenidos por observación directa (O17) una gran diferencia entre la satisfacción del guiado obtenida por parte del grupo GIT y la obtenida por parte del grupo GIP. Esto es debido a que los usuarios invidentes totales no tienen un control total a la hora de caminar de forma recta, ya que su sentido de la orientación es casi nulo, por tanto, tienen dificultades a la hora de completar tramos sin referencias físicas (Figura 19, Tramo B). Por el contrario, el grupo GIP sí encuentra el servicio de guiado útil, ya que poseen un mayor sentido de la orientación que les hace no depender de referencias físicas para caminar.

Como aspectos a mejorar de la aplicación Muévete, los usuarios con discapacidad visual total proponen que se mejore el guiado en espacios exteriores incorporando un sistema que permita corregir su desviación a la hora de caminar. Como funcionalidades adicionales, los usuarios invidentes totales y parciales proponen incluir una opción que permita comunicar a un asistente que se encuentran en un estado desorientación.

4. Conclusiones y trabajo futuro

Tras la revisión realizada en el capítulo de introducción sobre la accesibilidad en los teléfonos móviles de última generación, los *smartphone*, sobre posibles proyectos y estudios para ofrecer accesibilidad desde el teléfono móvil, podemos concluir que hay diferentes propuestas tanto para la adaptación de los interfaces a personas con discapacidad como para ofrecer servicios de localización, orientación y guiado. Sin embargo, estas soluciones presentan carencias para ofrecer una accesibilidad global y viable que aproveche los avances en las Tecnologías de Información y Comunicación. Se necesitan nuevas herramientas para ser aplicadas al campo de la accesibilidad, en términos de promover la integración social y cultural tanto en la educación como en el trabajo.

En base a los objetivos propuestos en la presente memoria y a las carencias encontradas en los proyectos de accesibilidad mencionados, se ha conseguido implementar una solución global y accesible orientada a usuarios con discapacidad visual. En concreto, este trabajo fin de máster se ha centrado en ofrecer una solución completa para dispositivos Android los cuales representan una cuota de mercado del 59%. Esta propuesta permite que cualquier persona con discapacidad visual, independientemente de su nivel de ceguera (parcial o total), pueda utilizar la funcionalidad básica de un dispositivo móvil Android sin necesidad de tener instalada en él una versión específica del sistema operativo. Además, esta solución ofrece una aplicación que permite hacer uso de un servicio de orientación y guiado modular adaptado al entorno del campus de Móstoles de la Universidad Rey Juan Carlos para el presente trabajo.

Dicha solución ha sido validada con resultados positivos, tal y como se ha explicado en el capítulo previo, mediante una evaluación empírica en la que participaron un total de seis usuarios con discapacidad visual total y parcial miembros de la Fundación ONCE. Además de esta validación, este proyecto también ha sido probado por la empresa líder española en tecnologías accesibles llamada Technosite **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La empresa Technosite es un referente en materia de accesibilidad y usabilidad tecnológica que actualmente colabora en proyectos europeos de accesibilidad como EU4ALL. La validación por parte de Technosite se llevó a cabo mediante la prueba de las aplicaciones móviles desarrolladas en el presente proyecto por parte de la Directora de Tecnologías Accesibles Lourdes González Perea. Cabe destacar también, que este proyecto ha sido diseñado e implementado desde el inicio, con la colaboración y el asesoramiento de usuarios con diferentes niveles de discapacidad visual que pertenecen al Programa de Apoyo a la Integración de Personas con Discapacidad perteneciente al Vicerrectorado de Política Social, Calidad Ambiental y Universidad Saludable

de la Universidad Rey Juan Carlos. Dicho factor ha sido clave a la hora de afrontar el diseño accesible de las interfaces que forman las aplicaciones móviles.

Gracias a las distintas validaciones que ha sufrido el proyecto, han surgido mejoras y posibles trabajos futuros que se deducen directamente de los resultados obtenidos. A continuación, se exponen los distintos trabajos futuros para la aplicación de escritorio accesible Blind-Launcher y la aplicación de guiado y orientación Muévete:

- Tras los análisis realizados con los usuarios finales, se ha llegado a la conclusión de que es necesario mejorar y aumentar la funcionalidad del escritorio accesible Blind-Launcher. Actualmente, toda la funcionalidad del escritorio está programada individualmente, de forma que para incorporar un nuevo aspecto funcional al escritorio, es necesario programar e incluir un nuevo módulo que se encargue de ello exclusivamente. La solución ideal a este problema pasaría por programar un manejador de los distintos eventos que genera el sistema operativo Android. Mediante esta solución, se obtendría una capa superior que se encargaría únicamente de atrapar dichos eventos y ofrecérselos al usuario de manera accesible.
- Mejorar la calidad del guiado en exteriores en la aplicación Muévete. A través de la evaluación empírica descrita en el apartado de evaluación, se ha obtenido como resultado negativo que los usuarios invidentes totales tienen dificultades a la hora de completar las rutas guiadas con la aplicación móvil. Esto es debido a que dichos usuarios no tienen un control total a la hora de caminar de forma recta. Como trabajo futuro, se plantea la realización de un sistema capaz de detectar que el usuario se desvía levemente a la hora de caminar hacia el destino, y corregir de esta forma su movimiento. Dicho sistema consistiría en la inclusión de referencias virtuales formadas por filas de coordenadas que limitaran los tramos al igual que lo hacen las referencias físicas como los bordillos. De esta forma, se podría ir equilibrando la dirección del usuario cada vez que se desvíe de la ruta y se acerque a las referencias virtuales.
- Mejorar la calidad de obtención de información en la aplicación de guiado y orientación Muévete. Actualmente, la aplicación móvil de guiado ofrece al usuario una realimentación auditiva sobre los distintos puntos de la ruta que va completando y sobre su orientación relativa al destino final. Como trabajo futuro, se estudia la posibilidad de ofrecer distintas formas de realimentación que no acaparen el sentido auditivo del usuario, ya que se observa que en un entorno ruidoso el usuario tiene serias dificultades a la hora de escuchar las instrucciones que le dicta la aplicación móvil. Una de las propuestas está basada en la realimentación vibratoria combinada con la división de la pantalla del móvil en cuatro zonas que se correspondan con las cuatro direcciones básicas (adelante, atrás, izquierda y derecha) que puede tomar el usuario. El usuario podrá tocar las cuatro regiones de la pantalla y obtendrá vibración en la zona asociada a la dirección que debe tomar.

- Incorporar el guiado y la orientación en espacios interiores. Actualmente, la aplicación móvil de guiado Muévete ofrece al usuario localización en espacios interiores por medio de la tecnología Bluetooth. Dicha localización está basada en el descubrimiento de determinados dispositivos Bluetooth por medio del dispositivo móvil del usuario. Como trabajo futuro, se pretende realizar un guiado que sea transparente a la localización del usuario. De esta forma, el usuario invidente podrá obtener un guiado adecuado sin necesidad de activar una opción u otra para cada caso. Este guiado en espacios interiores se desarrollará combinando tecnologías como Bluetooth, QRCode, NFC, WiFi y datos del sensor del acelerómetro y el giróscopo recogidos del dispositivo móvil.

5. Referencias

- [1] Sitio Web: Proyecto eEurope2002:
http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/strategies/l24226a_es.htm
(Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [2] Sitio Web: Proyecto eEurope2005:
http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/strategies/l24226_es.htm
(Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [3] Sitio Web: Proyecto i2010:
http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/strategies/c11328_es.htm
(Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [4] Sitio Web: Proyecto W3C:
<http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/Accesibilidad>
(Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [5] Sitio Web: INE Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares:
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t25/p450&file=inebase>
(Fecha de último acceso: 1/07/2012)
- [6] Sitio Web: Libertad Digital: Android, imparable 59% de cuota de mercado:
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t25/p450&file=inebase>
(Fecha de último acceso: 3/07/2012)
- [7] Sitio Web: Programar a ciegos: Android, autonomía y accesibilidad actual para ciegos:
<http://www.programaraciegas.net/2011/08/03/android-autonomia-y-accesibilidad-actual-para-ciegos/> (Fecha de último acceso: 3/07/2012)
- [8] Sitio Web: El Android libre: Android y la accesibilidad:
<http://www.elandroidlibre.com/2012/01/android-y-la-accesibilidad-las-facilidades-de-un-sistema-que-se-preocupa-por-todos.html> (Fecha de último acceso: 3/07/2012)
- [9] Sitio Web: Google Play - TalkBack:

- <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.talkback&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [10] Sitio Web: Google Play - KickBack:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.kickback&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [11] Sitio Web: Google Play -SoundBack:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.soundback&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [12] Sitio Web: Google Play - PicoTTS:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.picoTTS&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [13] Sitio Web: Google Play - eSpeakTTS:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.espeakts&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [14] Sitio Web: Apple Voice Over:
<http://www.apple.com/es/accessibility/voiceover/> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [15] Sitio Web: Nokia Screen Reader:
<http://conversaciones.nokia.com/2012/01/24/nokia-screen-reader-un-lector-de-pantallas-para-invidentes/> (Fecha de último acceso: 13/07/2012)
- [16] Sitio Web: The Nokia E6 and Belle - a step forwards? Or backwards?
http://www.allaboutsymbian.com/features/item/14278_The_Nokia_E6_and_Belle-a_step_.php
- [17] Sitio Web: Google Play - Big Launcher:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=name.kunes.android.launcher.demo&hl=es> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [18] Sitio Web: Android Ice Cream empieza a despegar:
<http://www.poderpda.com/plataformas/android/android-ice-cream-sandwich-empieza-a-despegar/> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)

- [19] Sitio Web: TextoSIGN website
<http://www.textosign.es/> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [20] Haoyun Xue, Shengfeng Qin. Mobile Motion Gesture Design for Deaf People. 2011 17th International Conference on Automation and Computing (ICAC), Pages 46-50.
- [21] Sitio Web: Tecla Access Keyboard website
<https://play.google.com/store/apps/details?id=ca.idi.tekla> (Fecha de último acceso: 10/07/2012)
- [22] Emiliano Miluzzo, Tianyu Wang, Andrew T. Campbell. EyePhone: Activating Mobile Phones With Your Eyes. 2010. Proceeding MobiHeld '10 Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Networking, systems, and applications on mobile handhelds. Pages 15-20.
- [23] Shaun K. Kane, Jeffrey P. Bigham , Jacob O. Wobbrock. Slide Rule: Making Mobile Touch Screens Accessible to Blind People Using Multi-Touch Interaction Techniques. 2011. Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. Pages 73-80.
- [24] Elmar Krajnc, Mathias Knoll, Johannes Feiner, Mario Traar. A Touch Sensitive User Interface Approach on Smartphones for Visually Impaired and Blind Persons. 2011. 7th Conference of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society. Pages 25-26.
- [25] Chandrika Jayant, Christine Acuario, William A. Johnson, Janet Hollier, Richard E. Ladner. VBraille: Haptic Braille Perception using a Touch-screen and Vibration on Mobile Phones. 2010. Proceeding ASSETS '10 Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. Pages 295-296.
- [26] Ubejd Shala, Angel Rodriguez, Fredrik Frisk. Indoor Positioning using Sensor-fusion in Android Devices. Kristianstad University, School of Health and Society, 2011.

- [27] Benjamin Loulier. Using smartphones for indoor navigation. University West Lafayette, Indiana. 2011.
- [28] Yohan Chon, Hojung Cha. LifeMap. Lifemap: A Smartphone Based Context Provider for Location Based Services. 2011. IEEE Pervasing Computing. Pages 58-67.
- [29] Sitio Web: Technosite website
<http://www.technosite.es/> (Fecha de último acceso :13/07/2012)

Anexos

Anexo A Cuestionarios de evaluación

En este anexo, se muestran las preguntas realizadas a los usuarios con discapacidad visual en los distintos cuestionarios de evaluación de las aplicaciones móviles Blind-Launcher y Muévete.

A.1 Cuestionario de la aplicación Blind-Launcher

1. ¿Qué edad tienes?
2. ¿Usas frecuentemente el teléfono móvil? (Sí, A veces, No).
3. ¿Te ha resultado sencillo utilizar la aplicación? (Muy fácil, Fácil, Ni fácil ni difícil, Difícil, Muy difícil).
4. ¿Sabrías usar la aplicación sin ayuda previa? (Sí, A veces, No).
5. ¿Te ha resultado sencillo realizar una llamada? (Sí, No sé, No).
6. ¿Te ha resultado sencillo leer un mensaje de texto? (Sí, No sé, No).
7. ¿Te ha resultado sencillo ver las aplicaciones instaladas en el móvil? (Sí, No sé, No).
8. ¿Te ha resultado sencillo ejecutar la aplicación Muévete? (Sí, No sé, No).
9. ¿Crees que esta aplicación ayudará a las personas con discapacidad visual a utilizar el móvil? (Sí, No sé, No)
10. Resalta los aspectos positivos de la aplicación.
11. Resalta los aspectos negativos de la aplicación
12. ¿Añadirías alguna funcionalidad adicional a la aplicación? En caso afirmativo, describe cual sería.
13. ¿Completarías alguna de las funcionalidades existentes? En caso afirmativo, describe cual sería.

A.2 Cuestionario de la aplicación Muévete

1. ¿Te ha resultado sencillo utilizar la aplicación? (Muy fácil, Fácil, Ni fácil ni difícil, Difícil, Muy difícil).
2. ¿Sabrías usar la aplicación sin ayuda previa? (Sí, A veces, No).
3. ¿Te ha resultado sencillo obtener la información del edificio Departamental II? (Sí, No sé, No).
4. ¿Te ha resultado sencillo ver los comentarios del edificio Departamental II? (Sí, No sé, No).
5. ¿Te ha resultado sencillo ver la información de la planta primera del Departamental II a través de la lectura del código QR? (Sí, No sé, No).
6. ¿Te ha resultado sencillo activar el servicio de guiado? (Sí, No sé, No).
7. ¿Te ha resultado útil el guiado? (Sí, No sé, No).
8. ¿Crees que esta aplicación ayudará a las personas con discapacidad visual a guiarse por el campus? (Sí, No sé, No).
9. Resalta los aspectos positivos de la aplicación.
10. Resalta los aspectos negativos de la aplicación.
11. ¿Añadirías alguna funcionalidad adicional a la aplicación? En caso afirmativo, describe cual sería.
12. ¿Completarías alguna de las funcionalidades existentes? En caso afirmativo, describe cual sería.