

**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN: SONIDO E IMAGEN**



**Universidad  
Carlos III de Madrid**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Accesibilidad en el mundo de las aplicaciones móviles**

Autor: Javier Muñoz Muñoz

Tutor: Jorge Ruiz Magaña

Leganés, a 28 de Octubre de 2015





## Agradecimientos

*Aprovecho la oportunidad que se me da en estas líneas para agradecer a todas aquellas personas que han influido en mi vida tanto en lo personal, cómo en lo académico y en lo laboral.*

*Comienzo agradeciendo a Jorge todo el apoyo que me ha dado durante la realización de este proyecto, que muestra de manera muy detallada todo un trabajo realizado durante una época muy feliz de mi vida y que recuerdo con mucho cariño. Plasmar todos esos acontecimientos en un proyecto ha sido una gran oportunidad para mostrar unos conocimientos y también para recordar muchos buenos momentos. Sin tus consejos y guía esto no habría sido posible.*

*También quiero nombrar a esos amigos que han estado ahí desde casi el principio de nuestras vidas. Muchos se han ido y otros han estado ahí siempre, apoyándome siempre desde el primer momento.*

*En estos agradecimientos tampoco podían faltar esas personas que se han convertido en mi segunda familia. Esas personas que siempre han estado ahí tanto en los buenos, como en los malos momentos. Mis compañeros universitarios, que empezaron siendo sólo eso, compañeros, pero ahora puedo decir que se han convertido en personas muy especiales en mi vida y aunque cada uno va tomando su camino en la vida, sé que nos hemos marcado unos a los otros y que las vivencias que hemos tenido juntos, y las que tendremos, serán especiales siempre. Jamboos sois muy grandes.*

*También un espacio especial tienen mis compañeros de trabajo, los cuales me han enseñado y ayudado a enfocar la vida de otra manera. He sido muy afortunado pues hasta el momento todos han sido geniales y grandes personas.*

*Creo que no tengo espacio suficiente para escribir todo lo que agradezco a mi familia. Puedo decir que me siento la persona más afortunada por tener a estas personas a mi alrededor, que han estado ahí desde el principio y nunca se han ido de mi lado. Mis hermanos, sobrinos, mis tíos y en un lugar muy especial mis padres.*

*Finalmente, María. Creo que no hay otra persona cómo tú en la tierra y si no existieras, no sé que sería de mí.*

*Gracias, siempre.*



## Resumen

En este proyecto se realizará un estudio exhaustivo tanto de la accesibilidad aplicada a los dispositivos móviles, cómo a las discapacidades presentadas por los usuarios y las soluciones que podemos aportarles mediante el uso de la tecnología. También se tratará de enseñar a los futuros desarrolladores que elementos deben de tener en cuenta al crear una aplicación accesible y el gran beneficio social que esto conlleva.

Para la consecución de este proyecto se han necesitado, una amplia investigación sobre los usuarios con discapacidad y sus características, dado que estos serán nuestro objetivo primordial, y conocimientos tanto en accesibilidad como en todo tipo de herramientas que nos ofrecen las distintas plataformas móviles, Android, iOS, Windows Phone y J2ME.

La importancia brindada al estudio de los usuarios, es la base principal del proyecto, dado que tenemos que hacer entender que nuestros usuarios finales son nuestro objetivo, y que sólo triunfaremos en la creación de una aplicación accesible si tiene una utilidad tangible para este grupo de personas. Conocer sus características y ponernos en su piel nos ayudará, como desarrolladores, a crear productos más cercanos a sus necesidades, más útiles.

También se estudiarán APIs de accesibilidad desarrolladas por las diversas plataformas y por terceros. Y finalmente se dará una gran relevancia a las pruebas de usuario, las cuales validaran la accesibilidad de una solución final.

### Palabras clave

Accesibilidad, discapacidad, Android, iOS, Windows Phone, J2ME.



## Abstract

In this Project, a thorough study will be performed regarding both applied accessibility to mobile devices and the solutions we can provide, through technology, to users with different kind of disabilities. Also, it is intended to teach future Developers which elements they have to take into consideration when creating an accessible application and the greater social benefit that this will imply.

In order to develop this project, a large investigation about users with a disability and their characteristics has been necessary, due to the fact that they are the main focus of these applications. Furthermore, knowledge both regarding accessibility and also several kind of tools that offer different mobile platforms such as Android, iOS, Windows Phone and J2ME.

The importance given to the users' study is the main base of this project. It is of key importance that the final users understand which the goals to achieve are, and that there will only be success in the development of accessible applications if there is a tangible use for this group of people. Knowing their characteristics and being able to know what they feel and what they want will help Developers to create products that are closer to their needs, in the end, more useful products.

Moreover, accessibility APIs will be studied, developed by a wide range of platforms and by third parties. Finally, a great importance will be given to the user tests, which will validate the accessibility of the final solutions.

### Key words

Accessiblity, disability, Android, iOS, Windows Phone, J2ME



## Índice de contenido

1. Introducción .....	8
1.1. Motivación .....	11
1.2. Objetivos del proyecto.....	13
2. Usuarios.....	14
2.1. Tipos de discapacidad .....	14
2.1.1. Discapacitados psíquicos.....	14
2.1.2. Discapacitados físicos .....	15
2.1.3. Discapacitados auditivos .....	15
2.1.4. Discapacidad multisensorial .....	16
2.2. Relación de la tecnología con la humanidad.....	16
2.3. Conceptos previos para comprender la accesibilidad.....	18
2.4. Accesibilidad en la historia.....	19
3. Estado del arte.....	21
3.1. Características de accesibilidad en dispositivos móviles.....	22
3.1.1. Características visuales .....	23
3.1.2. Características físicas .....	26
3.1.3. Hardware de entrada: Teclados .....	27
3.1.4. Hardware de entrada: Pantallas táctiles .....	29
3.1.5. Características de entrada/salida.....	31
3.1.6. Configuración y características funcionales:.....	32
3.1.7. Conexión con accesorios y tecnología asistiva .....	34
3.2. Soluciones de accesibilidad implementadas por los sistemas operativos.....	35
3.2.1. Api de accesibilidad de J2ME .....	36
3.2.2. Api de accesibilidad Blackberry .....	38
3.2.3. Api de accesibilidad de iOS .....	43
3.2.4. Api de accesibilidad de Android .....	50
3.2.5. Api de accesibilidad en Windows Phone .....	55
4. Apis de accesibilidad, herramientas desarrolladas por terceros.....	58
5. Guías para desarrollo de aplicaciones accesibles.....	64
5.1. Guías de accesibilidad para iOS .....	65
5.2. Guías de accesibilidad para Android.....	68
5.3. Guías de accesibilidad para Windows .....	72



6.	Ejemplos de soluciones de accesibilidad .....	75
6.1.	Accesible Contact Manager .....	75
6.2.	Gari, Busca tu móvil accesible .....	78
6.3.	Real time text.....	81
6.4.	Tur4All .....	83
7.	Involucración de usuarios en el desarrollo de soluciones y pruebas finales .....	85
7.1.	Caso real de pruebas de usuario (Accesible Contact Manager): .....	92
8.	Conclusiones .....	99
9.	Futuras líneas de proyecto.....	100
	Anexos .....	101
	ANEXO A -Diagrama de Gantt del Proyecto Fin de Carrera.....	102
	ANEXO B -Presupuesto.....	104



## 1. Introducción

La evolución de la sociedad humana ha sido asombrosa en los últimos tiempos. Ya sea desde un punto de vista tecnológico o de calidad de vida, como en el terreno de la moral y la ética.

Es impresionante ver como ha crecido el grado de civilización de la humanidad, una sociedad que se preocupa por sus semejantes, por su calidad de vida, por intentar dar un sentido y una independencia a todas las personas que forman parte de este conjunto social en el que vivimos. Ya a nadie le produce ningún tipo de rechazo que otra persona sufra algún tipo de discapacidad, es más, es muy probable que cualquier persona muestre una actitud de apoyo y comprensión ante este tipo de situaciones.

La concienciación ante este tipo de problemas ya es patente en nuestras ciudades, en nuestras leyes, en nuestra forma de actuar. Sólo hay que mirar a nuestro alrededor, una rampa para evitar unas escaleras, autobuses preparados para las sillas de ruedas, normativas sobre accesibilidad web, normativas en la construcción de espacios públicos y muchos ejemplos más que podríamos encontrar.

Una gran diferencia que hemos mostrado con respecto a nuestros antepasados es que hemos entendido que una discapacidad física o mental, no limita a una persona. No tiene porque generar rechazo y aislamiento. Nos hemos dado cuenta de que esas personas son válidas y que necesitan simplemente herramientas o guías para poder realizar las acciones cotidianas que todos realizamos. Y con esto, damos un sentido a su vida y les realizamos dándoles una independencia que parecía haber sido robada por la discapacidad.

Deberíamos sentirnos orgullosos por haber dado este paso, entre todos construimos una sociedad y un mundo mejor en el que la discriminación ya no es un límite, dónde las herramientas que tenemos para luchar contra estas barreras cada vez son más y mejores, dónde poco a poco todos vamos siendo iguales y creamos un mejor mundo para vivir.





Y cabe destacar aquí el gran papel que ha tenido en la tecnología en todo este avance. El avance tecnológico de la humanidad ha propiciado muchas mejoras en el funcionamiento del día de las personas y ha cambiado mucho la vida de las personas discapacitadas. La tecnología ha brindado muchos caminos nuevos que permiten evitar estos problemas con los que día a día se encuentran estas personas. Soluciones tan buenas que incluso pueden llegar a paliar el efecto de una discapacidad, véase como ejemplo una pierna mecánica.

Como consecuencia del uso de la tecnología para dar accesibilidad a este colectivo, encontramos el alto grado de integración y satisfacción que produce en estas personas, que es justo el objetivo buscado, tanto por los creadores de esas soluciones, cómo por mi con la elaboración de esta memoria.

Con la creación de este proyecto pretendo mostrar a una comunidad profundamente tecnófila como la de una ingeniería, los beneficios y los grandes aportes que crea la accesibilidad implementada en las tecnologías actuales y en especial en las tecnologías móviles.

Para poder explicar de manera adecuada estas soluciones, primero necesitamos conocer muy detalladamente los usuarios. Conocerlos de una manera minuciosa, saber cuales son sus necesidades, sus comportamientos, sus preferencias, sus virtudes... en definitiva conocerlos de manera detallada pues cada factor de los nombrados anteriormente determina cualquier solución accesible que se quiera desarrollar.

Profundizaremos en la interacción de los usuarios con la tecnología y en detalle con la tecnología móvil. Que problemas encuentran en el uso de dispositivos, como interactúan con ellos, cuales son sus preferencias, etc.

Analizaremos en detalle las soluciones ya implementadas por parte de los fabricantes para crear accesibilidad en sus dispositivos y también estudiaremos soluciones de terceros creadas para suplir algunas necesidades que no han sido creadas por los fabricantes.

Conoceremos cómo se crea una aplicación accesible y se mostrará la importancia de concienciar a los futuros desarrolladores y diseñadores a crear aplicaciones de este tipo. Enseñarles guías y patrones que le hagan más simple el trabajo en el momento de crear una aplicación accesible. Se mostrarán en ejemplo de soluciones accesibles en las que estuve involucrado en su desarrollo.



Para finalizar, nos adentraremos de una manera detallada en las pruebas de usuario. En las que los usuarios finales de las soluciones realmente verifican de manera empírica que el producto creado es ciertamente accesible y que permite solventar problemas que podría encontrar una persona con discapacidad. La importancia de estas pruebas es vital, dado que el feedback obtenido desde los propios usuarios, es uno de los materiales más valiosos que puede obtenerse con el objetivo de mejorar y ajustar una solución, resolviendo los problemas a los que se enfrenta de manera más eficiente y efectiva.



## 1.1.Motivación

Terminando mis estudios universitarios, me encontré en la situación de buscar algo más allá, de dar un sentido a todos los años invertidos en el estudio y me propuse realizar unas prácticas en empresa. No tenía muy claro hacia dónde quería enfocar mi profesión ni sabía como estaba el entorno laboral en el momento. Lo único que tenía claro es que la programación era la materia en la que mejor me desenvolvía y en la que podía dar más de mí. Empecé la ardua tarea de la búsqueda de mi primer empleo relacionado con mi carrera en el ámbito profesional.

Encontré muchas oportunidades y una de las que se planteó era la realización de unas prácticas en la Fundación Vodafone España. Según me comentaron en la entrevista, todos sus proyectos tenían un enfoque muy claro, las personas con discapacidad y el uso de tecnologías móviles. En ningún momento se había pasado por mi mente darle una utilidad a mis conocimientos en el mundo de la accesibilidad móvil y cuando me ofrecieron esta oportunidad, lo tuve claro y acepté la oferta.

En aquel momento, mi desconocimiento del mundo de la discapacidad y de la accesibilidad era muy limitado. Nunca había tenido que enfrentarme a algo así, ni me había encontrado en una posición tan cercana a estas personas y me involucré más de lo que esperaba. Me daba cuenta de que mi trabajo y mi esfuerzo estaba destinado a algo más que conseguir un salario a final de mes. Estaba invirtiendo en el bienestar de otras personas, que día tras día encuentran barreras y que no pueden superarlas sin que otros les den su apoyo. Esta idea hacía que cada jornada de trabajo fuese importante para mí. Hacía que mi motivación fuese en aumento según aparecían los resultados y más cuando ponía cara y nombres a cada una de las personas que estaba ayudando. Es un recuerdo muy especial que nunca se borrará de mi memoria.

Durante 2 años estuve trabajando con muchas herramientas, tecnologías de accesibilidad, asociaciones y organizaciones de personas discapacitadas.



He aprendido que cada persona es un caso distinto y que nunca podremos encontrar una solución que se adapte perfectamente a ella, pero si he visto que hay muchos puntos en común, con lo que podemos trabajar y llegar a soluciones. He podido ver como desaparecían barreras e impedimentos para estas personas y he recibido su agradecimiento y su aliento a que nuestro equipo siguiera haciendo esto. Creo que es muy complicado que vuelva a encontrar un puesto de trabajo en el que la recompensa fuese tan grande.

Y como conclusión de todo este “viaje” laboral, me di cuenta de un factor muy importante. La visibilidad. Las tecnologías accesibles tienen muy poca visibilidad. Muchas veces, ni si quiera los mismos usuarios potenciales de estas tecnologías saben que existen y que podrían beneficiarse de su uso. En este caso estamos fallando, tenemos que promover estas herramientas para que lleguen a cuanto más público mejor, la publicidad debe ser masiva y una buena manera de hacerla es mediante las organizaciones y las asociaciones, estas más que nadie son puntos clave de la difusión de este conocimiento.

Otro detalle que me hizo darme cuenta de la poca visibilidad con la que contaban las tecnologías accesibles, tuvo que ver con el ámbito de la comunidad de desarrolladores. Hablando con otros compañeros que trabajaban en el mismo sector que yo, encontraba un total desconocimiento por su parte de cómo dotar de accesibilidad a una aplicación, de que herramientas utilizar, etc. Los principales medios de comunicación en la comunidad de desarrollo están abarrotados y es muy complejo encontrar información viable y certera. Yo viví la misma situación cuando entré a realizar mis prácticas. Nunca había imaginado que se habían desarrollado ya herramientas tan buenas y tan válidas y mucho menos había pensado en cómo crear una aplicación accesible y como enfrentarme a ello.

Por estos motivos pensé que sería una buena idea, juntar todos los conocimientos que había adquirido durante este tiempo y poder mostrarlos de una manera conjunta para que los futuros desarrolladores puedan desarrollar aplicaciones accesibles consiguiendo como consecuencia que la comunidad de personas con discapacidad pueda encontrar más oferta de soluciones para sus casuísticas. Puesto que nuestro objetivo más importante en este proyecto son nuestros usuarios finales.



## 1.2. Objetivos del proyecto

Los objetivos del Proyecto de Fin de Carrera son los siguientes:

Conocer a los usuarios. Analizar sus problemas, sus ventajas y sus debilidades. Saber dónde y cómo podemos ayudarlos a través del uso de dispositivos móviles.

Crear unas guías de desarrollo para la creación de aplicaciones móviles accesibles. Saber con que podemos contar por parte de los distintos sistemas operativos y cómo podemos completar sus deficiencias usando herramientas creadas por terceros.

Desarrollo de pruebas de concepto, creación de aplicaciones y validación de accesibilidad.



## 2. Usuarios

Para poder definir los problemas y las soluciones que queremos aportar en este proyecto primero deberemos conocer a nuestros usuarios finales, las personas con discapacidad. Estos usuarios son el objetivo de nuestros esfuerzos. Cualquier mejora o ayuda que se les pueda proporcionar en el desarrollo de su actividad diaria, será objetivo de nuestro trabajo.

Por esto, conocer a nuestro usuario es importante. Nos acercará más a él, a su manera de utilizar los dispositivos, a conocer más su problemática y las soluciones que necesitan. Por ello, a continuación pasamos a analizar los distintos tipos de usuarios de forma más detallada, los dividiremos en 5 grandes grupos,.

### 2.1. Tipos de discapacidad

#### 2.1.1. Discapacitados psíquicos

Se puede englobar en este tipo de discapacidad a las personas que presentan una adquisición lenta o incompleta de las habilidades cognitivas durante el desarrollo humano, lo que lleva a limitaciones sustanciales en el desarrollo del individuo. Se caracterizan por un funcionamiento significativamente inferior a la media, que tiene especial hincapié en las habilidades comunicativas, de cuidado personal, vida en el hogar, habilidades sociales, autogobierno, salud, habilidades académicas funcionales, ocio y trabajo.

Existen distintos grados para medir este tipo de discapacidad entre los que tenemos leve, moderada, grave, profunda y incluso existen casos en los que no puede ni medirse. La medida utilizada para definir el grado de discapacidad psíquica es el CI.

Para poder tratar este tipo de discapacidad es importante tener en cuenta factores como la autoestima de la persona, trabajar con sus habilidades adaptativas (comunicación, social y actividades domésticas) y también trabajar en como tratar situaciones de crisis. La inserción de estas personas en la sociedad, mediante la integración, el empleo y el desarrollo de sus capacidades intelectuales, físicas y psíquicas, son factores decisivos para poder hacer evolucionar a este tipo de personas.



### **2.1.2. Discapitados físicos**

Son aquellas personas que como resultado de una incapacidad ven sus capacidades motoras limitadas o impedidas. La consecuencia de este tipo de discapacidad hace que las personas que las sufren realicen sus acciones diarias con dificultad para hacerlas de manera independiente, normalmente necesitados de ayudas técnicas.

En algunas ocasiones este tipo de capacidad se une con algún tipo de discapacidad psíquica, dado que algún órgano afectado, puede afectar en el desarrollo cognitivo de la persona.

Las medidas más importantes que se pueden tomar para luchar contra el avance de este tipo de discapacidad son la rehabilitación de los miembros motores del afectado, evitando así el empeoramiento de estos, aunque en muchos casos la enfermedad es degenerativa y puede que aunque se haya realizado un buen trabajo de rehabilitación, este no de frutos.

### **2.1.3. Discapitados auditivos**

Dentro de este grupo encontramos a personas que sufren un déficit total o parcial en la percepción auditiva. Como consecuencia de esta discapacidad estas personas tendrán problemas para oír y se verá afectada su capacidad de comunicación. Dos grandes métodos para combatir esta discapacidad son la lectura labiofacial y el lenguaje de signos.

Esta discapacidad se detecta mediante un sistema llamado audiometría, que permite percibir los problemas de intensidad y frecuencia con la que el oído detecta los sonidos. Existen dos tipos de discapitados auditivos, los que sufren Hipoacusia (pérdida parcial) o Cofosis (sordera total).

### **2.1.4. Discapacidad visual**

Se define con base en la agudeza visual de la vista del ojo y el campo visual. Se habla de discapacidad visual del ojo cuando existe una disminución significativa de la agudeza visual del ojo aún con el uso de lentes o bien una disminución significativa del campo visual del ojo. Las dificultades que se les presentan a estas personas en la realización de actividades propias de la vida cotidiana, que surgen como consecuencia de la interacción entre la pérdida de visión y las barreras presentes en el contexto en que se desenvuelve la persona.



El sistema de lectura braille ha sido una gran ayuda para romper barreras en el mundo de la discapacidad visual, permitiendo una manera de interactuar a las personas ciegas con la lectura. Hoy en día hay muchas ayudas técnicas destinadas a las personas ciegas, cómo las señales auditivas de los semáforos, suelos rugosos para indicar la llegada de la carretera en una calle, programas que permiten aumentar la letra en ordenadores, etc.

### **2.1.5. Discapacidad multisensorial**

Serían las personas que tienen una combinación de dificultades visuales y auditivas. Con frecuencia se les llama sordo-ciegos, aunque es importante que los individuos pueden conservar cierta audición o visión residual. Muchos de ellos también podrían tener problemas adicionales, dado que es difícil saber hasta que punto sus capacidades cognitivas son dañadas. Al tener un grado de discapacidad tan alto, la complejidad en sus métodos de ayuda es elevada, tanto que en muchos casos ni si quiera son eficaces y hacen que muchos de estos afectados nunca puedan ser independientes.

Entendiendo las definiciones de los diversos grupos de usuarios, ya podemos enfocar de manera un poco más efectiva, diversas soluciones relacionadas con los smartphones para estos usuarios, dado que ya conocemos sus principales problemáticas. Por eso, en el siguiente punto, vamos a analizar de manera profunda, los principales problemas que las tecnologías móviles presentan antes los usuarios discapacitados.

## **2.2. Relación de la tecnología con la humanidad**

La tecnología ha sido el aliado más fiel que ha encontrado el ser humano desde sus inicios. Siempre ha estado ahí y en muchas variantes. Ha servido tanto para cultivar alimentos, como para curar enfermedades, para la construcción de edificios y muchos ejemplos más.

Sin la tecnología, la calidad de vida del ser humano nunca se habría incrementado. La sociedad se habría estancado.

Los avances tecnológicos actuales han sido increíbles. A día de hoy son una parte fundamental de nuestras vidas. Por poner el ejemplo más común y que seguramente nos afecte a todos, a diario utilizamos diversos dispositivos como





ordenadores, tablets y smartphones que ya son indispensables en nuestro día a día.

Como consecuencia de esto, las personas discapacitadas han encontrado en la tecnología, un gran apoyo y un medio de poder tener mayor calidad de vida. Aquí los ejemplos también son muy variados, ya podemos tener una silla de ruedas, o una mano mecánica, un elevador, etc. Dado que actualmente se promueve la inclusión de personas con discapacidad en la sociedad, la tecnología ha sido un importante aliado para que esto ocurra proveyendo a estas personas de caminos alternativos para poder sentirse independientes y realizados.

Una herramienta tecnológica de uso cotidiano, como un ordenador, ha dejado de presentarse como una barrera para las personas con discapacidad. Para llegar a esta situación, ha sido necesaria la adaptación de la tecnología a los usuarios. Por poner un ejemplo, un usuario ciego quiere utilizar un ordenador. La solución que encontramos es que el ordenador se adapte de cara a poder comunicarse con este usuario. Si el canal visual no puede usarse, el camino alternativo que encontramos es el auditivo, así que se han creado muchos lectores de pantalla que ya permiten a los usuarios ciegos la lectura de documentos en ordenadores. En la parte de entrada de datos para el usuario, también encontramos soluciones similares. En el caso de la introducción de datos en el ordenador un usuario ciego encuentra dificultades utilizando un teclado corriente, dado que no puede ver los caracteres que está imprimiendo. Solventaríamos esta dificultad con la utilización de teclados braille.

El objetivo de lo expuesto anteriormente es demostrar que el grado de adaptabilidad de la tecnología es inmenso. Conociendo a los usuarios y sus necesidades, podremos moldear la tecnología para que los usuarios la usen de manera sencilla y eficaz.

La accesibilidad ha encontrado en la tecnología un gran aliado, y debe de aprovecharse de ello tanto cómo pueda.

Todo esto nos da pie a hablar del tema que nos trae este proyecto. Actualmente la tecnología móvil está viviendo un cambio extraordinario y se está experimentando un crecimiento de popularidad más que evidente, tanto que ahora mismo se dice que hay más dispositivos móviles en el planeta que personas.



Si una tecnología con tanto potencial, fuese accesible, es inimaginable el gran progreso social que se podría crear. Hablamos de que las personas con discapacidad pueden tener en su bolsillo una herramienta que les permita ver el mundo de otra manera. Más fácil, más accesible.

### **2.3. Conceptos previos para comprender la accesibilidad**

El término accesibilidad se utiliza para nombrar al grado o nivel en el que cualquier ser humano, más allá de su condición física o de sus facultades cognitivas, puede usar una cosa, disfrutar de un servicio o hacer uso de una infraestructura.

Para seguir analizando en profundidad el concepto de accesibilidad, necesitamos otro concepto intermedio que es el de ayuda técnica.

Una ayuda técnica es aquel instrumento, dispositivo o herramienta que permite, a las personas realizar actividades que sin dicha ayuda, no podrían ser llevadas a cabo o requerirían de un mayor esfuerzo para su realización. Para llegar a este objetivo, debe de ser sencilla y eficaz, respondiendo de forma directa a las necesidades para las que ha sido desarrollada. El grado de discapacidad, el entorno social del individuo, y en algunos casos, la capacidad y habilidad de éste para el aprendizaje y adiestramiento serán elementos fundamentales a la hora de determinar la ayuda técnica adecuada para cada individuo.

Actualmente se ha creado la necesidad de tener un espacio virtual accesible. Una accesibilidad universal. Para que un individuo se sienta parte de una sociedad, tiene que ser partícipe de todas las actividades que engloben la misma, ya que de lo contrario podría encontrarse en una situación de aislamiento o marginación.

Potenciar este factor en la sociedad se ha vuelto imprescindible, tanto que se han creado muchas leyes de obligado cumplimiento que los países deben de ejecutar para crear entornos de vida más accesibles, diseñados para todo tipo de personas. Existen también multitud de organismos y asociaciones que promueven soluciones, notifican problemas y ayudan también a mejorar la sociedad. En nuestro país por poner un ejemplo encontramos agrupaciones como el CENTAC, ASEPAU o Fundación Once. La colaboración y experiencia de este tipo de colectivos es de gran importancia para la creación de espacios y/o herramientas que se



amolden a las necesidades de los usuarios, por lo tanto son una inestimable ayuda a la que recurrir.

Para poder tener una visión bien clara del problema debemos entender la accesibilidad como la relación de las tres formas básicas de la actividad humana: movilidad, comunicación y comprensión. Estos tres aspectos están limitados sólo por la consecuencia de la existencia de barreras.

### 2.4. Accesibilidad en la historia

Desde tiempos inmemoriales, las personas discapacitadas han tratado de superar sus barreras utilizando herramientas o métodos con los que poder ejecutar diversas acciones.

El ser humano se ha apoyado en ayudas técnicas muy diversas, ya puede ser una silla de ruedas (el primer acercamiento a la silla de ruedas actual fue una cama con ruedas en el 530 AC), bastones, la utilización del lenguaje de signos, la invención del braille, etc.

Hay que tener en cuenta que en el pasado las discapacidades generaban un gran rechazo en la población, y se consideraba que las personas que las padecían, estaban malditos o podían contagiar al resto. Esto hizo que muchas personas discapacitadas fuesen apartadas de la sociedad y maltratadas por ésta.

Sólo la ciencia se interesó por estos males que aquejaban a estas personas. Mediante la investigación y el desarrollo de herramientas ayudaron a la integración de estas personas en la sociedad.

Hoy en día, el nivel de integración de las personas con discapacidad es patente. Uno de los factores que nos hace darnos cuenta de esto, es la cantidad de asociaciones y grupos de personas comprometidas para poner solución a muchos problemas con los que se enfrentan los discapacitados día a día. En España tenemos multitud de ejemplos de estas asociaciones:

- **FAMMA:** ONG, mejoran la calidad de vida y la integración sociolaboral de las personas con discapacidad física y orgánica.
- **ASPACE:** asociación de parálíticos cerebrales de España.
- **FIAPAS:** confederación Española de Familias de Personas Sordas.
- **ONCE:** organización nacional de ciegos Españoles.
- **Fundación Vodafone España**



- **CNSE:** confederación estatal de personas sordas.

Estos organismos son una herramienta muy útil para encontrar información relacionada con la discapacidad, cómo poder enfrentarse a ella, encontrar apoyo en personas con la misma problemática, información de ayudas técnicas, en algunos casos financiación, integración laboral o estudios.

También encontramos que las soluciones que se crean actualmente están muy focalizadas en los usuarios. Estos usuarios finales son una gran fuente de información para poder diseñar soluciones a sus problemas de una manera realmente efectiva y que causen un verdadero impacto en el desarrollo de sus labores diarias. La sociedad ya ha tomado conciencia, se crean leyes, normativas que regulan la accesibilidad de los espacios públicos, de los transportes, de los inmuebles, del ocio e incluso de la tecnología web.

Merece una especial mención el avance realizado en las ayudas técnicas. La medicina y la tecnología han conseguido grandes avances cómo la reconstrucción de miembros con robótica, lectores de pantalla introducidos en ordenadores, dispositivos de guiado a personas ciegas mediante sonidos,... al final y al cabo pequeñas ayudas que hacen que las personas con discapacidad sean más independientes, haciéndoles sentirse válidos y realizados.



### 3. Estado del arte

Para focalizarnos en el tema central del proyecto, realizaremos a continuación una descripción general de los móviles, en los cuales vamos a basar nuestro estudio.

El teléfono móvil es un dispositivo electrónico dirigido a utilizar servicios de la red de telefonía celular o móvil. Funciona mediante una red de celdas, donde cada antena repetidora de señal es una célula.

La evolución que han tenido estos dispositivos en los 40 años que tienen de existencia ha sido más que destacable. El primer teléfono móvil, Motorola DynaTAC, pesaba 800 gramos, su batería tardaba 10 horas en cargarse y su precio llegaba a los 4000\$ de esa época.

La mejora de las redes móviles también ha ayudado a la modernización de los dispositivos. Hace 40 años, las llamadas a través de un teléfono móvil se hacían mediante líneas analógicas móviles. Más tarde apareció el GSM (sistema global de comunicaciones móviles). Este sistema ha llegado a tener 3 generaciones. Después vino el GPRS, con lo que se empezaron las primeras transferencias de datos en telefonía móvil y las primeras navegaciones en Internet.

A partir del siglo XXI, los teléfonos móviles han adquirido funcionalidades que van mucho más allá de sólo llamar o enviar mensajes de texto. Se ha producido una unificación con otros dispositivos tales como PDA, cámara de fotos, agenda electrónica, despertador, calculadora, GPS o reproductor multimedia, así como poder realizar multitud de acciones en un dispositivo pequeño y portátil que está al alcance de muchas personas. A esto es lo que se le denomina smartphone o en su traducción literal teléfono inteligente.

El smartphone se diferencia principalmente de los primeros terminales en que tiene una mayor capacidad de almacenamiento, realiza actividades semejantes a una mini computadora y tiene la conectividad de un teléfono móvil convencional. Casi todos estos teléfonos inteligentes permiten al usuario instalar programas adicionales. Otra característica importante a destacar es la función de multitarea que permite al dispositivo mantener varios programas abiertos simultáneamente.



También se puede comentar otra característica importante que es el soporte multi-banda. Mientras más bandas de radio pueda soportar un teléfono, más frecuencias podrá usar. Por ejemplo, los teléfonos de cuatro bandas, al operar en cuatro frecuencias distintas, proporcionan mejor cobertura.

Para poder crear estos nuevos dispositivos inteligentes, se ha necesitado el apoyo de diversos sistemas operativos que gestionan los procesos del teléfono. Los más famosos son Android (82,8%), iOS (13,9 %), Blackberry OS (0,3%), Windows Phone (2,6%) y otros (0,4%). Otros sistemas operativos de menor uso son Firefox OS, Kindle. (Datos obtenidos de IDC en 2015)

Muy de la mano de los smartphones encontramos las tablets. Son computadoras portátiles de mayor tamaño que los smartphones, que consisten principalmente en una pantalla táctil. Se interacciona primariamente con los dedos o una pluma stylus, sin necesidad de teclado físico o ratón. Muchos de estos aparatos incluyen los sistemas operativos nombrados anteriormente y por consecuencia también sus aplicaciones. Las tablets presentan algunas mejoras frente a los PC's: tienen más batería que una computadora portátil, son fácilmente manejables en ambientes no favorables al uso de teclado y ratón, su peso es ligero, el entorno táctil hace que en ciertas actividades su trabajo sea más fácil, etc. En cambio también presentan algunas desventajas como por ejemplo, su velocidad de interacción, su comodidad, menores prestaciones, pantallas frágiles,...

### **3.1. Características de accesibilidad en dispositivos móviles**

El objetivo primordial de la accesibilidad es la persona que va a verse beneficiada. La accesibilidad consiste en modificar un elemento cotidiano para facilitar su uso o bien en crear una nueva herramienta. Como se comenta anteriormente, la persona beneficiada es el foco de todo el trabajo. Esto es, si una solución no se adapta al uso del beneficiario o no consigue facilitar la realización de una acción habitual, dicha solución no sería válida.

Es muy importante entender las necesidades y los requisitos de los usuarios finales para poder, a través de una aplicación móvil (en nuestro caso), ayudar a las personas con discapacidad. Para ello debemos realizar un análisis minucioso de estos usuarios finales, determinando factores que nos permitan diseñar nuestras soluciones de la manera más efectiva posible. El estudio se ha realizado analizando



teléfonos móviles de diferente tipología y estratos diferentes de usuarios. Tras dicho análisis, se deduce que sólo algunos dispositivos móviles, con determinadas características, se adaptan a usuarios con discapacidades concretas. Por ejemplo, una persona con una discapacidad visual parcial, no va a poder utilizar un móvil si éste no tiene suficiente contraste.

La manera de recabar estos datos se ha realizado mediante encuestas realizadas a un número significativo de usuarios en toda Europa (Proyecto AEGIS 2008).

### 3.1.1. Características visuales

Los dispositivos móviles utilizan sus pantallas para mostrar la información de las aplicaciones a los usuarios. Todos estos datos se ven reflejados en ella y es el elemento principal de la interacción del móvil con el usuario. Es una de las características principales para tener en cuenta al enfocar los distintos dispositivos y aplicaciones accesibles. Hay muchos factores que pueden modificar la experiencia visual de los usuarios. Pasamos a describirlas a continuación:

- Requisitos técnicos:

- **Luminosidad**

Para favorecer la visualización correcta de la información en una pantalla, es necesario que se proporcione un contraste adecuado de pantalla con el fondo. Tanto los símbolos como el fondo de pantalla necesitan tener diferente luminosidad y color.

En la mayoría de los casos, la luminosidad del entorno influye en la luminosidad de la propia pantalla y en su color, lo cual implica que el contraste de la pantalla cambia con el entorno. Como la luminosidad del entorno no puede ser controlada por el usuario siempre, necesitamos proveer un ajuste de la luminosidad de pantalla para obtener un balance de contraste que funcione en varios entornos.

- **Legibilidad**

En dispositivos electrónicos, la presentación de caracteres legibles y símbolos para facilitar la lectura de los textos es una de las cuestiones más importantes.



Los factores que determinan una buena legibilidad son:

- **Contraste:** para una buena visualización y una lectura confortable, especialmente durante largos espacios de tiempo, el contraste de la pantalla con la fuente debe ser de una relación 3:1. Este factor es particularmente importante en personas de avanzada edad.
- **Polaridad de la imagen:** caracteres oscuros sobre un fondo claro (imagen positiva en polaridad), o caracteres claros sobre fondo oscuro (negativo en polaridad de imagen), son aceptables. Las ventajas de esto son variadas. Desde la reducción del brillo para la adaptación del ojo, mejora de la legibilidad, menor detección de reflejos en la pantalla, menor cansancio de ojos... Muchos usuarios prefieren la imagen en polaridad negativa.
- **Tamaño de letra:** el tamaño mínimo de letra latina deberá tener un tamaño 16 de arco. Es requerido que todos los sistemas tengan la capacidad de proveer un caracter de tamaño 20 a 22 de arco. Un factor limitante para legibilidad de las personas es que sólo los caracteres que tengan un tamaño con la altura suficiente, podrán leerse correctamente desde la retina.
- **Espacio entre caracteres:** para fuentes sans-serif, el espacio entre caracteres tiene que ser como mínimo el ancho de un pixel entre los trazos de cada caracter. Si la fuente es serif el espacio entre caracteres deberá ser de un pixel entre serif.
- **Espacio entre palabras:** el mínimo número de píxeles entre palabras debe ser el número de píxeles de ancho que tiene la letra mayúscula H.
- **Espacio entre líneas:** para tareas que requieren la lectura continua de texto, es necesario que haya como mínimo un pixel entre líneas.





○ **Legibilidad de gráficos**

La información puede ser mostrada mediante símbolos gráficos. Estos deben de ser mostrados en configuraciones geométricas simples como por ejemplo círculos o cuadrados o algunos más complejos, llamados iconos. Los usuarios sólo verán como útiles estos símbolos gráficos si tienen una legibilidad suficiente y unos valores adecuados de tamaño, contraste y color:

- **Tamaño del objeto:** los iconos deben de ser diseñados para que sea fácilmente diferenciables y comprensibles. Es esencial que el usuario puede relacionar de manera sencilla el dibujo del icono con la funcionalidad que realiza.
- **Colores por defecto:** cuando una aplicación requiere que el usuario discrimine o identifique colores, deberá ofrecer un conjunto predeterminado de colores. El juego de colores por defecto debe estar basado en el sistema operativo y debe incluir como mínimo: colores primarios (rojo, azul y verde), colores no primarios como resultado de la combinación de los primarios y blanco y negro. Para ajustar más la identificación del juego de colores, este debería no contener más de 11 colores. Si los colores pueden ser modificados por el usuario, el juego de colores por defecto debe poder ser restaurable.
- Requisitos para usuarios con discapacidad:
  - Usuarios con discapacidad visual:**
    - Debe poder ajustarse el tiempo que tarda la pantalla en entrar en modo reposo.
    - El nivel de brillo de la pantalla debe ser ajustable.
    - Mientras que se muestre información en la pantalla, la iluminación de pantalla debe mantenerse.
    - El usuario tiene que tener la opción de modificar el tamaño de la fuente y el contraste de la pantalla.
    - La pantalla debe tener una luz de fondo y tiene que ser configurable.



- Los colores de pantalla deben ser diseñados para personas que no tienen la capacidad de distinguir ciertos colores (rojo / verde y azul / verde).
- Los textos no deben producir flashes ni moverse.

### **Usuarios con discapacidad cognitiva:**

- La información mostrada en pantalla debe ser suministrada de manera clara y sencilla.
- La pantalla debe poder mostrar la información de manera multimodal, es decir mediante iconos y/o textos.
- Los iconos deben poder distinguirse de manera clara.

### **Usuarios con discapacidad auditiva, física:** No afectados.

- Pantallas diseñadas para todos los usuarios:

Un diseño de pantalla enfocado para la gran mayoría de usuarios daría mucha importancia a la luminosidad, legibilidad y entendimiento de gráficos y caracteres. La buena elección de estos factores ayudarían a crear un producto más accesible para sus usuarios.

### **3.1.2. Características físicas**

El hardware es un factor fundamental de las limitaciones derivadas de las características físicas de un dispositivo. Los elementos que forman el teléfono y su disposición repercutirán de manera importante en la usabilidad que tendrá para el usuario final.

Con la gran variedad de dispositivos que encontramos en el mercado, es muy complicado definir un estándar para la creación de un diseño para todos los usuarios de un dispositivo. En cambio, sí podemos delimitar las necesidades de los usuarios reales en relación con las características físicas de los dispositivos

- Requisitos para usuarios con discapacidad visual:
  - Los dispositivos deben ser resistente a las caídas y también al agua.
  - Las distintas caras del dispositivo deben de ser fácilmente reconocibles



por el usuario mediante el tacto, esto se puede conseguir realizando algún tipo de marca o elemento distintivo que haga que sea fácilmente reconocible y permita al usuario guiarse a través de él.

- Requisitos para usuarios con discapacidad física:
  - Igual que en el caso anterior, es importante dotar de gran durabilidad al dispositivo, mediante medidas frente a los golpes o frente al contacto con el agua. El manejo del dispositivo por parte de los usuarios puede ser complejo y poco manejable, pudiendo llevar a situaciones de golpes o similares, de manera bastante frecuente.
  - Es importante para estos usuarios que el dispositivo pueda ser utilizado con una mano, que su peso y su forma permitan manejarlo de manera simple.
  - Dar la posibilidad de usarlo mediante sensores táctiles.
  - La superficie de las teclas no tiene que ser deslizante.
  - La parte de atrás del dispositivo debe ser plana para facilitar el uso al usuario.

- Requerimientos para usuarios con discapacidad cognitiva:

Al igual que anteriores casos, para estos usuarios es muy importante la diferenciación entre los distintos lados de un dispositivo, para poder situarse en su utilización.

- Diseño de dispositivos para todos los usuarios:

En el estudio realizado, se puede llegar a la conclusión de que factores como que la antena se encuentre integrada en el teléfono, que sea resistente y que su superficie no sea deslizante, son cualidades importantes para el uso de un dispositivo.

### **3.1.3. Hardware de entrada: Teclados**

La utilización de los teclados suele ser una gran barrera en el uso de los teléfonos móviles por parte de las personas con discapacidad. Los teclados suelen ser pequeños, con mal contraste y algunas teclas suelen ser de difícil acceso. Hay



multitud de tipos de teclados dependiendo de la marca y de la forma del teléfono, desde el teclado qwerty en versión reducida, hasta la versión alfanumérica o por último el teclado táctil. Los requisitos del uso de estos por parte de los distintos usuarios, son variados.

◦ Requisitos para usuarios con discapacidad visual:

- Las teclas utilizadas para el control del volumen del dispositivo, deben de ser fácilmente reconocibles.
- Es recomendable que los grupos de teclas que realicen diferentes funciones, estén suficientemente alejados entre sí, y que tengan distintos tamaños y formas.
- Las teclas de función (conocidas como softkeys), deben encontrarse cercanas a la pantalla, para poder asociarlas con la funcionalidad que en ella se describe.
- En lo teclados alfanuméricos, la tecla 5 debe estar marcada para proceder a su identificación de manera rápida, en los qwerty, las teclas f y j serán las elegidas.
- La distancia entre teclas deberá ser de 5 mm, para evitar la pulsación de dos teclas a la vez.
- Las teclas deben tener diferentes colores e iconos para diferenciar bien sus funciones.
- Su forma puede ser plana o convexa.
- Es necesario un buen contraste entre el fondo y el color de la letra.
- El feedback que devuelven los botones tiene que ser recibido por el usuario (normalmente mediante un click positivo), tanto de manera auditiva como táctil.
- Otra característica importante para los discapacitados visuales, son las marcas para facilitar la localización de las teclas. Los usuarios deben de poder diferenciar de manera rápida y simple entre teclas numéricas y de función, mediante la forma, tamaño y textura.



- Requisitos para usuarios con discapacidad auditiva:
  - El teclado debe proporcionar luz de fondo para poder distinguir las teclas con la luz del día.
  - Se prefiere que el dispositivo disponga de teclado qwerty, para aplicaciones de mensajería esto es esencial.
  - Igual que en el caso anterior, necesitan recibir feedback de las pulsaciones de las teclas, el táctil es el mejor en este caso y encontrar las funciones y las teclas diferenciadas de manera clara.
- Requisitos para usuarios con discapacidad física:
  - Para la destreza manual, el tamaño de los botones es una prioridad. En dispositivos móviles esto se consigue muchas veces gracias a ayudas técnicas externas al móvil.
  - El resto de requerimientos son similares a anteriores casos, localización de teclas de volumen, teclas planas o convexas, feedback de teclas, etc.
- Requerimientos para usuarios con discapacidad cognitiva:

Similares a anteriores casos, teclas de volumen, distancia entre teclas, feedback de pulsación, etc.
- Teclados diseñados para todos los usuarios:

La barrera fundamental de los teclados en dispositivos móviles es el tamaño. Las reducidas teclas hacen que muchos usuarios se encuentren con dificultades en la utilización de las mismas. Unas dimensiones de al menos 1 cm x 0,6 cm pueden proveer al usuario de información de entrada adecuada y asegurarse de tener una pulsación óptima. Las teclas más pequeñas no presentan un diseño para todos y algunos usuarios necesitarían un método de entrada al dispositivo distinto.

#### **3.1.4. Hardware de entrada: Pantallas táctiles**

Las interacciones hápticas y táctiles se están volviendo muy importantes en la elección de los dispositivos por parte de los usuarios. Existe un considerable



esfuerzo en el desarrollo de estos pero aún falta la aparición de un estándar para poder hablar de interoperabilidad y ergonomía, haciendo que muchos usuarios encuentren grandes dificultades en estos aspectos.

En esta sección se hablará de las pautas generales de estas pantallas y de la individualización de parámetros de usuario dependiendo de las preferencias de este.

- **Pautas generales:**

Este tipo de pantallas intenta optimizar el rendimiento y disminuir la fatiga del usuario. El sistema debe estar optimizado para tener en cuenta los siguientes factores: la pericia del usuario, el dispositivo, la tarea requerida, la capacidad del usuario de controlar la velocidad y la fuerza involucrada en las operaciones, la exploración activa y las operaciones multi-contacto (cuando sea posible y apropiado). El sistema deberá garantizar la comodidad del usuario durante períodos largos de tiempo.

- **Personalización deliberada:**

Este parámetro permitirá la posibilidad de habilitar o deshabilitar cualquier tipo de feedback que devuelva el dispositivo al realizar una pulsación en la pantalla. También debe permitirse al usuario modificar de manera individual parámetros táctiles.

- **Utilización de controles:**

La utilización de los controles hápticos/táctiles, deben ser seleccionables sin activar su funcionalidad asociada. El sistema debe proveer algún tipo de feedback visual o auditivo indicando la selección de estos controles para su posterior activación. El feedback de la selección deberá ser fácilmente identificable para evitar confusiones y activaciones de manera errónea por parte del usuario. Las acciones de control deben ser simples

- **Reconfiguración:**

Debe proporcionarse al usuario alguna posibilidad de reconfiguración del espacio háptico/táctil. Esta nueva configuración deberá ser



confirmada por el usuario antes del cambio definitivo.

- **Técnicas de interacción:**

Se han implementado diferentes técnicas de interacción dependiendo del sistema. Entre estas encontramos: trazado, rastreo, arrastrado, presionado, multi-toque, gestos, movimientos relativos al objeto, etc.

### 3.1.5. Características de entrada/salida

- Requisitos para usuarios con discapacidad visual:

Para este tipo de usuarios nos encontramos con los siguientes requerimientos en relación al uso de teclados táctiles: proporcionar la posibilidad de elegir símbolos de escritura para aplicar en el dispositivo, deberá integrarse reconocimiento de voz para poder manejar este tipo de teclados mediante la voz, el teléfono tiene que integrar Text-to-Speech (TTS) para permitir a las tecnologías asistivas generar voz. Asimismo, deberá proporcionar indicadores auditivos para diferenciar los distintos eventos que pueden surgir en la interacción con el dispositivo, un indicador visual de “foco” que permita saber al usuario en qué lugar de las aplicaciones se encuentra, volumen ajustable del dispositivo e integración de manos libres.

- Requisitos para usuarios con discapacidad auditiva:

Para este colectivo de usuarios los requisitos de importancia son: luces e indicadores visuales que permitan al usuario diferenciar los distintos eventos que se producen en el uso del dispositivo, los tonos de aviso tienen que estar dotados de una vibración potente y generar señales lumínicas, el volumen debe de ser ajustable, los tonos del dispositivo deben utilizar altas y bajas frecuencias y las video-llamadas deben poder realizarse con el objetivo de poder mantener una comunicación mediante lengua de signos.

- Requisitos para usuarios con discapacidad física:

Estos usuarios tienen como requisitos algunos de los nombrados anteriormente cómo integración de reconocimiento de voz, TTS, volúmenes ajustables e integración de manos libres.



- Requisitos para usuarios con discapacidad cognitiva:  
Las ya nombradas en anteriores apartados: TTS, reconocimiento de voz, volúmenes ajustables, integración de manos libres, video-llamadas, indicadores visuales/auditivos de eventos producidos en el dispositivo, “foco” visual en el uso del software...
- Características de entrada/salida diseñadas para todos:  
Uno de los factores más importantes cuando se diseña un dispositivo es la información suministrada por los distintos tipos de alertas. Los usuarios deben ser capaces de elegir entre alertas visuales, alertas auditivas, alertas vibratoras o una combinación de estas para poder asignarlas a los eventos que puedan dar lugar.

### **3.1.6. Configuración y características funcionales:**

- Requisitos para usuarios con discapacidad visual:  
En este punto los requisitos necesarios para estos usuarios son: configuración de la notificación de eventos, permitiendo al usuario realizar la acción más adecuada a sus necesidades. Acceso visual claro de la funcionalidad del dispositivo, menús configurables para adaptarse de una manera eficaz a las necesidades de los usuarios. Función de “respuesta con cualquier tecla” debe ser proporcionada para facilitar la respuesta de las llamadas entrantes. Los textos de los menús deben proporcionar términos claros que definan de manera sencilla el propósito de su acción. Los contenidos de la agenda de contactos deben ser desarrollados de acuerdo a los estándares de importación/exportación de los contactos en todos los terminales. La posibilidad de activación/desactivación de controles de manera accidental, debe ser evitada mediante la introducción de mensajes de confirmación. El dispositivo debe proveer un botón de bloqueo de teclado para evitar que los botones se presionen de manera accidental, cuando el teléfono no está siendo utilizado. El uso del bloqueo de teclado debe realizarse de manera sencilla y cuando se lleve a cabo, debe informarse mediante señales visuales y acústicas. Los procesos dependientes de tiempo (notificaciones, eventos,





salvapantallas...), deben ser configurables y tener un sustituto equivalente sin restricción temporal. Debe ser posible parar cualquier proceso en cualquier momento, los mensajes de error deben ser cortos y simples, al igual que las instrucciones.

- Requisitos para usuarios con discapacidad auditiva:  
Factores nombrados como la configuración de respuesta de eventos, contenidos de agenda de contactos compatibles con otros dispositivos, bloqueo de teclado y simplicidad en mensajes de error e instrucciones. Añaden otros requisitos como acceso a e-mail o herramientas de mensajería, algo muy importante en la comunicación de personas con discapacidad auditiva.
- Requisitos para usuarios con discapacidad física:  
Se incluyen algunos mencionados como: menú configurable, configuración de notificaciones, agenda de contactos compatible, función de bloqueo de teclado. Por otro lado, se añaden respuesta automática de la llamada, velocidad de marcación y diálogos de confirmación de acciones.
- Requisitos para usuarios con discapacidad cognitiva:  
Repiten algunas características como: uso de mensajes de error e información cortos y simples, configuración de eventos, menú configurable, introducción de tecla de bloqueo de teclado. Se añade la importancia de tener interfaces simples y poder tener una interacción simple y rápida con el dispositivo.
- Configuración y funcionalidad diseñada para todos:  
La realización de la configuración es un factor muy importante para los usuarios, dado que permite personalizar el dispositivo a las distintas necesidades. Hablamos de configurar el menú, colores, texto, iconos...

Una opción ayuda siempre debe estar disponible para que el usuario pueda consultar el resultado que tendrán sus acciones en el resultado final de las interfaces del dispositivo.



Por último es importante destacar la simplicidad y la sencillez de comprensión de los mensajes enviados por el dispositivo al usuario, que permitirán utilizar el teléfono de manera eficiente y rápida.

### 3.1.7. Conexión con accesorios y tecnología asistiva

- Requisitos para usuarios con cualquier discapacidad:

La extracción de la tarjeta SIM y la batería deben ser tareas simples de realizar y fáciles de entender. Debe existir una indicación acústica y visual del nivel de carga de batería. También una respuesta acústica o táctil cuando el cargador se ha conectado de manera correctamente. Los puertos de conexión deberán tener un borde biselado para poder encontrarlos de manera fácil. Los accesorios o tecnologías asistivas tienen que conectarse con una sola acción. El sistema operativo del teléfono tiene que aceptar la instalación de las AT. Las comunicaciones “wireless”, deben de ser aceptadas para poder permitir el tráfico entre los distintos dispositivos.

- Conexiones de accesorios y ayudas técnicas diseñados para todos:

Una de las tareas más complejas para los usuarios es la configuración de sus dispositivos móviles por primera vez. Operaciones como insertar la tarjeta SIM o la batería pueden resultar en algunas ocasiones demasiado complejas debido a que la orientación de las piezas no está indicada o porque requiere que el usuario haga un esfuerzo importante.

Una necesidad a tener en cuenta es que los dispositivos móviles tienen que poder integrar el software de las ayudas técnicas. Este software deberá ser simple de instalar e idealmente estará conectado mediante alguna de las siguientes tecnologías: Wi-Fi, Bluetooth, infrarrojo, GRPS o cable USB.

El usuario debe tener el control de todas las operaciones llevadas a cabo por el dispositivo. Tiene que estar informado de la necesidad de activar algún protocolo de comunicación y de cuando éstos son desactivados.



### 3.2. Soluciones de accesibilidad implementadas por los sistemas operativos

Tras haber realizado una exposición de las necesidades de los usuarios con respecto al uso de los dispositivos, a continuación profundizaremos en cuanto a las soluciones de accesibilidad que se proponen desde los distintos sistemas operativos.

Para asegurar que la tecnología “mainstream” sea accesible para todos los usuarios, es importante que los dispositivos móviles incorporen ayudas técnicas “de serie” o que exista la posibilidad de descargarlas y utilizarlas. El software de las ayudas técnicas puede englobarse en estos grupos:

- Reconocimiento automático de voz (ASR).
- Joystick, navegación mediante gestos, pad...
- Lectores de pantalla
- Sistema de navegación GPS.
- Magnificadores de pantalla.
- Comunicación alternativa y argumentativa (AAC)

Aún así, la integración de las ayudas técnicas con la interfaz de usuario de los dispositivos móviles, puede ser muy compleja si los componentes de dicha interfaz no contienen información de accesibilidad. El API de accesibilidad es la solución que permite a los componentes de una interfaz informar a la ayuda técnica sobre su rol (botón, etiqueta...), su estado (con el “foco”, oculto...), su valor, etc..



### 3.2.1. Api de accesibilidad de J2ME

Dado que mediante Java podemos crear aplicaciones que corran sobre otros sistemas operativos, que soportan Java, a continuación se detallan las características de accesibilidad que tiene implementado a bajo nivel.

A continuación se realizará una aproximación sobre la implementación de accesibilidad en las versiones de escritorio, para poder entender mejor la adaptación que se ha realizado de esta API en la versión móvil, dado que esta es una versión reducida de la anterior.

*The Java Accessibility API (JAAPI)* es una parte del núcleo de las *Java Foundation Classes (JFC)*. Las JFC son un conjunto de componentes, de interfaces gráficas y servicios diseñados para la simplificación del desarrollo de aplicaciones. Las JAAPI hacen que la información de los componentes de las interfaces gráficas de usuario (*GUI, graphic user interface*) esté disponible para las ayudas técnicas, dando a los usuarios una presentación alternativa y control sobre las aplicaciones Java.

La JAAPI ha estado incluida en las versiones de escritorio desde la versión 1.2 del JDK. Este API se divide en las siguientes categorías:

- Nombrar y vinculación de componentes.
- Crear un Custom Component accesible.
- Interfaces accesibles.

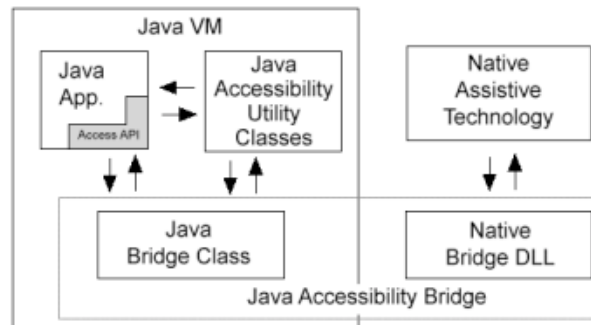
Esta API de accesibilidad ha sido desarrollada para los componentes de *JSE Swing* y no es soportada por la librería gráfica de *Java MicroEdition (J2ME)*.

#### **Útiles de accesibilidad Java**

Los útiles de accesibilidad son un paquete descargable para usar tecnologías asistivas en las aplicaciones Java que corran en una máquina virtual Java. Este paquete provee lo necesario para el soporte de las ayudas técnicas, localizando y consultando los objetos de la interfaz de usuario. También soporta la instalación de detectores (*listeners*) de eventos, en estos objetos. Estos escuchadores/detectores de eventos permiten a los objetos atender a las interacciones que ocurren utilizando el enfoque “peer-to-peer” definido en el modelo de eventos.

Puente de accesibilidad Java a código nativo: Para que las ayudas técnicas disponibles en los sistemas *host* (Windows Mobile, Symbian, Android...), puedan proporcionar acceso a las aplicaciones Java, se necesita algún método que se comunique con la accesibilidad de Java. El puente de accesibilidad Java es el soporte de esta comunicación. Este puente contiene “métodos nativos”. Parte del código para las clases es actualmente suministrado por un archivo DLL en el sistema *host*. La ayuda técnica se ejecuta en el *host*, se comunica con la parte del archivo DLL de la clase puente, y esta se comunica con la máquina virtual de Java. Desde aquí la utilidad de accesibilidad de Java soporta la JAAPI en la interfaz del usuario.

Aquí podemos encontrar un diagrama de como estos componentes trabajan juntos



**Ilustración 1 - Funcionamiento del puente de accesibilidad Java**

Para resumir las anteriores secciones, la accesibilidad en Java en Escritorio está compuesta por 3 importantes bloques. El primero y básico es la JAAPI que nos da la información de las interfaces de usuario (UI) de los componentes Swing para la JVM. Una nueva API de accesibilidad para Java será implementada para J2ME, consiguiendo exponer esta información. En la última librería para JME, LWUIT, se han dado algunos pasos para la implementación desde la base de las JAAPI.

Hay otros dos componentes más que necesitan permitir la comunicación entre la JAAPI y las tecnologías nativas, el puente de accesibilidad Java y las utilidades de accesibilidad Java. Estos componentes deberán ser desarrollados si queremos que las soluciones sean compatibles con las ayudas técnicas existentes.



### 3.2.2. Api de accesibilidad Blackberry

El API de accesibilidad de RIM permite a los desarrolladores crear aplicaciones Blackberry accesibles que intercambian información con tecnologías asistivas, que ayudan a las personas con discapacidad a realizar un uso más completo del dispositivo. Los componentes estándar de la interfaz de usuario de Blackberry dan de manera automática información de accesibilidad a las ayudas técnicas. Si el desarrollador crea elementos propios deberá gestionar la información de accesibilidad utilizando la *Accessibility* API de RIM. Para llevar a cabo la “accesibilización” de un componente propio en Blackberry, se debe implementar la interfaz *AccessibleContext* que representa el mínimo de información que todos los objetos accesibles deben devolver. Esta información incluye nombre, rol, estado del objeto y también información de sus padres e hijos. El *AccessibleContext* también contiene métodos para obtener más datos de accesibilidad específica sobre cierto componente. Si el componente lo soporta, estos métodos devolverán un objeto que implementa una a una las siguientes interfaces:

- **AccessibleText:** el objeto presenta información textual editable en la pantalla. Esta interfaz provee el mecanismo estándar para acceder, mediante una ayuda técnica, a el texto vía sus contenido, atributos y localización espacial. Cualquier objeto que contenga texto editable debe soportar esta interfaz.
- **AccessibleTable:** este objeto presenta información en forma de tabla en la pantalla. Esta interfaz provee el mecanismo estándar para que una ayuda técnica pueda acceder a las columnas y filas de una tabla y a su selección. Cualquier objeto que represente una tabla deber soportar esta interfaz.
- **AccessibleValue:** este objeto soporta valor numérico. Este interfaz provee el mecanismo estándar para que una ayuda técnica pueda determinar y elegir el valor actual de un objeto, también obtener su máximo y mínimo valor. Cualquier objeto que soporte valor numérico debe soportar esta interfaz.



Una ayuda técnica se registra como un escuchador de eventos de accesibilidad. Cuando ocurre un evento de accesibilidad en un componente propio, la aplicación invoca el método `accesibleEventOcurred()` en la ayuda técnica registrada y pasa la información del evento. La ayuda técnica maneja el evento y realiza la acción adecuada, por ejemplo leer el texto o reproducir un sonido.

Para notificar a una ayuda técnica que la interfaz de usuario ha cambiado en una aplicación que usa componentes propios, se manda un aviso con la siguiente información antes y después del evento: el custom UI component, tipo de evento y el valor del custom UI component.

Hay cambios en un elemento de la interfaz de usuario que lanzan una notificación a una ayuda técnica: cambio de posición del cursor, cambio de nombre, cambio de texto, cambio en un componente hijo, cambio en el estado o cambio en el valor numérico.

En cuanto a las ayudas técnicas y valores accesibles que pueden ofrecer los dispositivos con estos sistemas operativos, se encuentran los descritos a continuación (BB7 OS):

- Soluciones para audición: encontramos multitud de soluciones para este campo. Tenemos subtítulo para contenidos multimedia, auriculares con aislamiento acústico que proveen de una reproducción precisa del sonido, BBM (Blackberry Messenger) diseñado como herramienta de mensajería instantánea. Fue el primer sistema que permitía saber exactamente cuando el mensaje ha sido recibido y leído, vibración y notificaciones visuales configurables, soporte de TTY y TDD (telecommunications devices for the deaf). También está desarrollado el Mobile CapTel, el cual permite subtítulo de llamadas de voz. En el dispositivo Blackberry Playbook(tablet) tenemos más opciones, como la video llamada y subtítulo de contenido multimedia soportando Flash y HTML5.
- Soluciones visuales: como ayudas técnicas para la discapacidad visual RIM aporta teclados que permiten escribir con teclas familiares y que se pueden percibir con el tacto, además poseen el teclado identificador 'nib' que provee una forma táctil de encontrar el teclado numérico. Notificaciones asignables que permiten saber exactamente quién está



llamando, enviando un mensaje o e-mail con tonos personalizables y ajustes de vibración. Opciones de escala de grises, diseñado para personas con problemas de diferenciación de colores, pueden convertir todas sus interfaces en escalas de grises. Contraste inverso, cambia los colores de pantalla de oscuro sobre claro a claro sobre oscuro. Marcación por voz, permite realizar llamadas sólo con el sonido de la voz. Marcación rápida, mediante el asignado de un atajo de teclado permite la realización de llamadas. Fuentes personalizables, se permite incrementar el tamaño y el estilo de la tipografía mostrada en el dispositivo. Zoom en navegador, permite aumentar el tamaño de texto e imágenes en contenido web. También Blackberry añade como contenido descargable, el Blackberry Screen Reader, una aplicación diseñada para proveer al usuario de una salida auditiva de la información visual mostrada en la pantalla del dispositivo.

- Soluciones cognitivas: marcación por voz, ajustes de personalización de pantalla para simplificar menús y número de iconos mostrados en la pantalla del dispositivo, asignación de tonos de manera personal permitiendo saber quién se está comunicando con el usuario sin tener que mirar a la pantalla del dispositivo. Para Blackberry Playbook se existe un sistema llamado *TapToTalk*, que permite la comunicación no verbal mediante comunicación alternativa argumentativa (uso de iconos para mostrar acciones, objetos, etc), descargable desde la web de Blackberry.
- Soluciones de habla: las soluciones desarrolladas son tecnología push-delivery, la cual permite que los mensajes de texto sean entregados directamente al smartphone y el usuario sea notificado tan pronto como lleguen. BBM también es una buena herramienta para este colectivo, mediante el uso de la mensajería instantánea, así como la utilización de otras aplicaciones de mensajería. Llamadas vía texto con los servicios de IP-Relay. Soporte de TTY y TTD.
- Soluciones de movilidad: implementación del texto predictivo, que permite experiencias intuitivas y eficientes, combinando los tradicionales teclados de teléfonos con un teclado qwerty con





funcionalidad estándar de predicción de texto. Funcionalidad AutoTexto, que permite reemplazar un texto específico con texto preguardado para simplificar la escritura y minimizar el número de pulsaciones requeridas para escribir un mensaje. Comunicación manos libres, se pueden realizar llamadas mediante accesorios wireless de Blackberry, o con cables, tanto cascos como altavoces. Atajos de teclado y marcación rápida, permite acceder de manera eficiente al dispositivo. Permite el uso de atajos de teclado personalizables para lanzar aplicaciones frecuentes y marcación rápida para llamar a contactos con menor uso de teclas. También se permite el acoplamiento de teclados bluetooth a los dispositivos y están disponibles ciertos accesorios para el acoplamiento de los dispositivos a sillas de ruedas (iGrip).

- Soluciones para mayores: para hacer más fácil el uso de estos dispositivos a personas mayores se han implementado, soluciones de audición, superficies no deslizantes, video-llamadas con BB Playbook y personalización de fuentes.

En las últimas versiones de sistema operativo de RIM (BB10 OS), podemos encontrar grandes pasos en el mundo de la accesibilidad. Mejoras tan importantes como:

- **Accesibilidad de menús:** configuración al gusto del usuario de ajustes, accesos rápidos, magnificado de Blackberry y ajustes de fuente.
- **Blackberry Magnify:** herramienta con capacidad de hacer zoom en cualquier zona de las interfaces de Blackberry.
- **BBM Vídeo:** uso de cámara delantera para conversaciones cara a cara con BBM Vídeo.
- **Control de voz:** realización de acciones en el dispositivo con el uso de la voz. Llamadas, envío de mensajes y más
- **Nuevo teclado:** teclado con auto corrección, predicción de próximas palabras y adiestramiento personalizado que permite aprender el modo de escritura del usuario. Teclado táctil en Z10 y físico en Q10.
- **Fuentes ajustables:** configuración de tamaño de fuente hasta 18pt.



- **Alertas y notificaciones:** personalización de alertas y notificaciones utilizando tonos, vibración, alertas en pantalla o mediante LED.
- **Compatibilidad con ayudas técnicas** para personas con discapacidad auditiva.
- **Opciones de manos libres:** con altavoz integrado en el dispositivo o mediante conexión bluetooth o conexión física a un equipo manos libres.
- **Marcación rápida.**
- **Soporte de llamadas desde teletipo,** TeleTypeWriter (TTY).
- **Teclado identificador 'Nib':** encontrar el teclado numérico sin mirar al BB Q10.

Solución/Discapacidad	Psíquica	Física	Visual	Auditiva
Accesibilidad menú	x	x	x	
BB Magnify			x	
BBM Vídeo	x			x
Control voz	x	x	x	
Teclado	x			x
Fuentes ajustables			x	
Alertas	x		x	x
Compatibilidad AT				x
Manos libres		x	x	
Marcación rápida	x	x	x	
Soporte TTY				x
Nib				x

**Tabla 1 - Cobertura de las ayudas técnicas de Blackberry según el tipo de discapacidad**



### 3.2.3. Api de accesibilidad de iOS

Desde Apple el asunto de la accesibilidad siempre se ha dotado de una gran importancia. Todos sus dispositivos, tanto smartphones, como tablets, como portátiles, han incorporado algún tipo de ayuda técnica. El diseño de interfaces siempre ha estado muy destinado a ser lo más intuitivo posible y se han integrado tecnologías innovadoras para poder potenciar el uso accesible de sus productos.

- **Soluciones para personas con discapacidad visual:** en este apartado mostraremos los productos de accesibilidad incluidos en iOS para personas con problemas de visión. Encontramos entre estos productos, soluciones muy aclamadas entre los usuarios.

- **VoiceOver:** el revolucionario lector de pantalla integrado en los dispositivos de Apple. Está incluido dentro de todos los dispositivos que llevan el sistema operativo y adaptado para el funcionamiento de todas las aplicaciones propias de iOS. La navegación en las interfaces se realiza con el uso de simples gestos, que permiten que el “foco” de la interfaz recorra los elementos, y mediante sonido indica al usuario dónde se encuentra. Mediante una pulsación la pantalla el dispositivo indica en que elemento se encuentra el usuario, con doble pulsación el usuario presiona el objeto tal cómo si lo hiciese utilizando un toque de manera estándar. Se puede utilizar con la pantalla apagada, con el consecuente ahorro de energía que esto conlleva. También se puede utilizar mientras se reproduce música, ya que automáticamente baja el volumen de esta para que el audio de VoiceOver se entienda de manera clara.

Para el método de introducción de datos, VoiceOver repite cada tecla pulsada en el teclado del dispositivo cuando recibe la pulsación y una vez más cuando esta se integra en el cuadro de texto. Ayuda a completar frases con el texto predictivo y con corrección de palabras. También se incluye la opción de escritura por voz.

Contiene un control virtual, llamado rotor. Mediante su modificación (se realiza con el uso de dos dedos), se varia la manera en la que VoiceOver se mueve a través de las páginas web. Se pueden



seleccionar varios modos que son cabeceras, links e imágenes. Así el usuario puede elegir la manera más apropiada en cada momento de la navegación. El movimiento en los documentos, se produce de manera similar. El rotor permite seleccionar entre palabra o carácter. Este rotor es totalmente configurable, incluyendo ajustes en el lenguaje.

Cómo hemos comentado anteriormente, VoiceOver se encuentra integrado en el sistema operativo iOS y funciona en todas las aplicaciones nativas incluyendo el navegador safari, mail, App store, iTunes... Se da la opción a crear custom labels para botones en cualquier aplicación. Facilitando al usuario utilizar otras aplicaciones no nativas.

Las pantallas Braille son totalmente compatibles con los dispositivos iOS. Se pueden sincronizar mediante bluetooth para leer la salida de VoiceOver. Las pantallas Braille que contengan teclado de entrada pueden usarse para controlar el dispositivo iOS mientras que VoiceOver está activado.

VoiceOver incluye de serie hasta 30 lenguajes.

- Speak Selection: los dispositivos iOS incluyen esta herramienta para poder realizar lecturas selectivas de datos. Mediante la selección de un texto en una interfaz del dispositivo y pulsación de un botón, el dispositivo pasa a voz el texto mencionado. Es configurable, se puede ajustar el dialecto y velocidad del habla.
- Siri: es el innovador asistente inteligente de apple. Ayuda en la realización de tareas diarias. Funciona de manera similar a un asistente humano. Se le realizan preguntas o indican acciones y Siri contesta o interactúa, realizando llamadas, mandando mensajes, apuntando eventos en el calendario... Siri está integrado con VoiceOver.
- Dictado: mediante el uso del botón con forma de micrófono que tiene el teclado, se puede realizar escritura por voz.
- Zoom: los dispositivos iOS tienen integrado de manera nativa un magnificador de pantalla, que permite aumentar los elementos de la



interfaz hasta un 500%. Mediante doble pulsación de 3 dedos en la pantalla o pad. Cuando la interfaz está en el modo zoom, se puede navegar a través de ella con los gestos habituales. El zoom está integrado con VoiceOver así que la navegación seguirá siendo narrada por este.

- Ajustes de texto: el tamaño de fuente puede ser aumentado en todas las aplicaciones iOS hasta 56 pts. Cuando se aumenta el tamaño de fuente, todos los textos del SO se ven aumentados al tamaño elegido, tanto en alertas, como en el calendario, mail, etc.
- Inversión de colores: para obtener un contraste más alto que ayude a algunos usuarios a visionar mejor los textos e iconos, iOS provee de una herramienta que permite invertir los colores de pantalla. Esta preferencia se hace para todos los elementos del dispositivo, es decir un vídeo se verá con la misma gama de colores invertidos.
- **Soluciones para personas con discapacidad auditiva**: iOS implementa una gran variedad de herramientas para los usuarios con problemas auditivos:
  - FaceTime: video-llamadas que permiten a los usuarios realizar la comunicación utilizando más de un sentido. Captura de alta calidad de cada gesto y expresión facial, gracias a la calidad de video y alto ratio de frames, es ideal para la comunicación mediante gestos.
  - Subtitulado: el usuario puede realizar visionado de películas, programas de Tv, etc con subtitulado en pantalla. El texto se muestra en una manera cómoda para la lectura, texto blanco sobre negro. Los subtítulos se pueden descargar desde iTunes.
  - Mensajes con iMessage: aplicación de mensajería instantánea de Apple. Ofrece mensajes ilimitados en los dispositivos iOS, también con envíos de contenido multimedia.
  - Mono audio: los dispositivos iOS permiten el cambio de audio estéreo a audio mono, para que no se pierda ningún contenido de audio en las personas que sólo disponen de un oído para escuchar.



- Alertas vibratorias y visibles: se notifica al usuario utilizando alertas sensoriales, vibratorias, visuales, notificaciones en pantalla o con iluminación del LED. Todas estas características son ajustables.
- Ayudas para audición: iOS está trabajando con los principales fabricantes para introducir ayudas técnicas especializadas en audición.
- **Soluciones para personas con discapacidades físicas**: las innovaciones de las tecnologías iOS con las pantallas multi-touch, proporcionan un gran valor de accesibilidad a los usuarios con problemas motores a los cuales les es muy difícil realizar pulsaciones o gestos:
  - AssistiveTouch: esta herramienta permite adaptar el *multi-touch* del dispositivo a las necesidades físicas del usuario. Se pueden crear gestos propios para sustituir los eventos proporcionados por el sistema, haciendo que el control del dispositivo sea lo más aproximado a los gustos y necesidades del usuario.
  - Siri: también se muestra como una gran herramienta para este tipo de usuarios, ya que al estar controlado por voz no interfiere en el uso físico del dispositivo.
  - Dictado: la utilidad de dictado, integrada en el teclado del dispositivo, resulta muy útil para estos usuarios.
  - Atajos de teclado: el usuario puede crear atajos mediante voz y así realizar de manera más rápida sucesiones de acciones mediante la palabra escogida como atajo.



- **Soluciones para personas con discapacidad cognitiva:** los dispositivos iOS también pueden ser utilizados para el aprendizaje, así que pueden ser un gran aporte en las vidas de personas con deficiencias en la atención o otros problemas de cognitivos de aprendizaje:
  - Guided Access: ayuda a personas con autismo o otros problemas de atención, a estar enfocados en la tarea que tienen que están desempeñando. Con Guided Access, un padre, profesor o terapeuta puede limitar el dispositivo deshabilitando el botón Home y restringiendo la entrada táctil de ciertas áreas de la pantalla.
  - Speak Selection: muy útil para personas que padecen dislexia. La ayuda técnica permite obtener una lectura de un texto seleccionado en pantalla.
  - Diccionario: integrado en los dispositivos iOS. Provee un acceso rápido a definiciones y frases útiles para ayudar con pronunciación y gramática.
  - Safari Reader: para algunos usuarios, navegar por la web puede ser una sobrecarga sensorial. Safari Reader reduce el contenido visual eliminando distracciones. Se deshace de anuncios, botones, y barras de navegación, para que el usuario sólo pueda fijarse en el contenido. Integrado con Speak Selection y VoiceOver.

Con la llegada de iOS 9 se han producido algunas mejoras en la accesibilidad del sistema operativo de Apple. Encontramos las siguientes:

- Búsqueda de opciones de accesibilidad: ahora se permite acceder a las opciones de accesibilidad a través de Siri.
- Activación de Siri mediante voz: con iOS 9 se incluye la posibilidad de activar Siri mediante el comando de voz “Ey, Siri”.
- Shortcuts en iPad: los desarrolladores pueden activar atajos de teclado en la versión iPad de las aplicaciones.
- Voces de VoiceOver: los usuarios ahora tienen la posibilidad de cambiar las voces de VoiceOver.



- Velocidad de habla en VoiceOver: se permite a los usuarios aumentar aún más, que en versiones anteriores, la velocidad de habla de VoiceOver.
- Opción deshacer agitando el dispositivo: agitando el dispositivo podemos deshacer la última opción de escritura realizada. Configurable en los ajustes.

También merece una especial mención el nuevo dispositivo de Apple, Apple Watch, el cual también incluye unas opciones de accesibilidad muy interesantes:

- VoiceOver integrado: el lector de pantalla de Apple está integrado en su versión watch.
- Ajuste de fuente: el tamaño de fuente puede ser ajustado al gusto del usuario en el Apple watch.
- Zoom: que permite a los usuarios aumentar el tamaño de las distintas interfaces.
- Escala de grises: cambia la visualización de los elementos de las interfaces a escala de grises, lo cual beneficiará a los usuarios con problemas visuales.
- Reducción de transparencia: consiguiendo un mejor contraste en las interfaces.
- Etiquetas On/Off: clarifica el estado de los elementos mediante un label extra que indica si una opción está activada o no.
- Notificaciones hápticas: mediante la vibración del dispositivo indicaremos al usuario que ciertas acciones están ocurriendo.





Solución/Discapacidad	Psíquica	Física	Visual	Auditiva
VoiceOver	x		x	
Speak Selection			x	
Siri	x	x	x	
Dictado		x	x	
Zoom			x	
Ajustes texto			x	
Inversión color			x	
FaceTime	x	X		x
Subtitulado	x			x
iMessage				x
Mono audio				x
Alertas				x
Assistive Touch		x		
Atajos de teclado		x		
Guided Access	x			
Safari Reader	x		x	
Diccionario	x			

**Tabla 2 - Cobertura de las ayudas técnicas proporcionadas por iOS según el tipo de discapacidad**



### 3.2.4. Api de accesibilidad de Android

El sistema operativo Android provee accesibilidad y servicios para ayudar a los usuarios con discapacidad a navegar de manera más sencilla por sus dispositivos y así poder utilizarlos de una manera cómoda y eficiente. Incluye text-to-speech, feedback háptico, y navegación gestual, con trackball y pad direccional. Los desarrolladores utilizar estas ayudas técnicas para crear sus aplicaciones accesibles.

Android permite crear servicios de accesibilidad propios, los cuales pueden ofrecer características de usabilidad como: feedback físico o auditivo y modos de navegación alternativos. El acceso a dichos servicios es de manera global o particular para una aplicación.

En las versiones más primitivas no se incluyó ningún tipo de implementación para accesibilidad. Pasado algún tiempo, la necesidad de dotar al sistema operativo de accesibilidad se hizo patente, por lo que se creó el Eyesfree Project, donde se desarrollan y mejoran las herramientas de accesibilidad para Android. Entre los proyectos más importantes de Eyesfree encontramos el motor de Text-to-speech picoTTS, el lector de pantallas Talkback o WalkyTalky, todos en código abierto.

Hasta la versión 1.6 no podemos encontrar un API de accesibilidad. En esta primera versión podemos ver varias clases que están relacionadas con servicios de accesibilidad y componentes. De ahí en adelante, todos los componentes nativos de interfaz de Android (View) incluyen un manejador de eventos de accesibilidad. De esta forma, cualquier interfaz que contenga elementos nativos de Android, será accesible.

A continuación se enumeran las ayudas técnicas que Android incluye por defecto:

- **Text-to-speech:** síntesis de voz. Permite transformar el texto a audio. Se implementó por primera vez en la versión 1.5, pero en la 2.2 se empezó a integrar la posibilidad de cambiar el motor de voz (TTS engine). Las versiones anteriores incorporan por defecto el TTSEngine PicoTTS. En ICS (4.0), se implementa Google TTS. Se encuentran excepciones como por ejemplo Samsung, que



proporciona su propio motor de voz. Además de estas opciones, también se pueden instalar otros TTS Engine: con servicio en la nube o local, de código abierto, gratuitos o de pago. Con lo que las posibilidades de configuración son numerosas. Estos motores de síntesis de voz tienen varios parámetros de configuración como: el idioma, el tipo de voz, el rate (velocidad de lectura) y el pitch (tono de voz). Para implementar un desarrollo con TTS, hay que instanciar a la clase Text-to-speech abstrayéndose del TTS Engine que esté seleccionado por defecto.

- **Explore by Touch**: permite generar eventos de accesibilidad según la posición del evento táctil en distintas localizaciones de la pantalla. Estos eventos pueden ser escuchados por un lector de pantalla que reproduce la información de accesibilidad proporcionada por los componentes de la interfaz. Fue incorporado por primera vez en la versión 4.0 ICS. A partir de la versión 4.1 (Jelly Bean), la mejora de Explore by Touch ha permitido la navegación lineal mediante gestos. Es algo similar a utilizar el pad direccional de serie de Android. Se han implementado 16 gestos distintos, 4 básicos para navegación en interfaces (arriba, abajo, izquierda y derecha). Los otros 12 son combinaciones de los 4 básicos como: volver atrás, home o abrir apps recientes. Para que una aplicación sea compatible con la navegación gestual, es necesario añadir eventos de entrada en la declaración de la accesibilidad del componente.
- **Talkback**: servicio de accesibilidad oficial de Google. Es el lector de pantalla más utilizado en la plataforma. Existen distintas versiones dependiendo del sistema operativo utilizado:
  - **Antes de 4.0 (ICS)**: lector primitivo, con menos opciones de configuración y muy enfocado a la lectura de componentes mediante la navegación direccional.
  - **Desde de 4.0**: a partir de esta versión se incluye el lector Talkback integrado en el dispositivo. Deja de ser un lector de pantalla para convertirse en un servicio de accesibilidad que proporciona un feedback de todo tipo. Escucha eventos de



“onHover” generados al tener activo el modo de exploración táctil. Respecto a anteriores versiones se encuentra un mayor número de parámetros a configurar como modificar el nivel de volumen de Talkback o el feedback vibratorio.

- Kickback: servicio de accesibilidad oficial de Google. Provee un feedback vibratorio cuando sucede un evento en el dispositivo, como por ejemplo desbloquear la pantalla o un cambio de foco en la interfaz. A partir de la versión 4.0 de Android, Kickback está integrado en Talkback.
- Soundback: servicio de accesibilidad oficial de Google. Provee un sonido cuando se realiza una acción sobre el dispositivo, como hacer click en un elemento o mover la selección de los elementos. Integrado en Talkback desde la versión 4.0 de Android.
- EyesFree Keyboard: método de entrada de texto que incluye, a través de un controlador direccional, la posibilidad de navegar en las interfaces de las aplicaciones del dispositivo. Su uso es frecuente junto a un lector de pantalla por lo que está totalmente integrado con Talkback. El teclado se puede explorar mediante el rastreo de las teclas con el dedo, dando la posibilidad de utilizar un método de entrada a personas con discapacidad visual.
- BrailleBack: aplicación desarrollada por EyesFree, que permite la conexión de un dispositivo externo de Braille, con el que se puede navegar en las interfaces e introducir texto.

Con la llegada de Android 5, se han incluido nuevas mejoras en la accesibilidad de Android::

- Switch Access: permite configurar los botones físicos del dispositivo para realizar ciertas tareas, haciendo que el usuario tenga un mejor experiencia de navegación con el dispositivo. Es compatible con TalkBack.
- Captions: se permite mostrar subtítulos en los vídeos, adaptados a ciertos parámetros incluidos en esta opción, como color de texto y tamaño de fuente.



- Magnification Gestures: mediante gestos el usuario puede ampliar las pantallas de las distintas interfaces del sistema operativo. Para activarlo se usa el tripe tap en cualquier aplicación instalada en el dispositivo. Y después mediante el gesto de arrastrar con dos dedos, se realiza la ampliación o reducción de los elementos en pantalla.
- Large text: aumenta el tamaño del texto en las interfaces de usuario.
- High contrast text: permite seleccionar texto en alto contraste, haciendo más fácil la lectura del texto a usuarios con discapacidad visual.
- Auto Rotate Screen: permite que la pantalla rote a modo landscape cuando el usuario lo necesite. Desgraciadamente no todas las aplicaciones soportan este modo de visualización.
- Speak password: cuando está activado, lee los campos EditText indicados como una contraseña en su atributo inputType.
- Accessibility shortcut: permite a los usuarios activar o desactivar, de manera rápida, las opciones de accesibilidad.
- Text to speech: los usuarios ahora pueden configurar cualquier motor de text to speech en su dispositivo, por defecto encontrarán el de Google.
- Touch and Hold delays: para los usuarios que experimentan problemas con la destreza, se permite configurar el tiempo de retraso para la pulsación prolongada.
- Color inversion: facilita a los usuarios la inversión de color de fondo con el color del texto, muy enfocado para personas con discapacidad visual.
- Color correction: permite corrección de color para usuarios que tienen problemas con la distinción de colores, como por ejemplo rojo-verde (Deuteronomalía o Protanomalía) y azul-amarillo (Tritanomalía)

También merece una especial mención la accesibilidad implementada en Android Wear 5.1.1, aunque aún el desarrollo está en una fase muy primitiva: De momento sólo se encuentra la opción de lupa, con la cual, los usuarios pueden aumentar el tamaño de la interfaz realizando tres toques sobre la pantalla de cualquier aplicación. De todas maneras con el potencial de Android Wear pronto aparecerán mejoras de accesibilidad importantes.



Solución/Discapacidad	Psíquica	Física	Visual	Auditiva
Text to speech	x		x	
Explore by touch			x	
Talkback	x		x	
Kickback				x
Soundback			x	
Eyesfree keyboard	x	x	x	x
Brailleback			x	
Switch Access		x	x	
Captions			x	
Magnification Gestures			x	
Large Text			x	
High Contrast Text			x	
Auto Rotate Screen	x	x		
Speak password			x	
Accessibility Shortcut	x	x	x	x
Touch and Hold delay	x	x		
Color Correction			x	
Color Inversion			x	

**Tabla 3 - Cobertura de las ayudas técnicas proporcionadas por Android según el tipo de discapacidad**



### 3.2.5. Api de accesibilidad en Windows Phone

Parece que con un poco de demora, Microsoft se ha unido a la mejora de accesibilidad de sus dispositivos. En anteriores versiones había dejado mucho que desear para los usuarios con discapacidad y las críticas fueron muy duras.

Entre las características de accesibilidad que encontramos en los dispositivos Windows Phone, podemos encontrar:

- Esquema visual del dispositivo: se puede configurar el tema y combinación de colores en los terminales, junto con una configuración del brillo, todo ello con la finalidad de obtener un contraste ajustado para personas con problemas de visión. En detalle, se pueden configurar el color de fondo y el color de énfasis, de foco. Con este ajuste, todas las interfaces del teléfono quedan configuradas, pero en el momento que se introduzca una aplicación externa a Windows y personalice alguno de los elementos, dejarán de visualizarse con el ajuste de contraste y color elegido.
- Magnificador de pantallas: permite aumentar el tamaño de los elementos de la pantalla del terminal y está controlado mediante gestos.
- Tamaño de letra: se permiten 5 tamaños por defecto para el texto. Así el usuario puede elegir el más apropiado para su correcta visualización. Cabe destacar que este ajuste sólo se presenta en las aplicaciones propias de sistema.
- Ayudas para personas con discapacidad auditiva: Windows deja a elección a los fabricantes de los terminales estas opciones, lo que quiere decir que no implementa ningún tipo de software para ello.
- Soporte de TTY/TDD: si el terminal soporta esta característica, el sistema operativo tiene software compatible para poder realizar este tipo de comunicación.
- Control mediante voz: el sistema operativo incluye una herramienta que permite realizar llamadas, enviar mensajes y distintas acciones mediante la voz. Las ordenes son bastante concretas y el número de ordenes es bastante limitado. Como opción accesible para personas



con discapacidad visual o física, se podrían incluir la realización de llamadas mediante voz, escritura de SMS, abrir aplicaciones y búsquedas en la web.

- Método de entrada: el teclado de Windows sólo incluye la opción de teclado predictivo entre sus opciones de accesibilidad.
- Sonidos configurables: permite el ajuste de ciertos tonos para contactos.
- Conexión con dispositivos: permite la conexión con accesorios bluetooth.
- Creación de accesos rápidos.

Como se puede apreciar por la cantidad y calidad de las ayudas accesibles que Microsoft ofrece en sus terminales, la accesibilidad no está muy implementada en este sistema operativo. Las últimas noticias comentan que Microsoft ha vuelto a ponerse con este asunto para no quedarse atrás con respecto a sus competidores, pero el camino es largo.

Con la aparición de Windows 8, las mejoras en accesibilidad implementadas por Microsoft han sido de una relevancia importante.

La inclusión de dispositivos táctiles con este sistema operativo es una de las características esenciales. Las opciones de accesibilidad se encuentran de manera simple utilizando un botón localizado en la esquina de abajo a la izquierda de la pantalla o mediante la utilización del comando Windows+U.

También se ha introducido Narrator. Es el lector de pantalla de Windows 8. Lee el texto de pantalla, reproduce mensajes de error y eventos. Se ha rediseñado en Windows 8 para aumentar su velocidad de respuesta de una manera importante y con más prestaciones. Otra de sus características a destacar es su sencilla activación. En los dispositivos táctiles se activa de manera rápida realizando presión en el botón del logo de Windows y volumen arriba. Se pueden seleccionar distintas voces, cambiar la velocidad del habla, crear comandos de teclado personalizados y especificar otras preferencias para adaptarse más al usuario.

Otra novedad es el magnificador de pantalla que permite agrandar ciertas zonas mediante la selección de éstas. Se puede controlar desde los bordes de la pantalla en los dispositivos táctiles y se puede activar igual que el lector de





pantalla. Se ha demostrado por parte de la compañía la relevancia de hacer que las opciones de accesibilidad sean de fácil acceso para el usuario.

También se encuentra, como toda una revolución, la facilidad de llegar a la página de configuración de interfaces “Ease of Access”. En esta pantalla de configuración los usuarios podrán activar modos de alto contraste, aumentar todos los elementos de la pantalla, incluyendo el tamaño de cursor y se podrá configurar las notificaciones. También se proporciona la opción de activar y desactivar todas las ayudas técnicas, como Narrator, Magnifier, teclado en pantalla... y multitud de opciones más que pueden encontrarse en esta pantalla, haciendo que el dispositivo se adapte de una manera muy eficiente al usuario. Por último, una pequeña mención a otra mejora implementada: el reconocedor de habla.

De esta forma, se puede asegurar que el paso que se ha dado en la accesibilidad de Windows 8 es muy grande en comparación con la poca accesibilidad implementada para versiones anteriores como Windows phone.

Solución/Discapacidad	Psíquica	Física	Visual	Auditiva
Esquema visual configurable			x	
Magnificador de pantalla	x	x	x	
Tamaño fuente	x		x	
Ayudas a discapacitados auditivos				x
TTY / TDD				x
Control por voz	x	x	x	
Método de entrada	x	x	x	x
Sonidos configurables	x		x	
Conexión a ATs	x	x	x	x
Accesos rápidos	x	x		
Narrator			x	

**Tabla 4 - Cobertura de las ayudas técnicas proporcionadas por Windows según el tipo de discapacidad**

## 4. Apis de accesibilidad, herramientas desarrolladas por terceros.

Dado que las soluciones de accesibilidad son muy variadas y concretas, las plataformas encuentran dificultades para proveer herramientas adaptadas a todos los tipos de discapacidad. Como se demuestra, estas necesidades están recibiendo soluciones desarrolladas por empresas o colectivos ajenos que utilizan la tecnología de plataformas de smartphones como pasarela a implementar una solución de accesibilidad. Conociendo estas soluciones de terceros y adaptándolas a proyectos, conseguimos que muchos más usuarios puedan utilizar nuestras aplicaciones de manera fácil y sencilla. En este apartado, vamos a hablar de algunos ejemplos que sería muy interesante tener en cuenta en el desarrollo de una app, con la finalidad de realizar un diseño y una funcionalidad hacia un conjunto de usuarios más amplio.

- Tecla Access: es un conjunto de herramientas muy enfocadas a usuarios con discapacidad motriz. El uso de estas funcionalidades hará que los usuarios puedan utilizar las interfaces propias del dispositivo de manera más simple y cercana a sus posibilidades motoras. El desarrollo de estas herramientas se ha llevado a cabo para las plataformas iOS y Android. Mediante el uso de una aplicación en el móvil y un pequeño dispositivo externo wireless (Tecla Shield OS) se consigue que usuarios en silla de ruedas puedan utilizar sus dispositivos con la voz, mediante pulsaciones simples en la pantalla o incluso con sus propios controles de la silla.

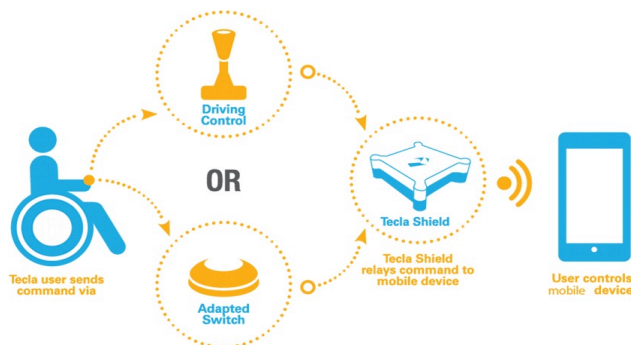
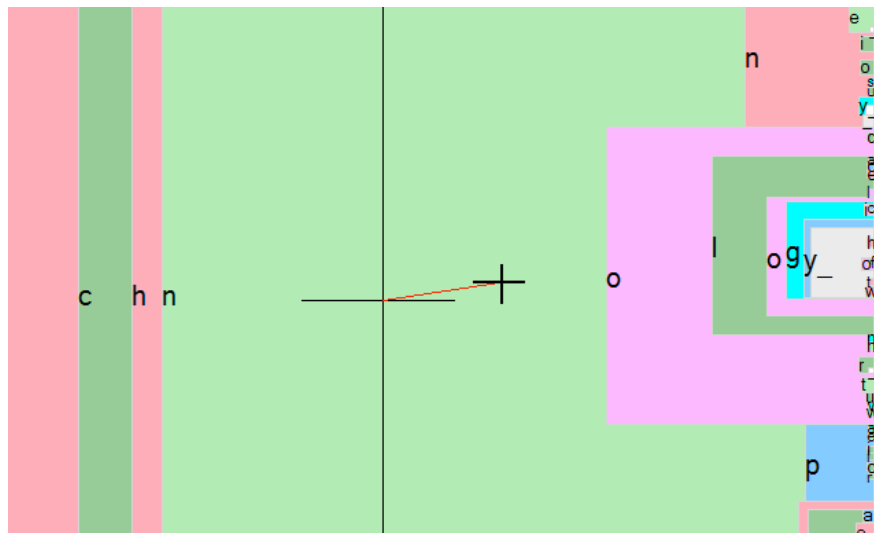


Ilustración 2 - Diagrama de funcionamiento de Tecla

Actualmente se encuentra a la venta el dispositivo Shield por 350\$. El proyecto Tecla también incluye un API, que mediante su inclusión en los proyectos de aplicaciones de dispositivos móviles, ayuda a que ciertos componentes sean accesibles cuando no lo son de manera nativa. Esto ayudará tanto a la compatibilidad del dispositivo propio, Shield, cómo a las ayudas técnicas implementadas por las plataformas (p.e. VoiceOver o Talkback). En la propia página web del proyecto, se incluyen una guías que explican en detalle en qué puede ayudarnos la inclusión de esta librería, cómo integrarla en nuestra aplicación y cómo utilizarla en caso de que necesitemos implementar otro tipo de eventos de accesibilidad. Incluso se deja abierto un apartado para poder entender el funcionamiento de Shield e integrarlo en otra plataforma que no sea iOS o Android.

- **Dasher:** es un método de entrada de texto enfocado a personas con discapacidad física o movilidad reducida. Esta solución se ha implementado tanto para escritorio como para dispositivos móviles con Android e iOS.



**Ilustración 3 - Pantalla de introducción de text de Dasher**

El punto fuerte de esta aplicación reside en la cantidad de modalidades que puede utilizar el usuario para poder escribir en su dispositivo. Dasher se ejecuta cuando se interacciona en los campos de texto editables de las interfaces. Se lanza la pantalla de Dasher, y en ella podemos ver que mediante un cursor iremos recorriendo las



letras, creando palabras. El movimiento de este cursor se puede configurar para que pueda ser efectuado mediante varios métodos, como por ejemplo el acelerómetro del teléfono, pulsaciones en la pantalla o la conexión de un dispositivo externo. Las letras van apareciendo en base a la estadística que se genera con el resto de letras introducidas anteriormente, haciendo que con un poco de práctica, el usuario pueda utilizar la aplicación de manera rápida y permitiendo la introducción de texto en el dispositivo de manera fluida y eficaz. Esta desarrollado en una gran cantidad de lenguajes y es ampliamente configurable, desde tipos de letra, colores, velocidad de desplazamiento, métodos de desplazamiento, etc.

Puede que esta herramienta no influya demasiado en el proceso del programador, pero no está de más realizar una prueba utilizando Dasher, para comprobar que el cuadro de texto se visiona de manera correcta cuando se introduce texto a través de la app.

- LWUIT Accessibility work for Java ME : J2ME parece una herramienta casi olvidada con la aparición de sus competidores en smartphones (Android, iOS, Windows phone, etc). Pero hemos de tener en cuenta que sigue siendo una tecnología muy utilizada, sobre todo en países en vías de desarrollo, dónde los usuarios no pueden costearse smartphones de precio elevado. Los móviles que soportan J2ME, aún quedando un poco obsoletos en su base hardware, siguen teniendo una importante cuota de mercado en el mundo e ignorar las tecnologías accesibles que se han desarrollado en J2ME sería un error.

Oracle, junto a otras empresas (cómo la Fundación Vodafone, en la que formé parte de este proyecto), ha desarrollado un trabajo muy importante en la implementación de la accesibilidad para J2ME. Utilizando la última librería gráfica de esta plataforma (LWUIT), ha creado unas ayudas técnicas que no tienen nada que envidiar en funcionalidad, con las de otras plataformas.

Entre las herramientas y ayudas técnicas desarrolladas en este proyecto se pueden destacar varias:



- **Inclusión de la especificación ARIA (W3C)**, con la que se consigue que los componentes de la librería gráfica de LWUIT, envíen información de accesibilidad de los componentes (tags tales como nombre del componente, contenido, estado...).
- **Bus de accesibilidad** que transmitirá esta información de accesibilidad a las ayudas técnicas.
- **Mobile Monkey**, que por simplificar su funcionamiento diremos que es un lector de interfaces. Crea una estructura de árbol en la que muestra toda la interfaz de una pantalla en formato texto y la envía como un evento de accesibilidad, permitiendo mediante una ayuda técnica que se pueda realizar un barrido de pantalla y también informando de si se producen cambios en las propiedades de los componentes en tiempo real.
- **LWUIT themes**, temas accesibles que se pueden adherir a cualquier aplicación desarrollada en LWUIT. Con ello conseguimos modificar las interfaces adaptándolas a las necesidades de usuarios con problemas de visión, mediante configuraciones distintas de tamaño de letra, color de tipografía y de fondo de pantalla.
- **Screen reader**, implementación de una aplicación que se puede añadir a cualquier otra y permite, mediante la recepción de eventos de accesibilidad enviados por el Bus de accesibilidad y de Monkey, traducir las interfaces a sonido. Es más precario que sus equivalentes Talkback en Android o VoiceOver en iOS, pero se puede decir que es el único lector de pantalla implementado en esta plataforma.
- **Accessibility resource editor**, para la creación de las interfaces en LWUIT, se puede utilizar una herramienta, llamada Resource Editor, que permite crearlas de manera gráfica, simple (mediante drag and drop) y rápida. Esta herramienta se desarrolló de manera comercial, sin tener



como objetivo la creación de aplicaciones accesibles. En este proyecto se realizó una mejora sobre esta herramienta, permitiendo a los desarrolladores incluir la información de accesibilidad y también informando a éstos qué errores de accesibilidad están cometiendo en la creación de las interfaces.

Como se puede ver en este apartado, existen multitud de herramientas para la plataforma J2ME que pueden ser añadidas a las futuras aplicaciones, y que potencian su faceta accesible de manera importante. Como dato queda decir, que la gama baja de móviles Nokia (S40 Asha), trabaja con LWUIT, y las ventas de estos dispositivos en Sudamérica y Asia crecen de manera exponencial.

- Cloud4All: es un proyecto europeo en el que pretende preparar la inclusión de las personas con discapacidad en la nube. Su campo de acción es muy amplio y abarca gran cantidad de tipos de tecnologías. Pero centrándonos en el campo de las tecnologías móviles encontramos un proyecto muy interesante, que cuando llegue a su finalización, tendrá como objetivo dar recursos de accesibilidad a cualquier tipo de terminal mediante la introducción de un perfil en el dispositivo. Es decir, el usuario tendrá un perfil creado en la nube el cual contendrá sus características de discapacidad. Cuando un dispositivo, se conecte a internet y el usuario introduzca su perfil, el dispositivo se conectará a la nube, obtendrá el perfil del usuario e instalará y configurará el teléfono con todas las ayudas técnicas y ajustes que el usuario necesite para realizar un uso cotidiano del dispositivo. Es un proyecto con mucho potencial que aún está en desarrollo y en el que colaboran diversas entidades y universidades europeas, entre las cuales destacamos varios colaboradores y partners como Technosite (lidera el proyecto), Fundación ONCE y Fundación Vodafone España.



- MIS Tool: es una herramienta de escritorio enfocada de manera principal a desarrolladores de aplicaciones móviles. Provee de una simulación de los problemas más comunes entre personas con discapacidad visual. Implementa las siguientes simulaciones:
  - Entorno físico: reflexiones de luz ( estática o dinámica ), oclusión de dedo...
  - Discapacidades visuales: visión túnel, visión borrosa, ceguera visual, degeneración macular, extrema sensibilidad a la luz.

En comparación con los portátiles, que en su mayoría son utilizados en interiores, los dispositivos móviles, se utilizan en una gran diversidad de espacios. Esta herramienta ayuda mediante un gran número de parámetros de configuración, a imitar estas eventualidades y proveer al desarrollador de más herramientas para crear sus interfaces. De esta forma, se pueden visualizar de manera más sencilla para personas con distintas discapacidades y en distintos entornos.

El simulador básicamente, nos permite poner estos filtros con las configuraciones seleccionadas, encima de los emuladores de los dispositivos, recreando una situación de visualización compleja para un usuario. Está desarrollado sólo para Mac OS X y es de código abierto. Desarrollado por CVUT para el proyecto Accesible.



## 5. Guías para desarrollo de aplicaciones accesibles

Conociendo todas las herramientas de accesibilidad que nos proporcionan los sistemas operativos de las distintas plataformas móviles, pasamos a mostrar las guías que los desarrolladores deben seguir para crear aplicaciones accesibles. Es relevante remarcar que estas guías son recomendaciones y se entiende que por requisitos de interfaz o funcionalidad de la aplicación, no todas puedan ser implementadas en su totalidad, pero siempre hay que tener en cuenta que cuantos más puntos se cubran, más accesible será la aplicación y a más usuarios se podrá dirigir la aplicación.

Cómo recomendaciones generales que se extienden a todas las plataformas encontramos que hay tres componentes básicos que deben ser cubiertos por cualquier API para integrar accesibilidad en cualquier componente que se dibuje en pantalla.

- Identificación de control: información sobre lo que es un componente. Ejemplo: la identificación de un componente podría ser “Soy un botón”.
- Identificación de papel: estos datos identifican la funcionalidad del componente. Ejemplo: “Trabajo como un cuadro de texto”
- Valor: provee el valor del papel asociado. Ejemplo: valor de una barra de desplazamiento (Slider), puede ser 30.

También no se puede dejar pasar otros aspectos:

- Navegación a través de la aplicación: el usuario debe de poder recorrer todos los elementos de la app con el foco, el desarrollador no debe dejar elementos de interfaz no accesibles a la navegación.
- Tamaños de fuente: siempre que la plataforma no proporcione un control del tamaño de fuente de las interfaces, el desarrollador debe proporcionar un ajuste en la aplicación que permita modificar dicho tamaño.
- Colores de fondo y fuente: como en el caso anterior, si la plataforma no provee de los ajustes necesarios para realizar el cambio de colores, el desarrollador debe incluir una opción de ajuste que permita modificar dichos colores, ofreciendo al usuario un buen contraste en las interfaces.





Teniendo siempre en cuenta estas recomendaciones , se muestra las recomendaciones para implementar accesibilidad en las distintas plataformas:

### 5.1. Guías de accesibilidad para iOS

iOS 3.0 y posteriores contiene la *UI Accessibility programming* interface, la cual es una API ligera que ayuda a una aplicación a proveer toda la información necesaria para que las ayudas técnicas puedan describir la interfaz de usuario y ayudar a las personas con discapacidad a utilizar la aplicación. El *UI Accessibility programming* interface es parte del UIKit y está implementado en los controles estándar de UIKit y en los Views por defecto. Esto significa que cuando utilizamos controles estándar para views, mucho del trabajo que el programador tiene que realizar para que la aplicación sea accesible, ya está hecho. Dependiendo del nivel de personalización de la aplicación, hacerla accesible puede ser tan simple como proveer una precisa descripción de los elementos de la interfaz accesible.

El SDK iOS también provee de herramientas para hacer una aplicación accesible:

- **Constructor de interfaces:** que permite una manera fácil de incluir la información de accesibilidad mientras se crean los archivos 'nib'.
- **Inspector de accesibilidad:** muestra la información de accesibilidad embebida en las interfaces y permite verificar esta información cuando se ejecuta la aplicación en el simulador.

Además, siempre se puede utilizar VoiceOver para testear la accesibilidad de una aplicación.

#### UI Accessibility Programming Interface

La *UI Accessibility Programming* Interface consiste en 2 protocolos informales, una clase, una función y un pequeño grupo de constantes:

- UIAccessibility: protocolo informal. Los objetos que implementan el *UIAccessibility*, reportan su estado de accesibilidad y suministran información descriptiva sobre si mismos. Los controles estándar de UIKit y los view que implementan *UI Accessibility* por defecto, cumplen esta afirmación.
- UIAccessibilityContainer: protocolo informal. Este protocolo permite a una subclase de *UIView* hacer que alguno o todos sus objetos sean



accesibles de manera separada. Esto es muy útil cuando los objetos contenidos en dicho view no son subclases de UIView y por esta razón automáticamente no son accesibles.

- UIAccessibilityElement: clase. Esta clase define un objeto que puede ser devuelto a través del protocolo UIAccessibilityContainer. Se puede crear una instancia de UIAccessibilityElement para representar un ítem que no es automáticamente accesible, por ejemplo, un objeto que no hereda de UIView.
- UIAccessibilityConstants.h: archivo de cabecera. Este archivo define las constantes que describen el trato que un elemento accesible puede mostrar y las notificaciones que una aplicación puede enviar.

### **Accessibility Attributes**

Los atributos que describen un elemento de una interfaz de usuario accesible constituyen el núcleo de la API de accesibilidad de la interfaz de usuario. VoiceOver suministra información a los usuarios cuando ellos acceden o interaccionan con un control o view.

Los atributos son también componentes de la programación de interfaces. Estos atributos encapsulan la información que diferencia un control o un view de otro. Para los controles estándar de UIKit, sólo hay que asegurarse de que la información por defecto de los atributos, es apropiada para la aplicación. Para controles y views propios, deberá suministrarse la mayoría de información de los atributos.

La UI Accessibility Programming interface define los siguientes atributos:

- Label: palabra o frase corta, describe el control o view, pero no identifica el tipo de elemento.
- Traits: combinación de uno o más traits individuales, cada uno describe un aspecto singular de el estado del elemento, comportamiento y uso.
- Hint: frase que describe el resultado de la acción de un elemento.
- Frame: en coordenadas de pantalla, dado por la estructura CGRect que especifica la localización y el tamaño de un elemento.
- Value: el valor actual de un elemento, cuando el valor no está representado por el Label.



Los elementos accesibles tienen contenido para los atributos, tanto sea por defecto como dado por el programador. Un elemento accesible siempre provee contenido de atributos de frame y label. El atributo frame es requerido porque en un elemento accesible siempre debe ser capaz de reportar su posición en la interfaz de usuario. El atributo label es requerido ya que contiene el nombre o la descripción de accesibilidad que el VoiceOver transmitirá al usuario.

Un elemento accesible no requiere contenido de hint y trait, estos atributos no aplican al elemento. Por ejemplo, un elemento que no realiza una acción, no necesita tener hint.

Un elemento accesible provee información para el valor de un atributo solamente cuando los contenidos del elemento son modificables y no pueden ser descritos por el label.

Los usuarios de VoiceOver confían en las etiquetas y consejos que escuchan para ayudarles a utilizar la aplicación. Por este motivo es realmente importante asegurarse de que cada elemento de la interfaz de usuario accesible, tenga descripciones precisas e informativas. Para los controles de UIKit estándar y views, la información de atributos por defecto suele ser adecuada pero el programador debe inspeccionar estos elementos para asegurarse. Para los controles y views propios, el programador debe suministrar toda la información de accesibilidad.



## 5.2. Guías de accesibilidad para Android

Para asegurar la accesibilidad de una aplicación, los desarrolladores necesitan seguir unos simples pasos, especialmente si las interfaces de usuario no están creadas con los componentes suministrados por el framework de Android. Si el desarrollador utiliza solo componentes estándar, los pasos serán:

- Añadir **texto descriptivo a los controles de interfaz de usuario** utilizando el atributo `android:contentDescription`, poniendo más atención a los `ImageButton`, `ImageView` y `CheckBox`.
- Asegurarse de que todos los elementos de la interfaz de usuario acepten eventos de entrada y puedan ser encontrados mediante controles direccionales como el trackball, D-Pad (físico o virtual) o navegación gestual.
- Asegurarse de que el **feedback auditivo** está siempre acompañado de una notificación o una etiqueta visual, para ayudar a los usuarios con problemas auditivos
- Testear la aplicación mediante servicios de navegación accesibles. Para testearlo, el desarrollador debe usar Talkback o Explore by Touch.

Si el desarrollador quiere construir controles propios que hereden de la clase `View`, debe completar alguna información adicional para cerciorarse de la accesibilidad del componente:

- Etiquetado de los elementos de la interfaz de usuario: muchos de los controles de la interfaz dependen de la información visual para indicar su significado y utilización. Para hacer estos controles más accesibles, se utiliza el atributo `android:contentDescription`. El texto introducido en este atributo no aparece en pantalla pero permite a los servicios de accesibilidad crear el feedback auditivo. Cuando se navega hacia el control, el texto se reproduce en audio. Por eso es importante la utilización de este atributo con especial atención a los objetos `ImageButton`, `ImageView` y `CheckBox`. También es importante destacar el atributo `android:hint` en los componentes `EditText`. Dicho atributo, indica al usuario qué datos debe introducir



en la caja de texto. Cuando la caja de texto está llena, TalkBack leerá el contenido introducido por el usuario en vez del atributo hint.

- Permitir la navegación mediante foco: permite a los usuarios con discapacidad recorrer las interfaces de usuario mediante controles direccionales: trackball, acciones gestuales o D-pad. Para asegurarse de que esta funcionalidad está bien implementada, es necesario realizar un testeo de las interfaces mediante el uso de estas herramientas y comprobar que se puede acceder a todos sus elementos. También es importante comprobar si el uso del OK del control direccional, hace el mismo efecto que una presión sobre la pantalla. Para habilitar este tipo de navegación es vital el uso del atributo `android:focusable`, con valor `true`. Este ajuste permite a los usuarios enfocar los elementos mediante los controles direccionales e interactuar con ellos. Los componentes de UI proporcionados por el framework de Android pueden recibir el foco de manera nativa y así se observa un cambio en su apariencia. El API de Android permite controlar cuándo un control de UI se puede enfocar y puede requerir el foco para un componente con los métodos `setFocusable()`, `isFocusable()` y `requestFocus()`. Asimismo, destacar el control de orden del foco. El orden está basado en un algoritmo que encuentra el elemento de la interfaz más cercano en la dirección indicada. En ocasiones, este algoritmo no es fiable, así que el desarrollador deberá indicar a qué elemento debe pasar el foco cuando se indica una dirección. Esto se realiza mediante los atributos `android:nextFocusDown`, `android:nextFocusLeft`, `android:nextFocusRight`, `android:nextFocusUp`.
- Creando views propios: las tareas que debe llevar a cabo un desarrollador para dotar de accesibilidad a su componente propio son: controlar los clicks de los controles direccionales, implementar métodos de accesibilidad de la API, enviar eventos de accesibilidad con objetos `AccessibilityEvent` específicos para el view propio, y rellenar los `AccessibilityEvent` y `AccessibilityNodeInfo` de su view.



Android provee a los desarrolladores de una guía para comprobar la accesibilidad de sus aplicaciones, mediante indicación de datos a implementar en la aplicación y pruebas de usabilidad. No garantiza una accesibilidad 100% de una aplicación pero siempre son buenas indicaciones que pueden mejorar de una manera muy importante este factor. En este documento también se incita a que el personal de diseño de las aplicaciones se inmiscuya para seguir estas guías de estilo.

Los requisitos de accesibilidad que proponen desde Google son:

- Descripción de los controles de UI: como se contó anteriormente, utilizando el atributo `contentDescription`.
- Habilitar la navegación basada en foco: usando los controles direccionales.
- Atención a los controles propios
- No sólo audio-feedback: los usuarios con discapacidades auditivas no tendrán como ayuda el feedback auditivo. Es necesario el uso de otras vías de comunicación para poder cubrir el mayor número de usuarios. El uso de notificaciones visuales o sensoriales es importante.
- Testeo: realizar testeo de aplicaciones mediante las ayudas técnicas de Android. Google también proporciona a los desarrolladores unas recomendaciones en la creación de sus aplicaciones accesibles.
- Guía de diseño de accesibilidad de Android: después de haber construido las distintas interfaces, es vital que el desarrollador cheque las guías de estilo proporcionadas por Google.
- Controles suministrados por Android: se propone el uso de los controles nativos de Android tanto como se pueda, puesto que estos soportan la accesibilidad por defecto.
- Controles y notificaciones temporales o auto-escondidos: avisa a los desarrolladores para que eviten el uso de controles que desaparecen en un cierto espacio de tiempo.

Por último, se nombran ciertos casos especiales y consideraciones a tomar en cuenta:



- Atributos Hints en EditText: se da relevancia al uso del atributo hint en los EditText de las aplicaciones.
- Controles propios y manejo de clicks: atención al lanzamiento de AccessibilityEvents.
- Controles que cambian su función: si en las interfaces de usuario aparecen controles que cambian de funcionalidad durante el uso de la aplicación (ejemplo: Play / Pause), el desarrollador debe asegurarse de que el atributo android:contentDescription cambie también.
- Video playback y subtulado: si la aplicación soporta reproducción de vídeo, deberá soportar el subtulado para ayudar a los usuarios con discapacidad auditiva.
- Controles propios con interacciones visuales complejas: si el control propio tiene una naturaleza de interacción atípica, es importante controlar este comportamiento con el AccessibilityNodeProvider que permite a los servicios de accesibilidad simplificar la interacción con el modelo.
- Tamaño de controles: se recomienda no utilizar controles con tamaño menor al indicado en las guías de estilo.
- Elementos decorativos e imágenes: los elementos puramente decorativos y que no proveen ningún contenido o no permiten al usuario realizar ninguna acción, no necesitan implementar los atributos de accesibilidad.



### 5.3. Guías de accesibilidad para Windows

En la parte técnica, Windows proporciona a los desarrolladores las siguientes funcionalidades del API de Accesibilidad.

- Microsoft UI Automation es el nuevo modelo de accesibilidad para Windows phone y está dirigido a atender las necesidades de las ayudas técnicas. Ofrece muchas mejoras sobre Microsoft Active Accessibility, su predecesor.
- Lenguajes de programación: está basado en Component Object Model (COM) con el soporte de interfaces duales y es programable en C/C++, Visual Basic y script.
- Servidores y Clientes: en este servicio de accesibilidad, los servidores y clientes se comunican directamente con la implementación de la interfaz IAccessible. En UI Automation un servicio core se establece entre el servidor (providers) y el cliente. El servicio core hace llamadas a todas las interfaces implementadas por los providers y da servicios adicionales, como la generación de identificadores únicos en tiempo real para los elementos de UI. Las aplicaciones cliente ganan acceso a este core creando un objeto CUIAutomation. Este objeto soporta la configuración de las interfaces cliente desde interfaces providers.
- UI Automation providers: pueden dar información al cliente Microsoft Active Accessibility y los servidores de éste pueden dar información a las aplicaciones cliente de UI Automation. De todos modos, como Microsoft Active Accessibility no expone toda la información UI Automation, los dos modelos no son totalmente compatibles.
- UI Elements: Microsoft Active Accessibility presenta unos UI Elements como una interfaz Iaccessible emparejada con un identificador hijo. Es complicado comparar dos punteros Iaccessible para determinar si se refieren al mismo elemento. En UI Automation, cada elemento está representado como un objeto que muestra la





interfaz UIAutomationElement al cliente. Los elementos pueden ser comparados por sus identificadores creados en tiempo real.

- Tree Views and Navigation: el cliente UI Automation ve el componente de la UI de manera filtrada. La vista contiene solo los elementos que dan información al usuario o los elementos con los que se puede interactuar. Los views predefinidos que incluyen solo elementos de control y contenido, están disponibles y las aplicaciones puede definir custom views. UIAutomation hace más simple la descripción de las UI para el usuario, ayudándolo a interactuar con las aplicaciones.
- Roles y tipos de control: descritos por la propiedad UIAutomationElement:CurrentControlType. La funcionalidad está determinada por los patrones de control que están soportados por el provider a través de la implementación de interfaces especiales. Los patrones de control pueden ser combinados para describir la funcionalidad total que se desea soportar por un UI Element. Algunos providers están obligados a soportar ciertos patrones de control. Ejemplo: un checkBox debe soportar el control de pulsado. UIAutomation soporta el control de custom elements mediante el identificador UIA\_CustomControlTypeId y pueden ser descritos mediante UIAutomationElement::CurrentLocalizedControlType.
- Estados y propiedades: UIAutomation define propiedades comunes a todos los elementos aunque otras son específicas para ciertos tipos de control y patrones de control. El provider de UIAutomation no implementa propiedades irrelevantes pero puede devolver valores null para las propiedades no soportadas. El servicio core de UIAutomation puede obtener algunas propiedades desde el provider Windows por defecto. UIAutomation aporta mayor rendimiento permitiendo el cacheo de propiedades.
- Eventos: la suscripción a los eventos puede ser a partes particulares del árbol de la aplicación, no solo a eventos particulares. Los providers también pueden elevar estos eventos mediante el mantenimiento de la escucha de los mismos. También es más fácil



para los clientes recuperar los elementos que provocan eventos debido a que se pasan directamente al callback del evento. Las propiedades del elemento se captan previamente de forma automática, mediante una solicitud de caché cuando nuestro cliente se encuentra suscrito al evento.

- Acceso a propiedades de Active Accessibility y objetos de UI Automation: una característica clave de l UI Automation que no está disponible en Microsoft Active Accessibility es la capacidad de buscar múltiples propiedades con una sola operación entre procesos. Los clientes de Microsoft Active Accessibility pueden tomar ventaja de esta capacidad mediante la interfaz `IUIAutomationLegacyIAccessiblePattern`. Esta interfaz representa un patrón de control que expone las propiedades de accesibilidad activas de Microsoft y los métodos de elementos de la interfaz. Al recuperar los elementos, una aplicación puede solicitar que este patrón de control y sus propiedades se almacenen en caché. `IUIAutomationLegacyIAccessiblePattern` también permite a los clientes obtener las propiedades de Microsoft Active Accessibility de elementos que no tienen soporte nativo para `Iaccessible`. Los cambios en las propiedades de un `IUIAutomationLegacyIAccessiblePattern` no provocan eventos de UI Automation.

## 6. Ejemplos de soluciones de accesibilidad

### 6.1. Accesible Contact Manager

Accessible Contact Manager, es una solución desarrollada en las plataformas de Android y J2ME, por parte de la Fundación Vodafone España, dentro del proyecto AEGIS.

Es una aplicación interactiva que facilita la gestión de contactos y la realización de llamadas por parte de personas con discapacidad cognitiva o visual. Ofrece diferentes temas de contraste de color y diferentes tamaños de fuente. También incorpora una interfaz gestual que permite realizar ajustes en la configuración de la aplicación o navegar por ella, por ejemplo, para visualizar los contactos favoritos.

La aplicación es capaz de transmitir al usuario una respuesta hablada durante el uso de la aplicación. para ello debe tener activado el servicio de accesibilidad de la propia aplicación o bien el del sistema.

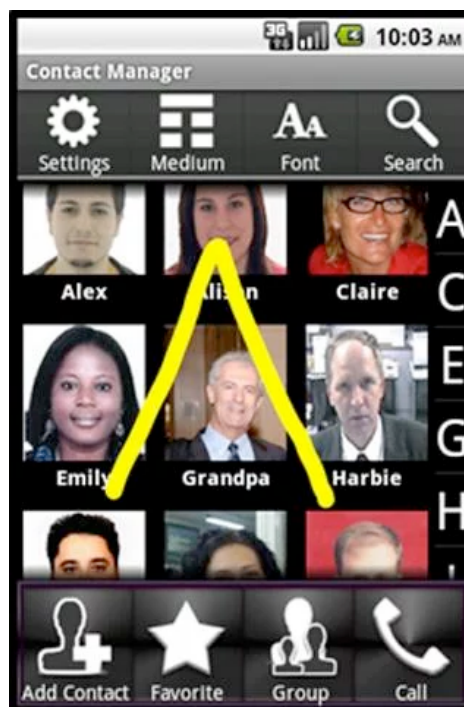
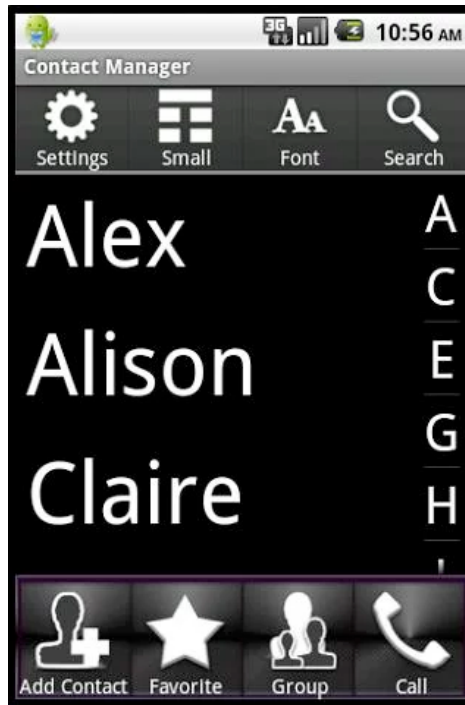


Ilustración 4 - Pantalla principal Contact Manager



**Ilustración 5 - Pantalla principal Contact Manager con el ajuste sólo nombres**

### **6.1.1. Problema**

El manejo de los contactos de un teléfono por parte de un usuario puede llegar a ser muy complicado tanto desde punto de interfaces visuales, cómo desde la misma funcionalidad de la agenda que viene de serie en el dispositivo. Los distintos tipos de discapacidad limitan de una manera drástica la utilidad de las funcionalidades implementadas en una agenda, e incluso para permitir la correcta visualización de los datos, las interfaces son demasiado limitadas.

### **6.1.2. Solución**

Con Accessible Contact Manager, las opciones de configuración son muy variadas. Los usuarios pueden encontrar multitud de opciones para personalizar las interfaces de su agenda de contactos. Podemos encontrar aumentos de fuente inversión de colores, mostrar foto de contacto, foto y nombre o sólo nombre. Se puede efectuar mediante gestos, búsquedas en la agenda, por letra o por icono de grupo. Al pulsar en un contacto, podemos asignarle una voz para que nos lea su nombre. Toda la aplicación es compatible con TalkBack en Android, por lo que nos aseguramos la lectura de pantalla y el poder recorrer con el foco toda la app, si estamos utilizando algún dispositivo de barrido de pantallas. La navegación en la aplicación es simplificada al máximo para ayudar a que el usuario no se pierda



mediante menús o submenús. En J2ME, se incluía compatibilidad con gestores de manejo de eventos para que posteriormente las ayudas técnicas pudiesen conectarse a la aplicación.

### **6.1.3. Beneficios**

Como solución final, esta app, permite al usuario una gestión eficaz y cómoda de los contactos del teléfono, independientemente de la discapacidad del usuario. Sus opciones de configuración son lo suficiente amplias como para que personas con distintas minusvalías, tengan más facilidad para usarlas.

Para la comunidad de desarrollo, esta aplicación se muestra como un perfecto ejemplo de una aplicación accesible, porque muestra qué buenas prácticas deben llevarse a cabo con el fin de desarrollar una aplicación accesible.

## 6.2. Gari, Busca tu móvil accesible

La Fundación Vodafone España desarrolló la aplicación GARI Busca Tu Móvil Accesible para permitir encontrar el teléfono móvil que mejor se adapta a las necesidades de los distintos usuarios con discapacidad. La base de datos incluye más de 400 dispositivos con más de 100 características de accesibilidad como el reconocimiento de voz, alto contraste, cámara frontal, etc. El usuario simplemente tienes que elegir las características que son más importantes para él.

Esta aplicación se ha desarrollado gracias al Mobile Manufacturer Forum (MMF) y a su Global Accessibility Reporting Initiative (GARI) que ha recogido todas las características de accesibilidad de los móviles para ayudar a identificar teléfonos con características específicas.

Desarrollada tanto en J2ME como en Android.

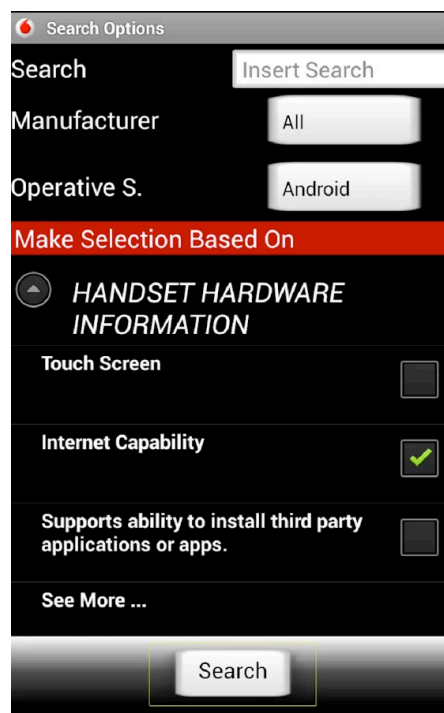


Ilustración 6 - Pantalla de búsqueda de Gari



Ilustración 7 - Pantalla de resultados de búsqueda de Gari

### 6.2.1. Problema

Si la aplicación no estuviera preparada para su navegación mediante ayudas técnicas o con configuración de colores invertidos, etc., es probable que muchos de los usuarios que quisiesen usarla para buscar un dispositivo adecuado para ellos, no pudiesen y necesitasen ayuda de otras personas.

### 6.2.2. Solución

La aplicación está dotada de interfaces accesibles y permite conexión a ayudas técnicas. Se han generado los eventos correspondientes a la navegación para que por ejemplo los lectores de pantalla puedan saber qué tienen que indicar al usuario, desde la posición en la que están. En J2ME también se pueden personalizar los colores de fuente y fondo y el tamaño de letra.

### 6.2.3. Beneficios

El principal beneficio que aporta esta aplicación a los usuarios con discapacidad, es poder encontrar por si mismos el móvil que contenga las características de accesibilidad que ellos mismos necesitan para su uso. Poder ser independientes es una de las metas de las personas discapacitadas y mediante el



desarrollo de este tipo de aplicaciones, damos un paso más para que esto pueda ser así.

Para la comunidad de desarrolladores, encontramos en estas aplicaciones, tanto la versión J2ME como la Android, un buen ejemplo del desarrollo de una aplicación accesible. Cabe destacar que la aplicación es compatible con TalkBack y Dasher. En J2ME estaba preparada para la subscripción a un bus de eventos en la que mediante la ejecución del lector de pantallas, podrían en conjunto leer los elementos de las interfaces a los usuarios



### 6.3. Real time text

Esta aplicación de Real time text, se desarrolló en Fundación Vodafone España, cómo parte del proyecto europeo AEGIS.

Siempre fue parte de un prototipo y nunca llegó a ser lanzada al mercado, pero estableció serios fundamentos para demostrar la viabilidad de un proyecto de este estilo.

Mediante el uso de la aplicación podemos establecer llamadas con otros usuarios que también tengan instalado el programa y una vez establecida la conexión, mantener una conversación basada en texto.

Fue desarrollada para J2ME.

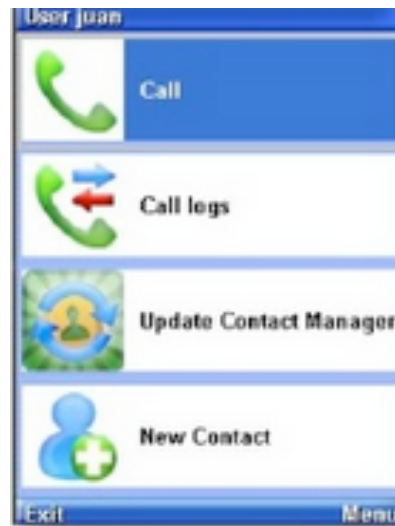


Ilustración 8 - Pantalla principal Real Time Text

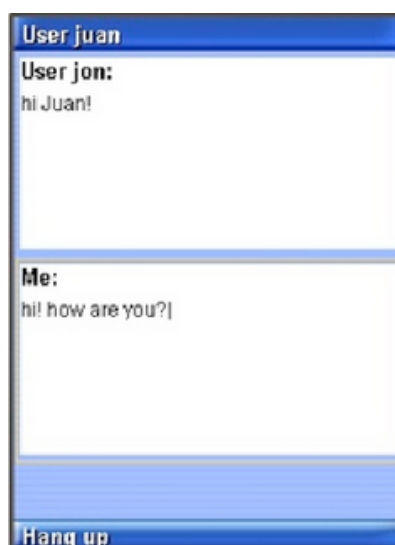


Ilustración 9 - Pantalla de llamada de Real Time Text



### **6.3.1. Problema**

Los usuarios con problemas en la audición o en el habla, no pueden realizar llamadas entre ellos. Nunca experimentan la sensación de recibir una llamada en su dispositivo móvil. Pueden recibir mensajes y responderlos, pero nunca saben si el otro usuario está ahí, si le va a responder en ese momento o si les está prestando atención. También se presenta el caso de comunicarse con servicios de emergencia de una manera directa.

### **6.3.2. Solución**

Se ofrece una aplicación con la que conseguimos la solución directa al problema. Mediante Real Time Text, los usuarios pueden llamar a los contactos que aparecen en su agenda y tener una experiencia total de una llamada real. Cuando los dos usuarios están en la llamada, ven aparecer el texto del otro usuario según lo esta introduciendo, permitiendo saber que el otro usuario está allí y que está pendiente de la conversación. Permite además visionar el listado de últimas llamadas, crear contactos o importarlos desde distintos formatos.

La aplicación también permite realizar llamadas de texto en tiempo real con aplicaciones de escritorio.

### **6.3.3. Beneficios**

El beneficio se centra principalmente en la comunidad de afectados por una discapacidad auditiva o del habla. Mediante el uso de esta aplicación pueden experimentar la sensación de mantener una conversación real. El dinamismo que aporta esta aplicación a la conversación es la principal diferencia entre esta solución y cualquier otra de mensajería instantánea. Se valoró mucho la idea de poder utilizar Real Time Text en centro de ayuda y rescate de las diferentes comunidades europeas, con lo que los usuarios de esta aplicación o cualquier aplicación de Real time text, pudiesen llamar a estos centros y mantener conversaciones con el personal que allí trabaja.

#### 6.4. Tur4All

TUR4all es una aplicación accesible y gratuita promovida por la Fundación Vodafone España con el apoyo de PREDIF y desarrollada por la empresa 3G Soluciones Móviles.

El objetivo de esta aplicación es ofrecer a las personas con discapacidad y al público en general información sobre las condiciones de accesibilidad de más de 1000 establecimientos turísticos de distintas tipologías, de todo el territorio español, aprovechando las ventajas y utilidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

La información ha sido recogida in situ por los técnicos de accesibilidad de PREDIF de acuerdo con un protocolo de comprobación de accesibilidad específico para establecimientos turísticos.



Ilustración 10 - Pantalla principal de Tu4All



**Ilustración 11 - Pantalla de detalle de Tur4All**

### 6.4.1. Problema

Una persona con discapacidad quiere organizar sus vacaciones o va a realizar un viaje a otra zona por cualquier motivo. Esta persona necesita saber si los entornos que va a visitar son adecuados para su discapacidad, si existen barreras arquitectónicas, etc.

### 6.4.2. Solución

Encontramos una aplicación que cuenta con una extensa base de datos que evalúa todos los factores y características necesarios que ha de tener en cuenta una persona discapacitada cuando va a otro lugar. Permite filtrar en función de la discapacidad del usuario. Cuenta con interfaces simples y totalmente adaptadas para la conexión a ayudas técnicas.

### 6.4.3. Beneficios

Una vez más encontramos que lo que más puede aportar el uso de una aplicación de este tipo a una persona con discapacidad es independencia. El que una persona dependiente pueda organizar un viaje por si misma y comprobar que va a poder estar cómoda en ese lugar, tiene un precio incalculable para esta comunidad de usuarios.



## 7. Involucración de usuarios en el desarrollo de soluciones y pruebas finales

Con el objetivo de asegurarse de que los prototipos se ajustan a las necesidades, preferencias y limitaciones de los usuarios finales de un producto, es importante seguir una metodología centrada en el usuario. En el desarrollo de soluciones de tecnología asistiva y ayudas técnicas es muy importante que los prototipos sean soluciones que realmente suplan las necesidades de los usuarios y mejoren su calidad de vida. Para poder llevar a cabo la elaboración de una pruebas de usuario, se necesita pasar por las siguientes fases de diseño:

- Evaluar las necesidades del usuario: análisis de usuarios, sus tareas a realizar y el contexto en que se encuentran, son el foco central de esta fase. Basados en estos análisis, se recopilarán los problemas y las necesidades.
- Especificación de los requerimientos del usuario: traducción de los problemas y necesidades en una nomenclatura que pueda ser utilizada durante el desarrollo de las pruebas.
- Del concepto al prototipo: los modelos conceptuales serán desarrollados en prototipos que sean capaces de cubrir las necesidades y requerimientos de los usuarios.
- Pruebas de campo: los prototipos pasarán en esta fase una batería de pruebas en la que se demostrará si realmente cubren las expectativas que se definieron en las anteriores fases.

Para poder llevar a cabo esta metodología, la parte de la administración de usuarios se convierte en una tarea crítica para el desarrollo del prototipo.



La participación de usuarios en desarrollos de investigación conlleva en muchas ocasiones el trato con personas que se encuentran fuera del mundo de la investigación científica/tecnológica. Es importante siempre mantener una posición empática con las habilidades y conocimientos de las personas con las que se quiere tratar, ser siempre respetuoso con las circunstancias de cada usuario. Es recomendable que la participación de los usuarios en la investigación pueda ser incentivada. Y finalmente es importante siempre dejar que los usuarios den su opinión sin realizar interferencias en ellas, ni correcciones, ya que como obtendríamos resultados erróneos. En muchos proyectos de este tipo se ha establecido una serie de pasos para administrar la participación de los usuarios:

- Estimación de la dedicación en el diseño de las pruebas con el usuario: tiempo invertido en la organización y logística de las pruebas, estimación del coste incluyendo compensaciones económicas y gastos en transporte, etc.
- Definición de los perfiles de los usuarios en el proyecto: proceso clave para asegurarse de que la participación de los usuarios va a ser un éxito. En esta fase es importante definir de manera clara cuáles son las características o requerimientos que deben cumplir los usuarios para poder ser seleccionados:
  - **Perfil socio-demográfico:** aquí se incluyen variables como género, edad, nivel educativo, lugar de residencia o entorno urbano.
  - **Verificar que los candidatos cumplen con los requisitos definidos para la investigación** (personas mayores, discapacitados auditivos, etc.).
  - **Conocimientos y habilidades** en relación a la tecnología en general y también en cuanto a dispositivos específicos con los que se va a investigar.
- Búsqueda de participantes potenciales: se realizan diversas estrategias a seguir, como por ejemplo publicar un anuncio a través de redes sociales o ponerse en contacto con asociaciones de usuarios finales para así poder involucrarlos en el desarrollo del proyecto.
- Contacto con participantes: en el primer contacto con los usuarios potenciales, éstos deben ser informados sobre los objetivos del proyecto,



fechas, condiciones de la participación y gratificaciones o incentivos que recibirán por la participación. Además, la persona responsable del reclutamiento tiene que recabar la información necesaria para desarrollar el perfil de un participante y comprobar que se adaptan a los requerimientos previamente definidos.

- Administración de compensaciones: dependiendo del grado de involucración del usuario, las compensaciones pueden ser distintas.
- Salas, material y administración de recursos humanos: hay que verificar que el establecimiento está adaptado a los usuarios que van a participar y gestionar la logística de manera que no haya esperas innecesarias.
- Recepción de participantes.
- Sesiones de desarrollo de test.
- Entrega de gratificaciones: suelen realizarse tras la sesión del test.
- Seguimiento: Realizar seguimiento de los participantes de cara a posibles actividades futuras.

Desde el punto de vista del desarrollo, la involucración de los usuarios es fundamental ya que interviene en todo el ciclo de vida de un proyecto. Es importante que la involucración esté presente a lo largo de todo el proyecto, desde la fase de diseño/implementación, hasta la fase final. Es en la fase final donde realmente se muestra la utilidad del proyecto y se definen conclusiones que pueden conllevar a establecer qué mejoras se pueden realizar en el producto. Las pruebas de usuario son realmente un proceso de gran relevancia en el desarrollo de un proyecto y que deberían llevarse a cabo siempre que se tenga la oportunidad. Contar con el apoyo de asociaciones u organizaciones relacionadas con estas personas, puede ser de gran utilidad en el desarrollo de un prototipo.

Llegado el momento en el que el prototipo esté suficientemente maduro como poder para llegar a ser una versión alfa del producto final, debe plantearse el momento de efectuar las pruebas con usuarios finales. Estas pruebas van a suministrar gran cantidad de información que surtirá a los desarrolladores de factores a tener en cuenta en la elaboración final del producto, por lo tanto, la correcta ejecución de estas pruebas se muestra como un proceso vital en el desarrollo del proyecto.



El desarrollo de estas pruebas se podría englobar en varias fases:

- **Definición de perfiles de usuarios:** Se debe definir con exactitud el perfil de usuarios necesarios para realizar las pruebas del prototipo. En este caso deberemos tener en cuenta el tipo de discapacidad que muestran los usuarios y comprobar que se ajustan a la solución. Durante el desarrollo de una solución accesible es probable que haya varias fases de testeo. Es importante que un número fijo de usuarios se involucren en las distintas fases para que vayan notando mejoras en la evolución del producto y así poder ir añadiendo nuevos usuarios para contrastar opiniones. Algunos factores para parametrizar a los usuarios pueden ser su edad, su sexo, su experiencia con el uso de los prototipos, su interacción en el uso de ayudas técnicas y su participación en actividades similares de testeo en otros proyectos.
- **Fase de captación de usuarios:** un eslabón vital para las pruebas. Teniendo claro el/los grupo/s hacia el/los que está destinada una aplicación, llega el momento de reunir a los usuarios para que realicen estas pruebas. Los métodos son variados: desde interesados en el proyecto por iniciativa propia, diseminación de información en redes sociales, involucrar a personas conocidas por los integrantes del proyecto, hasta captación mediante asociaciones de personas que pueden ser altamente beneficiadas por el uso de esta solución. El trato con estos grupos siempre debe ser de manera cordial intentando mostrar el gran beneficio que puede dar este producto a una comunidad de usuarios y destacando una alta seguridad en la protección de datos de todos los participantes de las pruebas.
- **Fase de planificación de pruebas:** en esta fase se cierra la organización de las pruebas. Cómo se van a realizar, orden de pruebas, reserva de salas para la correcta realización de estas, tiempo estimado que se debe invertir en las pruebas, documentación a entregar a los usuarios, qué y cómo se va explicar a los usuarios el contenido de las pruebas, etc. También se concertarán las fechas y





horarios con los usuarios para su asistencia a dichas pruebas. Se tendrá en cuenta el equipamiento necesario para las pruebas, necesidad de ordenadores, cámaras, grabadoras, formularios para los evaluadores y todo el material necesario para llevar a cabo la recopilación de datos.

- **Fase 1 de pruebas:** primera fase real de las pruebas de usuario. En esta etapa, se explica al usuario qué pruebas va a realizar y se pregunta por su conformidad (aunque el usuario ya estuviera conforme, aquí ya se hace de manera legal, firmando un documento). A continuación se procede a la obtención de los datos personales del usuario, y la firma del acuerdo donde se expone la política de privacidad de las pruebas y la conformidad del usuario con el modo de obtención de datos (se pueden incluir grabaciones de audio o/y video).
- **Fase 2 de las pruebas (pre-test):** en esta batería de pruebas vamos a conocer el nivel tecnológico del usuario. En el caso que estamos definiendo es importante saber cuál es el nivel de manejo de los dispositivos móviles que tiene un usuario, qué sistemas operativos móviles utiliza, con cuánta frecuencia, la importancia del uso del dispositivo en su vida diaria, conocer cómo es el dispositivo que usa, conocer qué deficiencias ve en su interacción con la tecnología móvil, etc. Preguntas de este tipo podrían ser realizadas al usuario con el objetivo principal de conocer cómo es su relación con la tecnología y así poder estimar cómo se encuentra el usuario en esta fase previa. También se realizarán algunas preguntas relacionadas con el uso de ordenadores y tecnologías web, y por otro lado, se evaluará el uso y conocimiento de ayudas técnicas que pueda utilizar el usuario para interaccionar con los aparatos.
- **Fase 3 de las pruebas (uso de prototipo):** esta va a ser la fase principal de las pruebas. En ella vamos a mostrar al usuario cuál es la solución implementada, de qué trata y cómo se piensa que puede ayudar a un usuario final. También vamos a presentar al usuario el



dispositivo en el que se van a realizar las pruebas y podrá tener unos minutos con él para poder desenvolverse con mayor facilidad, resolver dudas sobre su uso, etc. También se realizan preguntas sobre la motivación del usuario hacia el uso de la aplicación, si cree que va a poder realizar las tareas o no, etc. A continuación se plantean una serie de hitos que el usuario deberá completar en el uso de la aplicación. Se plantearán de uno en uno y posteriormente se dejará al usuario que realice las acciones necesarias para llegar a este hito. Los evaluadores deben estar muy atentos al uso que hace el usuario de la aplicación, cómo lo hace, dónde encuentra dudas, qué elementos de ésta le parecen adecuados o inadecuados, etc., Se insta al usuario a que haga cuantos más comentarios mejor, sobre toda la experiencia que tiene con la aplicación mientras desarrolla la acción indicada. Si después de un tiempo prudencial el usuario no puede completar un hito, los evaluadores pueden guiarle hasta la obtención de este y anotar todo tipo de dificultades que el usuario ha encontrado. Se realiza de manera secuencial todos estos pasos hasta la culminación de todos los hitos.

- **Fase 4 de las pruebas (post-test):** Después de la realización de los hitos es muy interesante conocer la opinión que ha generado en el usuario la herramienta que acaba de utilizar. Se realizan preguntas sobre la dificultad que ha tenido en la realización de las tareas, cómo de complicadas le han parecido, si utilizaría esta herramienta en su uso diario, si cree que la herramienta tiene potencial, si la recomendaría a sus conocidos y si pagaría por ella. También los evaluadores deberán preguntar al usuario sobre su experiencia posterior al uso de la aplicación y compararla con el uso previo de la misma. Con esto, la involucración del usuario finaliza.
- **Fase final recopilación de datos:** con la finalización de las pruebas, se procederá a recopilar toda la información de las diversas fuentes con las que hemos realizado los test. Mediante estadísticas los evaluadores podrán ponderar de una manera más objetiva la



ejecución de los mismos. Las valoraciones más rigurosas se podrán extraer siempre de los resultados de los test manuscritos. Es decir, viendo cómo se han comportado los usuarios en la realización de las pruebas, comprobando su desempeño en cada una de las tareas que se les ha dado para realizar y viendo cómo ha sido su respuesta. De los comentarios grabados (tanto en vídeo/audio), pueden extraerse muchos factores relacionados con la usabilidad de la solución, de problemas con el dispositivo, de incidencias ocurridas con la solución, aspectos que fueron agradables/inapropiados para el usuario, es decir, opiniones menos objetivas y menos parametrizadas que los test, pero que pueden dar un gran valor en la implementación de mejoras o nuevas funcionalidades en el producto. También la comparación entre los pre-test y los post-test ayudan a los evaluadores a saber si realmente la solución presentada ha sido útil y si ha podido resolver los problemas que se proponía al inicio del proyecto.

También se puede obtener información valiosa sobre las propias pruebas: si han sido demasiado pesadas para el usuario, si su dificultad ha sido adecuada, si su duración ha sido apropiada, si el usuario se ha sentido cómodo en el desarrollo de las pruebas, si opina que la gratificación ha sido suficiente por su empeño o si la organización ha sido correcta. Muchos factores pueden ser extraídos de la interacción con los usuarios finales, por eso se ha constatado en numerosas ocasiones la relevancia de efectuar este tipo de pruebas.



### **7.1.Caso real de pruebas de usuario (Accesible Contact Manager):**

A continuación pasamos a estudiar un caso real de pruebas de usuarios (en concreto las pruebas de usuario del proyecto AEGIS, 2012).

Para este proyecto fue necesario un rango amplio de usuarios con distintos tipos de discapacidad. Se necesitaban usuarios con discapacidad física, sensorial y cognitiva. Para la selección de usuarios se llevó a cabo una evaluación de distintos factores en los usuarios:

- **Tipo de discapacidad y grado**
- **Género**
- **Edad**
- **Experiencia previa con el uso de dispositivos analizados en el proyecto**
- **Experiencia con el uso de ayudas técnicas**
- **Experiencia previa en la participación de actividades similares en proyectos actuales o pasados.**

El criterio de selección para expertos y tutores, es simplemente el tipo de discapacidad en el cada uno tiene experiencia, con lo que está directamente relacionado con los beneficiarios de cada prototipo. En las siguientes tablas muestran la distribución de los usuarios finales seleccionados, donde los porcentajes expresan el número mínimo de usuarios de cada tipo, necesarios para mantener un control en el total de usuarios.



Variables		Mínimo aceptable
Sexo	Hombres	40.00%
	Mujeres	40.00%
Edad	18-34 años	25.00%
	35-54 años	25.00%
	55 años en adelante	15.00%
Experiencia previa en el uso de dispositivos móviles		60.00%
Experiencia previa en el uso de computadoras		70.00%
Experiencia previa en el uso de internet		40.00%
Experiencia previa en el uso de tecnologías de apoyo		50.00%
Experiencias anteriores en actividades similares	Sí	30.00%
	No	30.00%

**Tabla 5 - Variables de selección de usuarios**

Los tipos de discapacidades de los usuarios, fueron los siguientes:

Perfiles de discapacidad	TOTAL	ESPAÑA	BÉLGICA	UK	SUECIA
Discapacitados visuales (ceguera total)	33	3	1	28	1
Discapacitados visuales (ceguera parcial)	25	7	7	11	--
Discapacitados auditivos	13	9	2	2	--
Discapacitados cognitivos	49	10	8	20	11
Discapacitados motrices	40	10	9	20	1
Discapacidad en el habla (dysarthria)	15	4	7	2	2
Discapacidad en el habla (aphasia)	10	7	--	--	3
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>50</b>	<b>34</b>	<b>83</b>	<b>18</b>

**Tabla 6 - Perfiles de discapacidad seleccionados para las pruebas**



Para encontrar a participantes en las pruebas de usuario, dependiendo del perfil buscado, se utilizaron diversas fórmulas y técnicas. Para las pruebas de este proyecto la ayuda de Technosite (Grupo Fundosa, ONCE, en España), fue esencial.

- Diseminación de los objetivos del proyecto y de necesidad de la participación de los usuarios vía Internet.
- Establecimiento de contacto con compañías, asociaciones, ONG, centros sociales, culturales o deportivos cuyos miembros cumplieren el perfil de participación requerido en el proyecto.
- Contacto directo con usuarios que habían participado en actividades anteriores de Technosite

Se realizó el contacto con los posibles usuarios mediante intermediarios, los cuales contaban con toda la información del proyecto y las pruebas que se iban a realizar. También contaban con las fechas para las pruebas y las condiciones de participación en estas. Si los participantes potenciales encajaban, se añadían a una lista con toda la información necesaria sobre ellos para poder realizar contacto con los mismos en cualquier momento.

Como siguiente paso, se estudiaron las compensaciones que se iban a entregar a los usuarios como agradecimiento por haber participado en el proceso. En el caso del proyecto AEGIS fueron compensaciones económicas de 30€.

Una semana antes del día de la cita para la sesión de pruebas, los intermediarios que contactaron con los usuarios, vuelven a recordarles todos los detalles de los procesos de pruebas a los que se van a someter y entregan la documentación legal de consentimiento.

El día de las pruebas, se realizaron tal y como hemos descrito genéricamente en páginas anteriores. Se tuvo en cuenta la reserva de salas y materiales, los recursos humanos disponibles, la recepción de participantes, etc.

En este proyecto se probaron distintos prototipos de apps accesibles, tanto ayudas como productos finales. Entre ellos encontramos una agenda de contactos accesible con lector de pantallas incluido, un chat en tiempo real accesible, el proyecto Tecla (navegación en el móvil para usuarios con discapacidad motriz), Dasher (introducción de texto para usuarios con discapacidad motriz) y una aplicación de mensajería SMS, MMS, e-mail... accesible. El proyecto estaba



destinado a crear apps que permitiesen a usuarios discapacitados utilizar dispositivos no accesibles y de bajo coste.

En el proyecto AEGIS, dado la relevancia de la opinión de los usuarios en los diseños de los prototipos, se realizaron 3 fases de pruebas de usuarios. En cada una de ellas se alcanzaban conclusiones que mejoraban los prototipos y posteriormente los mismos usuarios volvían a realizar pruebas para ver si los problemas reportados habían sido solucionados y se había llegado a un producto realmente mejorado.

Para la primera fase se obtuvieron las siguientes consideraciones:

- Hubo un interés muy alto por los prototipos presentados, se apreciaron que fuesen alternativas a productos comerciales y los usuarios expresaron su intención de participar en futuras sesiones de evaluación.
- Los conductores de los test expresaron su desacuerdo en las herramientas de medida. Pensaban que los test debían ser más simples, rápidos y menos formales.
- Los formularios de consentimiento deberían ser más cortos.
- Algunos métodos de grabación fueron demasiado complejos.
- Algunos prototipos estaban todavía en un estado de desarrollo muy prematuro y las funcionalidades eran demasiado limitadas, con lo que la evaluación se restringió mucho.

Teniendo en cuenta estos comentarios. Se desarrollaron nuevos avances y se llegó a la segunda fase de pruebas de usuario. Aquí encontramos los siguientes comentarios:

- Muchos de los usuarios y expertos encontraron muy positiva la participación en las pruebas y estuvieron interesados en volver a la ronda final.
- La mayoría de los prototipos que se probaron fueron bien aceptados y los usuarios y los expertos requirieron algunas mejoras para que los prototipos fueran soluciones competitivas en el mercado.
- Algunos prototipos requirieron un entrenamiento considerable para los usuarios por la dificultad de su uso, mientras que otros fueron más intuitivos.



- Todas las soluciones propuestas a los sitios de testeo con usuarios, necesitaron tener interfaces localizadas.
- Los desarrolladores deberían estar presentes en las pruebas de usuario para poder entender las posibles incidencias que ocurren con los usuarios. Esta petición fue de parte de los conductores de los test.
- El material de entrenamiento no fue siempre accesible para los usuarios y la información en algunos casos fue limitada.
- La evaluación subjetiva debió ser más simple aún. Con los usuarios con discapacidad cognitiva y del habla, la evaluación se puede hacer muy larga y compleja.

Finalmente la 3 fase llegó y como comentarios finales a todo el desarrollo del proyecto, quedaron los siguientes:

- Un detalle generalizado que viene de la anterior fase de evaluación y que es aplicable a todas las fases: las soluciones presentadas a un testeo deben tener una constitución robusta y deben estar en un estado avanzado de desarrollo. Probar unas soluciones prematuras, no genera buenos resultados.
- Los cuestionarios y los materiales usados en los test han sido más cortos que en las anteriores fases. Lo cual ha sido muy agradecido por los usuarios.
- El contenido subido a la plataforma de e-learning del proyecto era demasiado amplio. Sin embargo algunos contenidos de los prototipos eran demasiado complejos y demasiado técnicos para su comprensión.
- Considerando la experiencia recibida en anteriores fases de pruebas, debemos evitar probar más de una solución en cada sesión con usuarios no expertos.
- Muchos de los usuarios han demostrado un gran interés por la adquisición de los prototipos en una versión comercial, para poder llevar a cabo un uso diario con ellos, por lo que se demanda una finalización de los proyectos tan pronto como sea posible.





Con estas últimas conclusiones, llegamos al final del proyecto pudiendo sacar unas últimas evaluaciones muy positivas de nuestro trabajo y obteniendo muchas mejoras a través de estas pruebas que fueron de mucha utilidad, como se puede ver por la extracción de las conclusiones.

Para terminar se expone una tabla con estadísticas de satisfacción de usuarios tras las pruebas con los prototipos en base a sus opiniones.

Tipo de discapacidad	Visual	Auditiva	Cognitiva	Motriz	Habla
Satisfacción con el prototipo	80%	75%	90%	60%	50%
Satisfacción con los dispositivos	40%	50%	75%	30%	80%
Satisfacción con las pruebas	65%	80%	85%	80%	90%
Satisfacción con los supervisores	90%	95%	100%	90%	85%
Satisfacción con la organización	75%	90%	90%	95%	100%
Satisfacción global	70%	78%	88%	71%	77%

**Tabla 7 - Resultados de encuestas de satisfacción**

Las conclusiones generales que extraemos a simple vista de esta tabla de resultados, es que las evaluaciones globales de las pruebas de usuario son positivas. Queda también patente que muchos usuarios mostraron su interés en participar en futuras pruebas y que encontraron las mismas de gran interés.

Vemos que en la columna de la satisfacción con los dispositivos, que los valores bajan significativamente, lo que deja bastante claro que los dispositivos con los que se llevaron a cabo las pruebas, no eran los adecuados. Gran parte de culpa recae en la duración del proyecto, que se alargó durante 3 años, con lo que los dispositivos quedaron anticuados.

Hubo mucha complicación en la realización de las pruebas para usuarios con discapacidad motriz, dado al pequeño tamaño de las teclas de los dispositivos. En cambio para los usuarios con discapacidad auditiva estos dispositivos eran ideales y se ve reflejado en las estadísticas. Demuestra este dato la importancia de estos detalles en la configuración de las pruebas. Elegir un dispositivo adecuado para cada tipo de discapacidad es un factor muy importante.

La puntuación a los prototipos es bastante alta dado que las ideas que en ellos se volcaban fueron muy interesantes para los usuarios y veían futuro en ellas aunque el dispositivo para realizar la prueba no fuese el adecuado.



Como se puede ver el trato y la organización fue bastante correcto. Es importante hacer que los usuarios estén cómodos, ya que se verá recompensado con una gratitud mayor de su parte y sus ganas de participación aumentarán. Estas pruebas se realizan para crear productos y soluciones que sean útiles para ellos, así que dado que son el foco del proyecto y son nuestro cliente final, su satisfacción es lo más importante.

Finalmente, destacar como conclusión más importante de estas pruebas, el impacto que tiene el tipo de interacción entre el grupo de trabajo y los usuarios finales. Los usuarios expresan sus opiniones de forma totalmente libre, sin ningún tipo de coacción y expresando sus deseos, sus críticas constructivas y sus estrategias de mejora para la solución. Es importante que las personas que guían los test, no desvirtúen la espontaneidad de los usuarios.



## 8. Conclusiones

A lo largo de esta memoria hemos descrito multitud de aspectos relacionados con la accesibilidad móvil en los dispositivos actuales.

Tras el desarrollo de la misma, se ha podido destacar el gran valor que aporta la accesibilidad a aplicaciones de uso cotidiano en dispositivos móviles. Sobre todo se ha dado relevancia al potencial que tiene una aplicación diseñada hacia todo tipo de personas, discapacitadas o no, y el bien que esto hace a nuestra sociedad y a nuestro entorno.

Esta memoria podría ser utilizada en la creación de nuevas aplicaciones, como referencia bibliográfica para realizar un diseño o una implementación de la aplicación de una manera más correcta y enfocando la accesibilidad implementada en ella como un gran punto fuerte del producto. Hemos analizado de una manera técnica y funcional, tanto las ayudas técnicas implementadas por los mismos sistemas operativos, como herramientas y frameworks creados por terceros, de uso libre y que pueden adherirse al funcionamiento de una app sin muchas dificultades.

Como se indicaba en el primer objetivo hemos identificado correctamente los tipos de usuarios y sus discapacidades, estableciendo las ventajas e inconvenientes que encuentran en el uso de las tecnologías móviles.

Para el segundo objetivo se crean las guías de desarrollo para aplicaciones accesibles, en las que se explican que criterios deberían cumplir las aplicaciones de manera general para ser accesibles y mostrando que métodos pueden ser útiles para los desarrolladores.

Y por último, el tercer objetivo queda cubierto con las pruebas de concepto desarrolladas, que demuestran como pueden crearse aplicaciones accesibles con éxito mediante el seguimiento de las guías elaboradas.



## 9. Futuras líneas de proyecto

Como se ha creado una “guía de la accesibilidad móvil”, las posibilidades de mejora son variadas y podrían extenderse en varios caminos totalmente distintos, aunque siempre relacionados con la mejora de la experiencia del usuario y con la usabilidad de las herramientas y ayudas técnicas.

Las mejoras propuestas a continuación son en parte resultado de la observación de la evolución del mercado actual. Se debe tener en cuenta que el sector de la telefonía móvil crece de manera exponencial, así que siempre hay que estar conectado con fuentes que nos permitan estar actualizados en este mundo.

Podríamos considerar las siguientes vías de mejora:

- Creación de un blog sobre desarrollos de aplicaciones accesibles. Allí incluiríamos información actualizada sobre diferentes herramientas, apis, ejemplos de desarrollo de otras apps, generar sinergias entre usuarios, etc.
- Guía de accesibilidad móvil: crear unas guías de estilo para las distintas plataformas de desarrollo móvil con el objetivo de la creación de aplicaciones accesibles. Dar unas pautas básicas y mostrar factores a tener en cuenta antes de empezar un desarrollo y durante el mismo.
- Promocionar las aplicaciones accesibles: dar más relevancia, mediante publicidad o pequeñas entrevistas a usuarios y desarrolladores, de diversas soluciones accesibles que estén saliendo ahora mismo para dispositivos móviles.
- Estudio de nuevas tecnologías: profundizar de manera más detallada en plataformas móviles no tan populares, estudiar sus mejoras, sus ayudas técnicas. (Blackberry 10, Firefox OS, Windows 8).
- Fomentar las pruebas de usuario: crear un canal entre las asociaciones de usuarios y los desarrolladores. Para poder gestionar futuras pruebas de productos creados por los desarrolladores y obtener un feedback de primera mano dado por los propios usuarios.



## **Anexos**



## **ANEXO A -Diagrama de Gantt del Proyecto Fin de Carrera**

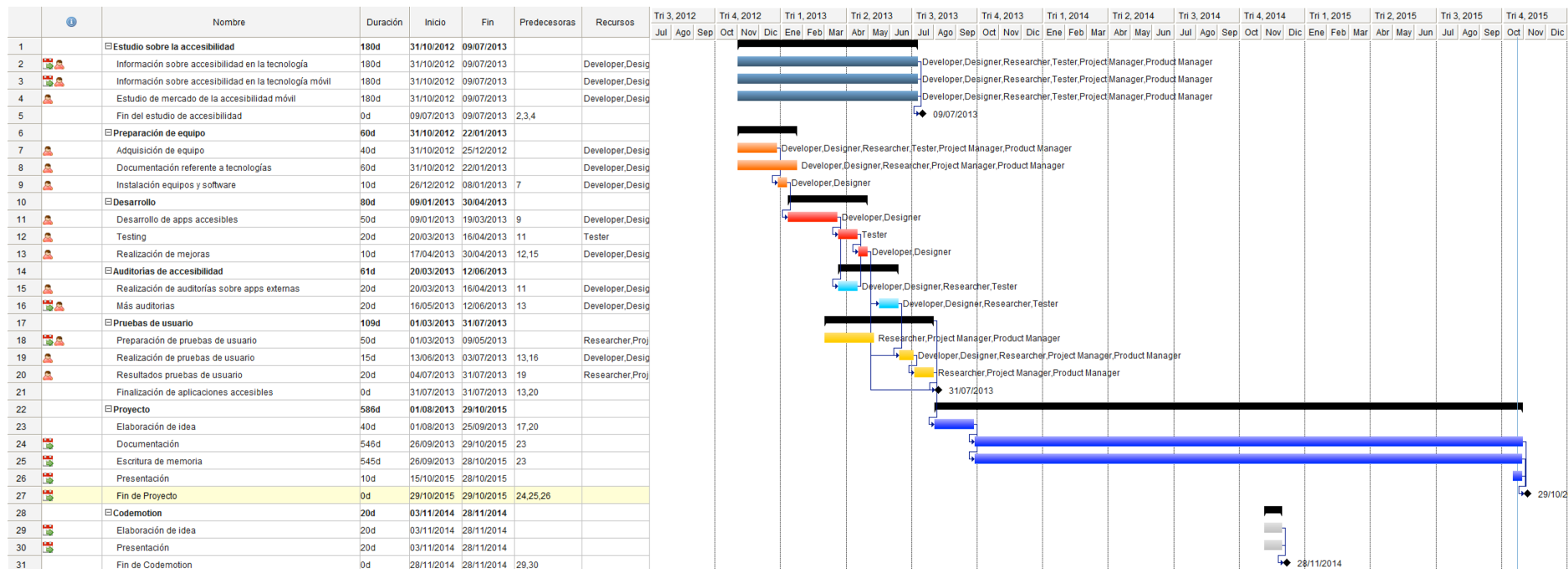


Ilustración 12 - Diagrama de Gantt



## ANEXO B –Presupuesto

A la finalización del proyecto, conocido el esfuerzo asociado a la realización de este, se procede a detallar los costes que ha conllevado dicho desarrollo.

Para empezar realizaremos una valoración de los gastos asociados al esfuerzo humano en base a las horas aportadas al proyecto por cada individuo. Este trabajo será medido en horas y desglosado acorde al tipo de la tarea desempeñada dentro del proyecto. Se dividen las tareas en los siguientes tipos:

Desarrollador

Project manager

Investigador

Product manager

Diseñador

Tester

Definidos los roles que se han dado en la creación del proyecto, presentamos a las personas que han colaborado en la realización del presente proyecto y los papeles que han desempeñado:

Javier Muñoz Muñoz, desarrollador, diseñador e investigador.

Jorge Ruiz Magaña director del proyecto. Asesoramiento y revisiones.



A continuación se muestra una tabla con los gastos asociados al esfuerzo humano

Nombre	Cargo	Tarea	Coste/Hora (€)	Duración(horas)	Coste (€)
Javier Muñoz Muñoz	Desarrollador	-Codificación -Pruebas	27,5	178	4895
	Diseñador	-Experiencia de usuario -Diseño de interfaces	43,75	110	4812.5
	Investigador	-Documentación de proyecto -Estudio de accesibilidad	65	100	6500
	Tester	-Testeo app	23,75	11	261.25
Jorge Ruiz Magaña	Project manager	-Dirección de proyecto -Supervisión de uso de técnicas -Gestión de proyecto -Revisión y asesoramiento	80	110	8800
	Product manager	-Gestión de proyecto -Enfoque -Revisión y asesoramiento	80	85	6800
			<b>Total</b>	<b>816 horas</b>	<b>32068.75€</b>

**Tabla 8 – Gastos esfuerzo humano**

Además de los gastos relacionados con el esfuerzo humano es necesario tener en cuenta los gastos asociados a los equipos utilizados durante la realización de este proyecto. Para estimar el coste de cada producto, se utilizará la siguiente fórmula basada en la amortización de equipos:

$$Coste = \frac{Coste\ producto\ (€) \times Tiempo\ uso(meses) \times Factor\ amortización\ (0.0 - 1.0)}{Vida\ útil\ (meses)}$$



A continuación, se muestra una tabla con los gastos materiales:

Recurso	Utilidad	Coste fijo (€)	Tiempo de uso (meses)	Amortización (0.0 - 1.0)	Vida útil (meses)	Coste imputable(€)
Ordenador de sobremesa Dell XPS 8700 i7-8Gb RAM	Desarrollo	1100	1.5	0.8	48	27.5
iMac 21,5" i5 2.9Ghz	Diseño	1529	1	0.5	48	15.9
Latitude 3330 Laptop	Project manager / Product manager / Investigador	499 x 3	2	0.4	24	16,63 x 3 = 49.89
Teléfono móvil Nokia E72	Desarrollo/Testing/Pruebas de usuario	75	3	0.6	24	5.63
Teléfono móvil Nokia E71	Desarrollo/Testing/Pruebas de usuario	50	3	0.6	12	7.5
					Total	106.42

**Tabla 9 - Gastos de materiales**

Finalmente calculamos el coste total con los datos obtenidos anteriormente:

Coste esfuerzo humano	32068,75 €
Coste de la amortización del material	106.42 €
<b>Total</b>	<b>32175,17 €</b>

**Tabla 10 - Gastos totales**



## ANEXO C –Referencias Bibliográficas

- W3C - <http://www.w3c.es/>
- Fundación Vodafone España  
<http://fundacion.vodafone.es/fundacion/es/>
- Blog La accesibilidad es de todos:  
<http://laaccesibilidadesdetodos.blogspot.com.es/>
- AEGIS Project - <http://www.aegis-project.eu/>
- Life Technologies - <http://www.lifetechnologies.com/>
- Tecla- <http://gettecla.com/>
- Dasher - <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher/>
- FIAPAS - <http://www.fiapas.es/FIAPAS/index.html>
- ONCE - <http://www.once.es/new>
- ASPACE – <http://www.aspace.org/>
- CNSE - <http://www.fundacioncnse.org/>
- FAMMA - <http://www.famma.org/>
- Android developer - <http://developer.android.com/index.html>
- Apple developer - <https://developer.apple.com/>
- BB developer - <http://developer.blackberry.com/>
- Windows phone dev - <https://dev.windowsphone.com/es-es>
- Accesibilidad java –  
[http://docs.oracle.com/cd/E17802\\_01/j2se/javase/technologies/accessibility/docs/jaccess-1.3/doc/core-api.html](http://docs.oracle.com/cd/E17802_01/j2se/javase/technologies/accessibility/docs/jaccess-1.3/doc/core-api.html)
- Cloud4All - <http://www.cloud4all.info/>
- Technosite - <http://www.technosite.es/>