

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**SISTEMA DE NAVEGACIÓN ADAPTADO A PERSONAS
CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL SOBRE
DISPOSITIVOS MÓVILES**

Javier Pérez Ávilas

SEPTIEMBRE 2012

SISTEMA DE NAVEGACIÓN ADAPTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL SOBRE DISPOSITIVOS MÓVILES

AUTOR: Javier Pérez Ávilas
TUTOR: Pablo A. Haya Coll

Grupo de Herramientas Interactivas Avanzadas (GHIA)
Dpto. de Ingeniería Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Septiembre de 2012

RESUMEN

El desplazamiento es un reto para las personas con discapacidad intelectual ya que suelen presentar déficits en sus habilidades de orientación, recordar rutinas y desplazarse por sitios desconocidos. Sin embargo, para lograr una integración efectiva necesitan adquirir estas habilidades. Para el colectivo de personas con diversidad funcional, conseguir un trabajo y mantenerlo es además un requisito imprescindible para una integración completa.

Para solucionar este problema hemos realizado un sistema de apoyo a la navegación en interiores que tiene por objetivo ayudar a la integración de personas con discapacidad intelectual. La interfaz de usuario se ha diseñado de manera que el usuario no pierda la consciencia sobre el entorno que está navegando. Así, se busca fomentar la independencia del usuario sobre la aplicación. El sistema emplea un teléfono inteligente combinado con etiquetas QR distribuidas por el entorno. Estas etiquetas sirven como puntos de referencia para que el sistema localice al usuario, así como para que el usuario localice el siguiente paso en la ruta. La elección de ambas tecnologías responde a la necesidad, producida por el contexto empresarial, de que el sistema sea fácilmente escalable y de bajo precio.

La aplicación ha sido probada por 30 participantes con discapacidad intelectual pertenecientes al programa Promotor de la Cátedra UAM-PRODIS. Los resultados han sido muy positivos: el 77% de los participantes finalizó las pruebas en menos de 2 veces que el tiempo requerido por los usuarios del grupo de control, y el 93% de ellos finalizaron en menos de 3 veces.

También hemos concluido dos ideas principales. Primera, el alto grado de conciencia de los participantes acerca de los momentos en los que requirieron ayuda, así como la escasa ayuda externa recibida (el 98% no recibieron ayuda o muy poca), nos hace pensar que sería posible hacer pruebas en escenarios no controlados. Segunda, los resultados positivos obtenidos por el asistente de navegación, tanto en rendimiento como en aceptación por parte de los participantes, nos invitan a pensar que podría ser empleado independientemente de la tecnología que se emplee para la localización del usuario.

Palabras clave:

Discapacidad intelectual, Navegación en interiores, código QR, Teléfono inteligente, Inteligencia ambiental

ABSTRACT

Wayfinding is an important challenge for people with mental impairments. They present some deficits on their abilities of keep oriented, recall routines and travel through unfamiliar areas. However in order to achieve an effective integration they need to acquire those skills. For the collective of disable people obtain and maintain an employ also represents an essential requisite for successful integration.

To solve that problem, we have developed a navigational indoor system with the aim of support the integration of people with mental impairments. The user interface has been designed taking in mind that users keep aware of the environment they are navigating. Thus, we focus on the idea of improving the independence of the user over the application. The system uses a smartphone combined with QR codes distributed around the environment. These labels are landmarks required for user's location as well as they are visual aids for location the next route step. We have chosen both technologies in order to develop a low-priced and scalable system because of the business context.

The application has been proved by 30 participants with cognitive disability belonging to the Promotor programme of the UAM-PRODIS Chair. The results have been very positives: the 77% of them passed the tests in less than 2 times the period of time needed by the control group, and the 93% finished in less than 3 times.

We can also conclude two main ideas. First, the high level of consciousness of the participants about the moments in which they needed help, as well as the little help required (the 98% of the participant received no help or very little help), let us think about testing the system in uncontrolled scenarios. And second, the positive references we have obtained about the navigation assistant encourage us to keep using independently of the indoor location technology.

Keywords:

Mental impairment, Cognitive disabilities, Wayfinding, Indoor navigation, QR codes, Smartphone, Ambient intelligence

Agradecimientos

Como si de una entrega de premios se tratara, me gustaría aprovechar este espacio para “repartir las culpas” de haber finalizado esta etapa estudiantil y vital a la que este proyecto “pone la guinda”.

En primer lugar quiero agradecer a mis padres todo lo que han hecho por mí. Desde despertarme por las mañanas cuando algún día “parecía” haberme quedado dormido hasta las noches en las que estudiaba y me decían “acuéstate ya que el examen de mañana, para ti, está chupado”. (Sin olvidar sus tan socorridos “¿quieres que te lo explique yo?”).

Quiero darle las gracias también a mi hermana por su apoyo en los momentos bajos y por su enorme labor durante la realización de este proyecto.

También quiero agradecerles a mis abuelos y tíos (a los que están y a los que están en mi recuerdo) su interés, alegrías y decepciones compartidas y así como rezos a la Virgen de la Vega (a la que al parecer le debo la mitad de mis aprobados...). Estoy seguro de que os sentiríais muy orgullosos de mí.

Quiero dar las gracias también a David. Por tener mucha fe en mí (“se me ha estropeado el móvil, seguro que lo puedes reparar”) y sobre todo por ser casi mi hermano. Gracias también a Iván (“¿cómo llevas lo tuyo?”) porque no creo que se pueda tener un amigo más leal.

Durante estos años de carrera he hecho también grandes amigos. Han sido mi familia y por ello no se pueden establecer favoritismos. Alberto (“Si falla el giro a la izquierda...pues lo quitamos”), Antonio (“Yo creo que con este ruido no entera de nada”), Carlos (“¿Seguro que está bien el polinomio característico?”) y Juan (“Tendré un 6,13 porque he contestado sobre 6,14...”).

Tampoco me quiero olvidar de otros muchos que también han estado presentes durante estos años: Ajito, Andrei, Chemary, David, Elena, Eva, Godoy, Javi Díez, Jorge, Julius, Laura, Luis, Marta, Miriam, Noe, Pablo, Sergio y Vivi.

Conscientemente he dejado fuera de la lista anterior a Sandra. No sólo ha sido parte de la carrera sino también parte de mi familia Erasmus. Copenhague no hubiera sido lo mismo sin ti ni Guille, Marta, Marine y Silvia (y algunos más que me dejo fuera...).

No quiero dejar de mencionar a otras personas que se han interesado por mí y por mis estudios a lo largo de estos años: Marta, Oscar, Irene (ORI)...

Como es lógico también debo dar las gracias a mi tutor, Pablo. Por estar muy pendiente de mi y ayudarme con todo. También doy desde aquí las gracias a Javi, a Sara y a Germán, por resolverme dudas y ayudarme con las interminables pruebas. Por supuesto también doy las gracias a todas las personas de la Fundación PRODIS así como a los estudiantes del curso de Formación para la Inclusión Laboral de Jóvenes con Discapacidad Intelectual por su colaboración y paciencia.

Seguro que me dejo fuera a muchos más. Si después de haber leído todo esto, te echas en falta, te pido disculpas por adelantado. Seguro que también merecías estar aquí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Solución propuesta.....	3
1.4	Riesgos y limitaciones.....	5
1.5	Organización de la memoria.....	6
2	Estado del arte	9
2.1	Introducción	9
2.2	Sistemas de guiado para personas con discapacidad intelectual.....	10
2.3	Resumen del capítulo	13
3	Diseño	15
3.1	Descripción del problema	15
3.2	Consideraciones en el diseño	17
3.2.1	La discapacidad intelectual	17
3.2.2	Restricciones del dispositivo	21
3.2.3	Etiquetas QR	27
3.2.4	Prototipado rápido	31
3.3	Proceso iterativo.....	33
3.3.1	Introducción	33
3.3.2	Primera iteración	35
3.3.3	Segunda iteración	44
3.3.4	Tercera iteración	46
3.4	Resumen del capítulo	49
4	Desarrollo	51
4.1	Introducción	51
4.2	Descripción estructural.....	51
4.3	Descripción comportamental	54
4.3.1	Máquina de estados	54
4.3.2	Diagramas de secuencia.....	56
4.3.3	Algoritmos de camino más corto.....	59
4.4	Descripción de la interacción de usuario.....	60
4.5	Escenarios de uso	67
4.6	Resumen del capítulo	68
5	Pruebas y resultados	71
5.1	Diseño de la prueba	71
5.2	Descripción de los participantes	75
5.3	Métodos materiales	80
5.4	Procedimiento	82
5.5	Discusión de resultados	91
5.5.1	Registro de actividad	91
5.5.2	Encuesta de satisfacción	93
5.6	Resumen del capítulo	99
6	Conclusiones y trabajo futuro	101
6.1	Conclusiones	101
6.2	Trabajo futuro	103
	Referencias.....	107
	Glosario.....	I

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CAPTURAS DE PANTALLA DE DOS APLICACIONES: WIKIPEDIA Y DROPBOX (2012).....	24
FIGURA 2: EJEMPLO DE <i>LAYOUT</i> BÁSICO DE UNA APLICACIÓN. ENDOMONDO (2012).....	25
FIGURA 3: PALETA DE COLORES GENERADA CON ADOBE KULER (2012).....	26
FIGURA 4: LOS CÓDIGOS QR ALMACENAN INFORMACIÓN EN VERTICAL Y EN HORIZONTAL. DENSO WAVE (2010).....	27
FIGURA 5: CAPACIDAD DE UN CÓDIGO QR. DENSO WAVE (2010).....	29
FIGURA 6: DISTINTAS VERSIONES DE LOS CÓDIGOS QR SEGÚN EL NÚMERO DE MÓDULOS. DENSO WAVE (2010).....	29
FIGURA 7: COMPARATIVA DE TAMAÑOS ENTRE UN CÓDIGO DE BARRAS Y UN CÓDIGO QR. DENSO WAVE (2010).....	29
FIGURA 8: RESISTENCIA A SUCIEDAD Y DAÑOS DE LOS CÓDIGOS QR. DENSO WAVE (2010).....	29
FIGURA 9: PARTES DE UN CÓDIGO QR. DENSO WAVE (2010).....	30
FIGURA 10: LA MISMA INFORMACIÓN ALMACENADA EN UNO O VARIOS CÓDIGOS QR. DENSO WAVE (2010).....	30
FIGURA 11: CÓDIGOS QR CREATIVOS (CORKBIN, TRUE BLOOD Y THE FILLMORE SILVER SPRING). MÁRKETING DIRECTO (2010).....	31
FIGURA 12: DIAGRAMA DE DISEÑO ITERATIVO. ROGERS ET AL. (2003).....	34
FIGURA 13: CAPTURA DE PANTALLA DE LA APLICACIÓN BALSAMIQ MOCKUPS (2012).....	35
FIGURA 14: CARTULINA CON EL PRIMER PROTOTIPO EN PAPEL DE LA APLICACIÓN.....	36
FIGURA 15: EJEMPLO DE PANTALLA PERTENECIENTE AL PRIMER PROTOTIPO.....	37
FIGURA 16: PANTALLAS PERTENECIENTES A LA PRIMERA PARTE DEL FLUJO DE PROGRAMA DEL PRIMER PROTOTIPO.....	38
FIGURA 17: PANTALLAS PERTENECIENTES A LA SEGUNDA PARTE DEL FLUJO DE PROGRAMA DEL PRIMER PROTOTIPO.....	39
FIGURA 18: PANTALLAS PERTENECIENTES A LA TERCERA PARTE DEL FLUJO DE PROGRAMA DEL PRIMER PROTOTIPO.....	39
FIGURA 19: PANTALLAS PERTENECIENTES A LA CUARTA PARTE DEL FLUJO DE PROGRAMA DEL PRIMER PROTOTIPO.....	40
FIGURA 20: PANTALLAS DEL SEGUNDO PROTOTIPO.....	45

FIGURA 21: INTERFAZ DE USUARIO REALIZADA EN HTML DEL TERCER PROTOTIPO.....	47
FIGURA 22: TERCER PROTOTIPO EN FUNCIONAMIENTO	48
FIGURA 23: DIAGRAMA DE CLASES DE LAS ESTRUCTURAS DE DATOS EMPLEADAS EN LA REPRESENTACIÓN DEL MAPA DEL ENTORNO Y DE LAS RUTAS	52
FIGURA 24: DIAGRAMA DE CLASES PARA LA OBTENCIÓN DE LA RUTA Y SEGUIMIENTO DEL USUARIO CUANDO REALIZA EL RECORRIDO DE LA MISMA	53
FIGURA 25: MÁQUINA DE ESTADOS DE LA APLICACIÓN, PRIMERA PARTE	55
FIGURA 26: MÁQUINA DE ESTADOS DE LA APLICACIÓN, SEGUNDA PARTE	56
FIGURA 27: CREACIÓN DE UN OBJETO DE LA CLASE <i>PATHFINDER</i> Y LOS DEMÁS OBJETOS DE LAS CLASES <i>PLACESMAP</i> , <i>ROUTECALCULATOR</i> Y <i>NAVIGATOR</i> ASOCIADOS	57
FIGURA 28: DIAGRAMA DE SECUENCIA DE LA APLICACIÓN PARA LOS CASOS DE CAPTURA DE CÓDIGO QR REPETIDO, CÓDIGO QR DESORDENADO Y CÓDIGO QR CORRECTO.....	58
FIGURA 29: DIAGRAMA DE SECUENCIA DE LA APLICACIÓN PARA LOS CASOS DE CÓDIGO QR ERRÓNEO Y CÓDIGO QR DESTINO.....	58
FIGURA 30: DIAGRAMA DE SECUENCIA DE LA APLICACIÓN PARA EL CASO DE CÓDIGO QR FUERA DE RUTA	59
FIGURA 31: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN.....	61
FIGURA 32: PANTALLAS DE LA PRIMERA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	62
FIGURA 33: PANTALLAS DE LA SEGUNDA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	63
FIGURA 34: PANTALLAS DE LA TERCERA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	64
FIGURA 35: PANTALLAS DE LA CUARTA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	65
FIGURA 36: PANTALLAS DE LA QUINTA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	66
FIGURA 37: PANTALLAS DE LA SEXTA PARTE DE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN	66
FIGURA 38: ADAPTACIÓN DE LAS IMÁGENES DEL RECORRIDO PARA LA APLICACIÓN.....	72
FIGURA 39: DIAGRAMA DE ESTADOS CORRESPONDIENTE A VERSIÓN DE PRUEBA DE LA APLICACIÓN	73
FIGURA 40: MENÚ DE PRESENTACIÓN DE LA VERSIÓN DE PRUEBA DE LA APLICACIÓN.....	74
FIGURA 41: EJEMPLO DE REGISTRO DE LA ACTIVIDAD DE UN USUARIO DURANTE EL DESARROLLO DE SU PRUEBA.....	74
FIGURA 42: SECTORES EMPRESARIALES DE LOS ALUMNOS EGRESADOS DEL PROGRAMA PROMOTOR. PROMOTOR-2011.....	77

FIGURA 43: PERFILES LABORALES DE LOS ALUMNOS EGRESADOS DEL PROGRAMA PROMENTOR. PROMENTOR-2011	77
FIGURA 44: DISTRIBUCIÓN POR SEXOS Y EDADES DE LOS PARTICIPANTES	78
FIGURA 45: HISTOGRAMA DEL CI DE LOS PARTICIPANTES	78
FIGURA 46: PERFIL DEL USO DEL TELÉFONO MÓVIL DE LOS ESTUDIANTES DEL PROGRAMA PROMENTOR.....	79
FIGURA 47: PERFIL USO DE INTERNET DE LOS ESTUDIANTES DEL PROGRAMA PROMENTOR	79
FIGURA 48: IMÁGENES FRONTAL Y TRASERA DEL HTC DESIRE	80
FIGURA 49: CÓDIGO QR IMPRESO PEGADO A LA PARED CON LA SEÑAL DE ADVERTENCIA	82
FIGURA 50: HISTOGRAMAS DEL NÚMERO DE PISTAS Y TIEMPO TOTAL PARA LA RUTA1	92
FIGURA 51: HISTOGRAMAS DEL NÚMERO DE PISTAS Y TIEMPO TOTAL PARA LA RUTA2	93
FIGURA 52: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS CUESTIONES REFERIDAS AL APRENDIZAJE Y MANEJO DE LA APLICACIÓN	94
FIGURA 53: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS CUESTIONES REFERIDAS A LAS PISTAS DE LA APLICACIÓN.....	94
FIGURA 54: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS CUESTIONES REFERIDAS AL DESEMPEÑO DEL USUARIO.....	95
FIGURA 55: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS CUESTIONES REFERIDAS A LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO SOBRE LA APLICACIÓN	96
FIGURA 56: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS CUESTIONES REFERIDAS A LA APARIENCIA DE LA APLICACIÓN.....	97
FIGURA 57: PERSONAJES DE SERIES DE ANIMACIÓN PARA ADULTOS. SOUTH PARK, LOS SIMPSONS Y PADRE DE FAMILIA	98
FIGURA 58: RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN LAS PREGUNTAS ACERCA DE LA OPINIÓN GENERAL DE LAS PRUEBAS	98

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: OBJETIVOS DEL PROYECTO VERSUS FUNCIONALIDADES DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	5
TABLA 2: EJEMPLOS DE HABILIDADES CONCEPTUALES, SOCIALES Y PRÁCTICAS. GONZÁLEZ-PÉREZ (2003).....	18
TABLA 3: NIVELES DE DISCAPACIDAD SEGÚN LA OMS. GONZÁLEZ-PÉREZ (2003).....	18
TABLA 4: PERSONAS CON DISCAPACIDAD SEGÚN EL NIVEL DE GRAVEDAD. POBLACIÓN DE 6 A 64 AÑOS. GONZÁLEZ-PÉREZ (2003)	19
TABLA 5: COMPARATIVA DE LOS PRINCIPALES CÓDIGOS 2D DEL MERCADO. DENSO WAVE (2010)	28
TABLA 6: DATOS CORRESPONDIENTES RUTA 1 DE LAS PRUEBAS	71
TABLA 7: DATOS CORRESPONDIENTES A LA RUTA 2 DE LA PRUEBA.....	72
TABLA 8: ASIGNATURAS DEL PROGRAMA PROMOTOR DE LA CÁTEDRA UAM-PRODIS. PROMOTOR-2011	76
TABLA 8: TABLA EMPLEADA PARA LA RECOGIDA DE DATOS DE LA RUTA 1 DURANTE LAS PRUEBAS	84

1 Introducción

1.1 Motivación

Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud, una de cada cuatro personas desarrolla al menos un trastorno de comportamiento en algún momento de su vida¹. Aunque no todos los trastornos impiden que dichas personas lleven una vida normal, muchos de ellos sí requerirían una asistencia especial. Se calcula que entre el uno y el tres por ciento de la población mundial posee algún grado de discapacidad intelectual. La integración y normalización de este colectivo es el principal propósito de este proyecto.

El proyecto ASIES (Adapting Social & Intelligent Environments to Support people with special needs) se centra en la investigación de las tecnologías necesarias para la promover la independencia y la autonomía en la vida diaria de las personas con diversidad funcional (Romañach y Lobato, 2005). Para ello se explota el potencial de las tecnologías de Inteligencia Ambiental. El proyecto fin de carrera que se detalla en este documento se enmarca en uno de los objetivos de ASIES: la asistencia en la localización de recursos y lugares a personas con discapacidad intelectual. Este proyecto se ha desarrollado en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

La legislación española actual obliga a que las empresas con 50 trabajadores o más incluyan en su plantilla al menos un 2% de personas con diversidad funcional (BOE del 04/06/1983)^{2 3}. Integrar laboralmente a estas personas no es sólo una obligación legal, sino también una obligación moral. Contribuir a la sociedad trabajando es un requisito indispensable para la realización plena de cualquier individuo.

Generalmente los trabajadores reciben una formación para el desempeño de las tareas dentro de la empresa. En algunos casos reciben formación por parte de programas especiales de inserción laboral. Por ejemplo, la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) junto con la fundación Prodis, ofrecen un curso formativo de dos años con este fin. Sin embargo, en el momento de incorporarse al puesto de trabajo, estas personas se enfrentan a situaciones específicas que requieren una atención particular. Este periodo de adaptación suele ser difícil para el trabajador y costoso para la empresa.

Nuestra aportación a este problema ha consistido en desarrollar una herramienta que dé soporte tanto a la asistencia como al entrenamiento del mencionado colectivo. Empleando un teléfono móvil inteligente como herramienta, sería posible proveerles de instrucciones personalizadas para la localización de recursos. En la actualidad es relativamente fácil poder acceder a un teléfono inteligente con cámara de fotos. De hecho, según los datos correspondientes al año 2011 de la ITU (International Telecommunication Union), en el

¹http://www.who.int/whr/2001/media_centre/en/whr01_fact_sheet1_en.pdf

²http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/act.php?id=BOE-A-1983-15813&p=20120211&tn=1

³http://www.mtin.es/es/guia/texto/guia_4/contenidos/guia_4_11_5.htm

mundo hay 5,9 millones de usuarios de teléfonos móviles⁴ (lo que supone un 87% de la población mundial). El número de usuarios con acceso a Internet ha crecido un 45% en los últimos 4 años lo representa el 56,5% de las personas en el caso de los países desarrollados. Nuestra herramienta se beneficiará de esa circunstancia.

1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es ayudar a las personas con discapacidad intelectual a la localización de recursos dentro su entorno laboral, así como un entrenamiento para mejorar su independencia. Para ello el sistema a desarrollar deberá cumplir una serie de características que detallamos a continuación:

- O1) La persona con discapacidad intelectual deberá ser capaz de desplazarse por un entorno desconocido empleando un tiempo razonable. En general consideraremos que el tiempo es razonable cuando esté por debajo de tres veces el tiempo que tardaría una persona sin discapacidad intelectual en recorrer el mismo espacio. Con todo habría que valorar que el grado y tipo de discapacidad de cada persona es diferente y que por tanto un mismo tiempo puede considerarse aceptable o no en función de las capacidades dicho individuo.
- O2) El usuario del sistema no deberá desarrollar dependencia del mismo. El objetivo del proyecto es que la persona con discapacidad intelectual sea más independiente en el desempeño de sus funciones, entre otras. Por tanto cuanto más prescindible sea el sistema para el usuario, mejor habrá sido el mismo. Idealmente el sistema será un entrenador que reducirá la curva de aprendizaje del usuario en el conocimiento del entorno.
- O3) El sistema deberá ser fácil de usar. Para ello no deberá entrañar una gran dificultad ni su enseñanza (realizada bien por los empleadores, bien por los profesores de los cursos especiales de inserción laboral) ni su manipulación. De tal manera que la persona con discapacidad intelectual no requerirá de un entrenamiento prolongado para su correcto uso (esto permitirá un ahorro tanto de tiempo como de dinero).
- O4) El diseño de la funcionalidad y la interfaz de usuario tendrán en cuenta las cualidades intelectuales y sensorio-motoras de las personas para las que se diseña el sistema.
- O5) El sistema deberá ser robusto. Dado que se pretende que sea utilizado por personas con discapacidad intelectual será de especial importancia que el sistema no presente fallos. Se pretende que el sistema proporcione independencia al usuario y seguridad a la hora de moverse por el entorno. Si se producen errores durante su ejecución, el usuario puede perder toda la confianza adquirida. Es preferible perder funcionalidades en virtud de la robustez.
- O6) En la medida de lo posible el sistema empleará la infraestructura existente. En caso de necesitar desplegar infraestructura adicional, esta deberá ser la mínima posible. El entorno para el que se desarrollará el sistema es el laboral. Así que cuanta menos

⁴ <http://www.itu.int/ITU-D/ict/facts/2011/material/ICTFactsFigures2011.pdf>

infraestructura requiera más atractiva será su adopción o incorporación para las empresas.

- O7) De cara a una futura implantación, el sistema deberá ser de bajo coste tanto de implantación como de mantenimiento. De este modo no sería descabellado imaginar que en un futuro se generalizara su uso.
- O8) El sistema deberá ser probado por usuarios para valorar su validez. Para ello será necesario implementar un prototipo funcional que pueda emplearse en un entorno real. De este modo se podrán detectar las fortalezas y debilidades del sistema de cara a las mejoras futuras.

1.3 Solución propuesta

Establecidos los objetivos que queremos que cumpla el sistema, podemos proponer una solución: un sistema de guiado en interiores basado en pistas visuales fácilmente reconocibles dispuestas en el entorno de manera inteligente.

El sistema permitirá al usuario seleccionar la ubicación de origen y la ubicación de destino, después encontrará una ruta entre ambas para posteriormente guiar al usuario empleando las pistas visuales distribuidas por el entorno.

Las tecnologías escogidas para implementar esta solución son el uso combinado, por un lado, de un teléfono inteligente con cámara y, por otro lado, de etiquetas 2D (en concreto, códigos QR).

A continuación se detalla las funcionalidades que nos aportan los dos elementos que hemos elegido para desarrollar nuestra solución. Además, al final de cada funcionalidad incluiremos una referencia a los objetivos del apartado anterior que satisface.

El uso de un teléfono móvil nos aporta las siguientes funcionalidades:

- FM1) Facilidad de aprendizaje. La alfabetización en el uso de dispositivos móviles y de teléfonos inteligentes en concreto es muy elevada. En especial entre los jóvenes, que en principio serán los usuarios finales o receptores de este proyecto. [Objetivos 1,2, 3 y 4].
- FM2) Disponibilidad de terminales. Cada vez es más fácil disponer de un teléfono inteligente. Dado que existe un elevado rango de precios, el sistema funcionará sobre equipos de gama media-baja. [Objetivos 6 y 7].
- FM3) Equipos de alta calidad. Como norma general podemos afirmar que los actuales teléfonos inteligentes son razonablemente resistentes frente a caídas así como cómodos de manejar (pantallas táctiles). Por otro lado son muy versátiles y en el hipotético contexto laboral, no supondrían, en exclusiva, una inversión para la navegación en la empresa. [Objetivos 6 y 7].
- FM4) Sistema operativo multiplataforma. El sistema se desarrollará en Android lo que quiere decir que será potencialmente compatible con multitud de dispositivos. Si

bien hay que remarcar que es imprescindible que el equipo disponga de cámara de fotos. La elección de Android como sistema para el desarrollo de la aplicación está motivada por la posición dominante que ocupa en el mercado de los dispositivos inteligentes. Android cuenta con una cuota del 48,8% en 2011 y un crecimiento del 244,1% respecto al año 2010⁵. [Objetivo 5].

- FM5) Sistema de distribución. La sencillez con la que se pueden distribuir aplicaciones por medio de Google Play (antes Android Market) facilitaría en un futuro la descarga de la herramienta. [Objetivos 6 y 7].
- FM6) Funciones adicionales. Aparte de disponer de la aplicación, lo habitual será que el terminal que usamos tenga más funcionalidades. De manera que si estamos usando un teléfono inteligente, los empleadores tendrán la posibilidad de llamar al usuario en caso de, por ejemplo, pensar que se ha perdido.

El empleo de etiquetas 2D como pistas visuales también nos aporta otra serie de funcionalidades:

- FE1) Lectura robusta. La tasa de error en el reconocimiento de la etiqueta es bastante baja. La lectura no se ve afectada por interferencias electromagnéticas como ocurre con otras tecnologías (NFC/RFID). [Objetivo 5].
- FE2) Bajo coste. Las etiquetas físicas están compuestas de papel y tinta por lo que producirlas requiere únicamente una impresora. El mantenimiento es nulo, y en caso de deterioro se pueden cambiar rápidamente. [Objetivos 6 y 7].
- FE3) Disponibilidad del lector. La lectura de las etiquetas se realiza mediante un teléfono móvil dotado de cámara. En nuestro caso, como ya hemos dicho, usaremos terminales Android dada la facilidad de desarrollo que proveen. [Objetivo 5].
- FE4) Software para generar y leer etiquetas gratuito y abierto. Las etiquetas generadas para las pruebas de este proyecto se generaron mediante Kaywa⁶. Para su lectura se puede emplear, entre otras, la aplicación de ZXing⁷. [Objetivo 5].
- FE5) Capacidad de información. Las etiquetas 2D pueden almacenar varios miles de caracteres frente a los 20 dígitos de los códigos de barras.
- FE6) Etiquetas virtuales. En un principio las etiquetas se imprimirán, sin embargo la tecnología permite la lectura de códigos QR desde pantallas digitales. Esto abre un abanico de posibilidades que quedan fuera del ámbito de este proyecto.

En la siguiente tabla podemos ver fácilmente cómo se relacionan los objetivos y las funcionalidades (véase ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):

⁵ http://www.canalys.com/static/press_release/2012/canalys-press-release-030212-smart-phones-overtake-client-pcs-2011_0.pdf

⁶ <http://qrcode.kaywa.com/>

⁷ <http://code.google.com/p/zxing>

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
FM1	X	X	X	X			
FM2						X	X
FM3						X	X
FM4					X		
FM5						X	X
FM6							
FE1					X		
FE2						X	X
FE3					X		
FE4					X		

Tabla 1: Objetivos del proyecto versus funcionalidades de la solución propuesta

Se puede observar que la solución propuesta cubre los objetivos que nos hemos planteado. Además, aporta algunas funcionalidades adicionales (FE5 y FE6), que aunque no cubren ninguno de los objetivos propuestos, facilitan la extensión de la solución a otros escenarios. Por otro lado también podemos ver que el objetivo 8 no se cubre directamente por la funcionalidad. Dicho objetivo se refiere a las pruebas de la aplicación para su evaluación. Es un objetivo que no puede ser satisfecho por la tecnología, pero que sí vamos a cumplir (véase capítulo 5 Pruebas y resultados).

1.4 Riesgos y limitaciones

Como hemos explicado en el punto anterior, la solución elegida es el uso combinado de un teléfono móvil inteligente con etiquetas 2D. Esta solución sin embargo, presenta una serie de riesgos y de limitaciones que vamos a ver a continuación:

Riesgos. Entendiendo como tales, las suposiciones que hemos hecho que podrían no cumplirse:

- 1) Despliegue. La selección de lugares para fijar las etiquetas y su colocación es una tarea laboriosa. El éxito del sistema depende en gran medida de esta fase. Por ello se elaborará un protocolo de instalación que garantice en la medida de lo posible que esta tarea se realiza de forma adecuada.
- 2) Localización. A parte de la selección de lugares para la disposición de las etiquetas, es de vital importancia la introducción del grafo resultante de la fase anterior, en la aplicación. Tan sólo con que un nodo central no esté correctamente introducido, las rutas proporcionadas por el programa no serán, como mínimo, las óptimas. Por este motivo será conveniente que una vez la aplicación esté adaptada a un emplazamiento concreto, sea probada por personas que conozcan el entorno y puedan validar el funcionamiento.

- 3) Formación. Para que los usuarios puedan sacarle el máximo partido a la aplicación es necesario que sean convenientemente instruidos. Si bien el entrenamiento no debería tener una duración prolongada, si es cierto que es imprescindible. Para hacer esta tarea lo más eficientemente se proporcionará junto con la aplicación, una versión demostrativa de la misma que servirá para enseñar los conceptos más importantes.
- 4) Complejidad. Los dispositivos móviles inteligentes tienen muchas funcionalidades, lo que puede hacer que para algunas personas con discapacidad intelectual sean demasiado complicados. Para acotar este problema recomendamos que el terminal se configure en modo avión (modo en que el móvil no emite ni recibe ningún tipo de señal) se limiten el número de iconos en el escritorio y que se quite la opción de rotación automática (giro de la pantalla).

Limitaciones. Entendiendo como tales a las características de este proyecto en concreto que no se han implementado:

- 1) Compatibilidad limitada. Hemos escogido Android como única plataforma de desarrollo para dispositivos móviles porque el objetivo es disponer en menos de nueve meses de un prototipo funcional para que se pueda probar en un entorno real. Sin embargo, la solución se podría migrar fácilmente a otras plataformas como iOS (siempre que el dispositivo disponga de cámara).
- 2) Funcionalidades limitadas. Las funciones de la aplicación se ceñirán estrictamente al desarrollo de un sistema de localización de lugares y recursos usando pistas visuales. Incluirá un registro de la actividad del usuario. Para trabajo futuro quedará utilizar dicho registro para la implementación de un sistema de entrenamiento adaptado a cada usuario.
- 3) Intrusismo. El despliegue de etiquetas 2D por un entorno laboral se puede considerar razonablemente intrusivo. Encontrar el balance entre pocas etiquetas y pequeñas (poco intrusivas) y muchas etiquetas y grandes (muy intrusivas) es un elemento a estudiar. Por otro lado cabe señalar la posibilidad de modificar el aspecto de los códigos QR para embellecer su aspecto. Veremos ejemplos de ello más adelante.

1.5 Organización de la memoria

La memoria consta de seis capítulos y de dos anexos, que se detallan a continuación.

- **Capítulo 1.** Introducción.

En el presente capítulo se explican las motivaciones así como los objetivos del proyecto y la solución que planteamos con sus fortalezas y debilidades. Además se incluye la estructuración que va seguir la memoria.

- **Capítulo 2.** Estado del arte.

En este apartado se realiza un estudio de la documentación referente a proyectos relacionados con la navegación de personas con discapacidad intelectual.

- **Capítulo 3.** Diseño.

El capítulo 3 describe el problema al que nos enfrentamos. A continuación hace un repaso de las consideraciones tenidas en cuenta para el diseño. Finalmente describe las etapas recorridas durante el diseño de la aplicación. Desde la maqueta en papel hasta el prototipo de baja fidelidad con el diseño definitivo.

- **Capítulo 4.** Desarrollo.

Este apartado incluye una descripción pormenorizada de la aplicación. Esto es, una descripción estructural, comportamental y de interacción con el usuario.

- **Capítulo 5.** Pruebas y resultados.

Aquí se exponen las pruebas realizadas durante la ejecución del proyecto, así como los resultados obtenidos de dichas pruebas.

- **Capítulo 6.** Conclusiones y trabajo futuro.

En este apartado se detallan las conclusiones obtenidas después de la realización del proyecto así como propuestas de trabajo futuro para la mejora de la aplicación.

- **Anexo I.** Presupuesto.

Una aproximación a los costes que supondría realizar el proyecto.

- **Anexo II.** Pliego de condiciones.

Condiciones legales del proyecto.

2 Estado del arte

2.1 Introducción

El desplazamiento de las personas, como dijeron Montello y Sas (2008), se podría dividir en dos partes: navegación y movimiento. Nuestro trabajo se centra en el primero. Por navegación entendemos la parte del desplazamiento que requiere conocer dónde vamos y cómo vamos a llegar allí.

La navegación engloba muchos factores. Factores relacionados de la psicología humana tales como la orientación, la atención, la automatización de ciertos procesos. Factores relativos al entorno tales como la diferenciación, la distribución de los edificios, calles etc, la distribución de las señales. Y factores relacionados con la tecnología que son los que vamos a investigar un poco más adelante.

Para estudiar la importancia de la navegación, vamos a hacer un breve repaso por un aspecto íntimamente relacionado: la psicología del individuo perdido. Entendiendo como tal a la persona que es incapaz de determinar su posición con respecto a otra localización conocida y que no dispone de ningún medio efectivo para reencontrarse (Hill, 1998).

Según numerosos estudios, la capacidad de la navegación está determinada por la habilidad del individuo de reconocer apropiadamente los estímulos proporcionados por el entorno y por la habilidad para recordar las rutas y caminos previamente recorridos. Con frecuencia sucede que las personas poseemos un conocimiento mucho más limitado de lo que a priori pensamos de los lugares que conocemos. Poseemos un conocimiento de las rutas pero no un conocimiento del terreno. Esto es, no disponemos de un mapa mental adecuado.

Cuando una persona se pierde normalmente se produce un estado de gran excitación que puede llegar a nublar el juicio del individuo. Si la persona padece algún tipo de discapacidad mental la situación puede llegar a ser dramática.

Tal como acabamos decir, la adecuada navegación depende de una serie de capacidades tales como la atención y la memoria. Se ha estudiado que determinados grupos de población presentan un déficit en su habilidad para la navegación como consecuencia de esto. Por ejemplo, Benson (2010) concluyó que las personas con síndrome de Down cometen más errores y tardan más tiempo en realizar una navegación en un entorno virtual que otras personas con un desarrollo espacial comparable (personas con otro tipo de discapacidad mental y niños). Estos peores resultados se mantienen a pesar de que se produzca un entrenamiento previo. Según su investigación, la principal causa de este déficit se debe a la disfunción en el hipocampo asociada a las personas con síndrome de Down.

El estudio que vamos a realizar a continuación se centrará por tanto en los trabajos relacionados con la navegación y las personas con discapacidad mental.

2.2 Sistemas de guiado para personas con discapacidad intelectual

Las dificultades que presenta la movilidad para personas con diversidad funcional han sido tratadas por numerosos científicos del área de las tecnologías de la información pero también de las áreas de la psicología y de la medicina (Guillespie et al. 2012). A lo largo de este apartado vamos a ver diferentes propuestas en este campo. Empezaremos desde propuestas más generales con algunos puntos en común hasta otras de mayor similitud.

Tal vez, uno de los últimos estudios más relevantes en este ámbito, ha sido el realizado por Carmein et al. (2005) en torno al problema de la movilidad usando el transporte público. Para muchas personas el uso del transporte público es una alternativa más en sus modos de desplazamiento. Para las personas con diversidad funcional suele ser el único. Sin embargo el diseño de los aspectos que lo componen dista mucho de ser el idóneo.

El marco fundamental sobre el que se apoya su trabajo en esta área es el de la cognición distribuida. El concepto de cognición distribuida hace hincapié en la naturaleza distribuida de los fenómenos cognitivos a través de las personas, los objetos y las representaciones internas y externas (Hutchins, 1995). El propósito desarrollado por Carmein et al. de interpretar el conocimiento para poder presentar la información adecuada, en el momento adecuado, de la forma adecuada, para la persona adecuada (Dey et al. 2001) coincide con el nuestro. Para lograr este ambicioso propósito realizó observaciones en el funcionamiento de la red de transporte. Las conclusiones más importantes para nuestro trabajo las podemos leer a continuación:

- Los problemas más comunes a los que se enfrentan los usuarios de la red pública de transporte son: lectura y comprensión de las direcciones, acceso al vehículo correcto, salida en la parada o estación correcta y comprensión de las locuciones o anuncios realizados por los operadores.
- Los usuarios del transporte público se puede dividir en dos categorías:
 - Usuarios regulares: personas que usan a diario el transporte público
 - Usuarios infrecuentes: personas que usan el transporte público por primera vez, turistas y usuarios habituales pero que están realizando una nueva ruta.
- Los errores en el uso de la red de transporte público son cometidos incluso por usuarios regulares. Los hay de dos clases:
 - Errores del sistema: autobuses mal señalados, autobuses que no siguen el horario, autobuses que siguen una ruta distinta a la habitual...
 - Errores del usuario: personas que se quedan dormidas, que leen mal alguna señal, que no entienden correctamente el anuncio de la llegada a una parada, que olvidan indicar su intención de bajar en la próxima parada, que cogen el autobús equivocado, o se bajan en una parada equivocada...

Podemos extraer de aquí algunas ideas aplicables a nuestro proyecto aunque nuestra aplicación se centra en un ámbito distinto. En la navegación en interiores los problemas de

incomprensión de las indicaciones así como la salida en la planta correcta (por ejemplo cuando se usa un ascensor), también están presentes. Por otro lado también podemos identificar los mismos perfiles de usuario en el desplazamiento por interiores. Finalmente algunos de los errores que se producen en los desplazamientos interiores también coinciden con los descritos previamente. Por ejemplo entrar a un edificio incorrecto dentro de un bloque de oficinas.

En general podemos decir que el desplazamiento por interiores presenta menos problemas y de menos gravedad que el uso de la red de transporte público, sin por ello estar exento de ellos. Así nuestro proyecto no implementa medidas de ayuda tales como un botón de pánico, ya que la aplicación que hemos desarrollado trata de reducir la dependencia de tutores. Con todo, la posibilidad de realizar una llamada al teléfono del tutor sigue presente.

Del trabajo de Carmein et al. podemos sacar más ideas aplicables a nuestro proyecto. La colaboración con todas las personas que trabajan y viven con el colectivo de discapacitados es muy importante. Diseñar un sistema que permita a los tutores o padres adaptar o modificar las rutas establecidas es crucial para que la aplicación sea realmente útil. En la misma línea, plantean la utilidad de que los tutores puedan diseñar no sólo rutas, sino tareas. Nuestro proyecto no contempla este aspecto, pero es una de las líneas de trabajo que se realiza en nuestro laboratorio. (Gómez et al. 2012).

Otra idea desarrollada por Carmein et al. que también resulta de interés para trabajo futuro es el diseño de niveles distintos de granularidad en las indicaciones. Esto es, reducir el número de indicaciones que se le muestran al usuario a medida que éste mejora su destreza con la navegación. A medida que el usuario realiza correctamente los desplazamientos aumentamos la granularidad para promover su autonomía. Como decimos, este aspecto de entrenamiento, no lo hemos desarrollado en la aplicación actual. Sin embargo si hemos sentado las bases para el mismo: se guarda un registro de la actividad de cada usuario para hacer una posterior evaluación de su rendimiento.

El concepto de extender el uso de estas tecnologías a personas que no presentan discapacidad intelectual también lo contemplamos nosotros como una de las claves para una futura implantación. En apartados posteriores comentaremos algunas aplicaciones posibles.

Hasta ahora hemos hablado de un proyecto que comparte ideas generales, vamos a ver otros trabajos con ideas más concretas. Para el desarrollo de nuestro proyecto también hemos tenido en cuenta el trabajo Lemoncello et al. (2010). En uno de sus estudios evaluaron tres sistemas de orientación diferentes para la navegación: puntos conocidos/destacados y calles con puntos cardinales e izquierda-derecha. De su análisis concluyeron que lo mejor era emplear puntos conocidos.

Nosotros estamos de acuerdo con esto pero consideramos que la identificación de los mismos suele ser más compleja en interiores por la homogeneidad los mismos. Es por eso que en nuestro trabajo decidimos añadirlos artificialmente: empleamos códigos QR impresos. Al ser baratos y relativamente fáciles de localizar, conseguimos facilitar este tipo de navegación.

Otro trabajo interesante es el realizado por Fickas et al. (2010) acerca de cuál es la mejor forma de asistir a un usuario cuando se pierde durante la ruta. Su estudio consistió en la evaluación de dos grupos de personas (con discapacidad intelectual y sin ella) que requieren asistencia cuando realizan un camino con unas indicaciones intencionadamente erróneas. Entre otras cosas concluyeron que las personas con discapacidad intelectual tienen más dificultades a la hora de expresar su posición a un asistente encargado de volver a situarles en ruta. Además requieren más indicaciones para volver a retomar el camino correcto, verificaciones constantes, intervenciones más frecuentes...

Bajo nuestro punto de vista, sería muy interesante poder contar con un asistente humano a disposición de los usuarios de la aplicación para ayudarles en todo momento. Sin embargo, es algo que resultaría muy costoso. Nuestro proyecto, como ya hemos comentado, tiene como objetivo ayudar en la navegación en interiores y el escenario previsible una empresa. Por tanto es un entorno más controlado a la vez que un entorno que requiere bajos costes. Consideramos que la aplicación debe ser capaz de corregir los errores cometidos por el usuario. Y así lo hemos hecho. El usuario puede capturar cualquier código QR que encuentre y automáticamente obtener las indicaciones necesarias para continuar con su ruta, se haya perdido, o no. Con esto no estamos diciendo que se prescinde completamente de la necesidad de tener un supervisor, pero sí que el objetivo es aumentar la independencia del usuario al máximo.

Al respecto de la forma de proporcionar la información hemos considerado los trabajos de Liu et al. (2006) y de Chang y Wang (2010). Según un estudio de los primeros sobre el desarrollo de una interfaz funcional para personas con discapacidad intelectual, cada usuario tiene sus preferencias a la hora de recibir instrucciones: imágenes, audio y/o texto. Chang y Wang concluyeron que el vídeo era preferido por los usuarios por delante de las imágenes.

Nosotros hemos optado por una única combinación de sistemas para suministrar las instrucciones al usuario: una combinación de imágenes y texto. Las primeras son el sistema principal. El texto por su parte, lo empleamos para dar indicaciones en lugares que presentan una dificultad adicional. Consideramos que tanto el audio como el vídeo requieren de una temporización concreta y una interfaz algo más compleja. Con todo, utilizar vídeos como sustitutos de los textos (para los lugares con más dificultad), puede ser una línea de trabajo futuro.

Sí que hemos coincidido con algunas de las observaciones de ambos. La interfaz de usuario y las imágenes se han tomado para ser lo más accesibles y reconocibles posibles. El vocabulario que empleamos es sencillo de entender. Las imágenes además, deben mostrar tantos elementos diferenciales como el entorno nos permita.

Otro trabajo de Liu et al. (2009) discute sobre otros elementos que pueden estar presentes en una aplicación de movilidad. Habla de la utilidad de incluir nombres de sitios cuando se suministran las indicaciones. Esto es algo que no nos parece útil. Sí que es bueno que el usuario conozca el nombre del origen y el destino cuando la aplicación se refiere a ellos, pero no parece que aporte demasiado indicar, por ejemplo, “tercera sección de pasillo de la segunda planta”. Comenta también la posibilidad de introducir indicaciones compuestas. También lo hemos descartado. Consideramos que mantener un sistema sencillo que sea apto para todos los usuarios es más acertado. Por último comentar otro aspecto del que habla: la personalización de rutas. Este es un aspecto que nosotros no hemos cubierto. Si

por ejemplo el usuario no pudiera hacer uso de las escaleras, sería interesante que la aplicación pudiera incluir este tipo de filtrados.

El último trabajo que hemos tenido en cuenta a la hora de realizar nuestro proyecto es la aplicación WADER (Wayfinding System with Deviation Recovery) realizada por Tsai (2009). Se trata de una aplicación para la movilidad en interiores que emplea una PDA y códigos QR para realizar las rutas.

En efecto nosotros empleamos códigos QR y nuestra aplicación permite, tanto elegir destinos diferentes entre un listado, como corregir los posibles errores cometidos por el usuario durante su trayecto (funcionalidad no disponible en ninguno de los trabajos anteriores). Por otro lado envía un registro con la actividad del usuario. El uso de los códigos QR permite que la aplicación no tenga que hacer estimaciones de tiempo para suministrar al usuario las indicaciones pertinentes, lo que supone una mejora sustancial respecto de las demás propuestas.

Hay algunos puntos en los que nos diferenciamos de los sistemas mencionados. Por ejemplo, nuestra aplicación no necesita usar Internet para obtener la información relativa a la ruta y la información de la actividad del usuario. Los teléfonos inteligentes tienen capacidad suficiente para contener la información necesaria. Esto simplifica el funcionamiento reduciendo posibles errores (caída de la red, mala cobertura móvil...). Los datos de actividad del usuario no los empleamos de momento, pero tal como hemos dicho, una línea de trabajo futuro consistirá en su utilización.

Otra consideración que hemos hecho es la importancia de hacerle saber al usuario que ha cometido un error. No se trata de hacer una penalización, sino hacer una llamada de atención, pues el objetivo es “enseñarle” a desplazarse. Queremos potenciar la independencia del usuario así como hacerle tomar conciencia del entorno. Este es el motivo por el que nosotros hemos optado por no incluir flechas de dirección. Aportan una información prescindible y que además puede confundir a algunos usuarios por la escasa precisión de las mismas.

Una característica que no hemos encontrado en ninguna de las demás propuestas es el uso de un asistente virtual. Se podría considerar que “infantiliza” la aplicación pero tras las pruebas con usuarios se desmiente esta hipótesis. Es más, les motiva y facilita la comunicación del resultado de las capturas pues la expresión del asistente varía en función de esto.

En definitiva nuestro trabajo apuesta por promover la independencia del usuario. Para ello trata de hacer al usuario más consciente del entorno, simplificando las instrucciones y suministrando al usuario el resultado de cada una de las capturas. Al usar códigos QR, las indicaciones se muestran en el momento exacto a la vez que se consigue que el entorno disponga de puntos de interés fácilmente reconocibles.

2.3 Resumen del capítulo

En este capítulo hemos analizado el trabajo relacionado en cuanto a la navegación. Los aspectos clave son:

- El guiado en interiores presenta grandes diferencias con respecto al guiado en exteriores. Es un entorno más controlado.
- Emplear puntos destacados como referencia para desarrollar rutas es la mejor opción. En interiores sin embargo es complicado obtener muchos de estos puntos. Nuestra aplicación compensa este problema con los códigos QR.
- Para muchos sistemas de navegación es complicado realizar la temporización para enviar las indicaciones al usuario. Existen varios sistemas capaces de indicar al dispositivo la posición del usuario, sin embargo suelen ser imprecisos. Este problema no tiene lugar con nuestra aplicación. En el momento en el que un usuario captura un código QR, el teléfono inteligente conoce la posición del usuario con exactitud.
- Los sistemas de apoyo al usuario suelen ser costosos. Nuestro trabajo pretende prescindir de ellos en la medida de lo posible. La aplicación debería ser suficiente para que el usuario alcance el destino. Es por eso que resuelve los posibles errores cometidos por el usuario durante el recorrido.
- Algunos trabajos abogan por presentar una interfaz adaptada a cada usuario pero nosotros no lo creemos necesario. Las pruebas han demostrado que una interfaz de usuario sencilla e intuitiva puede ser válida para todos los usuarios y es menos costosa de implementar. En concreto hemos optado por usar imágenes siempre y texto en los lugares de mayor complejidad.
- Las indicaciones que se suministran al usuario tan sólo incluyen una foto con la etiqueta QR resaltada en rojo. La mayoría de los trabajos en la literatura emplean flechas o incluso señales de tráfico sobre las imágenes. Consideramos que eso puede complicar la comprensión de las indicaciones. Con nuestro sistema buscamos que el usuario preste más atención al entorno.
- Consideramos interesante que la aplicación se pueda escalar y configurar para realizar tareas más específicas como repartir el correo. Esta es una de las líneas de trabajo futuro. Así mismo estamos de acuerdo con la idea de que permitir que la aplicación sea usada por cualquier colectivo.
- Respecto del trabajo que más se parece al nuestro, WADER, nosotros hemos incluido cambios importantes. Guardamos los datos de la aplicación así como del registro de usuario en local, empleamos un asistente para facilitar la comunicación con el usuario. Además reducimos la complejidad de las indicaciones
- En definitiva, nuestra aplicación persigue que el usuario reconozca el entorno pues el objetivo es promover la independencia del usuario sobre la misma.

3 Diseño

3.1 Descripción del problema

El empleo es un factor imprescindible para garantizar la igualdad de oportunidades y permitir la participación plena de los ciudadanos en los ámbitos económico, cultural y social así como para el desarrollo personal⁸. A pesar de que la gran mayoría de las personas con algún tipo de discapacidad puede desempeñar un trabajo, actualmente la tasa de inactividad de este colectivo alcanza el 65% según cálculos del Colectivo Ioe⁹. Esta elevada tasa supone en la práctica un ámbito más de exclusión social. Se podría considerar que esta tasa responde al contexto de crisis actual sin embargo en el año 2008 la tasa de paro de personas con discapacidad era más del doble que la de la población general (20,3% frente a 9,2%).

La legislación laboral actual obliga a las empresas, tanto públicas como privadas con 50 trabajadores o más, a que el 2% de su plantilla sean trabajadores que presenten al menos un 33% discapacidad acreditada. A pesar de que existen algunas excepciones a esta norma, los incentivos para las empresas que contratan a personas con diversidad funcional son muy destacables. Estos beneficios van desde subvenciones (por contratación, para la formación del empleado y adaptación del puesto de trabajo) hasta deducciones en el impuesto de sociedades y bonificaciones en las cuotas de la Seguridad Social (BOE del 04/06/1983).

En España existen centros que imparten cursos especiales de empleo dirigidos a personas con diversidades funcionales. El objetivo de estos cursos es dotar a estas personas de las herramientas necesarias para facilitarles la inserción laboral. Sin embargo estos cursos tienen una orientación de carácter general. Esto implica que los alumnos adquieren conocimientos que después deben adaptar a sus tareas en el puesto de trabajo. La navegación en la empresa requiere de una formación específica por parte del empleador.

La navegación en general, y en la empresa en particular, es complicada. Algunas de las dificultades a que se enfrentan las personas con discapacidad intelectual son las siguientes (Carmein, 2005):

- Para muchas personas con discapacidad intelectual es muy importante la adopción de rutinas. Un cambio en el entorno laboral (por ejemplo, un ascensor que no funciona) les puede producir situaciones de pánico o bien el abandono de rutinas previamente adquiridas.
- Para cualquier persona la adaptación a un nuevo entorno no es sencilla. El uso de mapas o indicaciones facilita en parte esta labor. Sin embargo el acceso a ellos así como su comprensión representa un reto adicional para personas con discapacidad intelectual.

⁸ <http://www.msc.es/politicaSocial/discapacidad/informacion/empMasInformacion.htm>

⁹ http://multimedia.lacaixa.es/lacaixa/ondemand/obrasocial/pdf/estudiossociales/vol33_es.pdf

- La navegación por nuevas rutas dentro del mismo entorno laboral supone también una dificultad añadida para las personas con discapacidad intelectual. Especialmente para aquellas con déficits de atención o memoria.

La formación juega un papel prioritario en los procesos que llevan a la inclusión laboral de las personas con discapacidad. La formación es fundamental tanto como espacio formativo de preparación para la inclusión como para coordinar los apoyos necesarios para que los jóvenes con discapacidad puedan construir sus itinerarios personales más allá de la escuela (Vilà et al, 2012).

La UAM en colaboración con la Fundación Prodis¹⁰, cuenta con un programa para la inclusión laboral de personas con discapacidad intelectual: “Formación para la Inclusión Laboral de Jóvenes con Discapacidad Intelectual”. Los alumnos del curso deben cumplir con una serie de requisitos:

- Ser mayores de edad.
- Poseer una discapacidad intelectual de un 33% o más.
- No tener problemas de conducta.
- Poseer una serie de competencias básicas (leer, escribir...).
- Autonomía en los desplazamientos.

El curso tiene una duración de dos cursos académicos. La finalidad del título es *formar a jóvenes capaces de desenvolverse en diferentes contextos empresariales de ámbito público y privado; capaces de adaptarse a las distintas culturas empresariales; que dominen las distintas materias del programa de formación, que se acepten así mismos y a los demás; que manifiesten iniciativa; que sepan trabajar en equipo, capaces de reflexionar sobre su práctica y comprometidos responsablemente con su actividad laboral.*

Con frecuencia los alumnos disponen de un puesto de trabajo al finalizar el curso, pues es común que las empresas donde realizan prácticas se decidan por contratarles.

Es importante resaltar que apenas existen centros que impartan títulos de este tipo, por lo que las opciones de inserción laboral se ven mermadas. A esto habría que sumar el contexto de crisis actual en el que nos encontramos inmersos, que como hemos dicho, golpea especialmente a este colectivo. Si salimos del ámbito laboral y nos fijamos en el ámbito del tiempo libre es posible trasladar gran parte de la problemática que las personas con diversidad funcional encuentran.

Si somos capaces de valorar el ocio como un parámetro fundamental de la calidad de vida y como un aspecto básico para la inclusión social (Madariaga, 2009) podremos hacer nuestra la necesidad de favorecer y facilitar el acceso al mismo. En este sentido, la navegación por entornos de ocio puede asimilarse con la movilidad por entornos laborales.

¹⁰ <http://www.fundacionprodis.org/promotor>

De manera que si somos capaces de aportar una mejora sobre el segundo, podremos aplicarla también sobre el primero.

Una vez comprendida la necesidad de la incorporación laboral y el acceso al ocio para la integración social, hay que señalar que la Inteligencia Ambiental puede proporcionar las herramientas necesarias para facilitar estas tareas (Clar, 2007). En concreto el objetivo de este proyecto es dar soporte y autonomía para proveer al trabajador con discapacidad intelectual de algunas herramientas necesarias para su correcto desempeño profesional. El sistema propuesto será especialmente útil durante el periodo de entrenamiento, que se produce en la incorporación al puesto de trabajo, así como en el desempeño de nuevas tareas para las cuales no haya sido entrenado. Reducir en la medida de lo posible este periodo de aprendizaje es crucial, pues es difícil para el trabajador a la vez que costoso para la empresa.

3.2 Consideraciones en el diseño

A lo largo de este apartado vamos a ver las características de los distintos elementos que integran la solución planteada para resolver el problema descrito anteriormente. Es decir, estudiaremos las consideraciones de diseño derivadas de las características de las personas con discapacidad intelectual, el diseño para teléfonos inteligentes y los códigos QR. Posteriormente haremos un breve análisis del prototipado rápido.

3.2.1 La discapacidad intelectual

Concepto

Tal como hemos ido diciendo a lo largo del texto, el perfil del usuario al que se dirige la aplicación es muy específico. En este apartado vamos a ver las características de las personas que presentan discapacidad intelectual.

En primer lugar vamos a ver el concepto de discapacidad intelectual:

“Es una discapacidad caracterizada por limitaciones significativas tanto en el funcionamiento intelectual como en la conducta adaptativa, expresada en habilidades adaptativas conceptuales, sociales y prácticas.” (Luckasson et al. 2002).

A continuación podemos ver una tabla con ejemplos de habilidades conceptuales, sociales y prácticas (Verdugo, 2003):

Conceptual	Social	Práctica
Lenguaje (receptivo y expresivo) Lectura y escritura Conceptos de dinero Autodirección	Interpersonal Responsabilidad Autoestima Credulidad Ingenuidad Sigue las reglas Obedece las leyes Evita la victimización	Actividades de la vida diaria: -Comida -Movilidad -Aseo -Vestido Actividades instrumentales de la vida diaria: -Preparación de comidas -Mantenimiento de la casa -Transporte -Toma de medicinas -Manejo de dinero -Uso de teléfono Habilidades ocupacionales Mantiene entornos seguros

Tabla 2: Ejemplos de habilidades conceptuales, sociales y prácticas. González-Pérez (2003)

Niveles de discapacidad intelectual según la OMS

En la siguiente tabla podemos ver los distintos niveles de discapacidad reconocidos por la OMS. Con esto podemos hacernos una primera idea de cómo pueden diferir las aptitudes y habilidades de las personas con discapacidad intelectual. Sin embargo no debemos perder de vista que un bajo coeficiente intelectual no constituye por sí sólo una discapacidad intelectual. Además tenemos que tener en cuenta que ninguna persona discapacitada es igual a otra del mismo modo que dos personas nunca pueden ser iguales.

Niveles	Coeficiente Intelectual	Edad Mental Adulta
Leve	50-69	9-12 años
Moderada	35-49	6-9 años
Grave	20-34	3-6 años
Profunda	< 20	< 3 años

Tabla 3: Niveles de discapacidad según la OMS. González-Pérez (2003)

Las características más representativas de cada uno de los niveles de discapacidad intelectual son (González-Pérez, 2003):

- Leve. El 85% de las personas que sufren una discapacidad se encuentra dentro de este grupo. Con los apoyos necesarios pueden alcanzar los conocimientos equivalentes a sexto de primaria. Pueden integrarse en la sociedad sin que se note su discapacidad.
- Moderada. Suponen el 10% de las personas con discapacidad intelectual. Son personas que a menudo tienen grandes dificultades para superar la educación

primaria. En la adolescencia pueden tener problemas en las relaciones interpersonales. Con supervisión pueden realizar trabajos semicualificados.

- Grave. Del 3 al 4% de las personas afectadas de discapacidad intelectual. Al finalizar la edad escolar pueden hablar o al menos comunicarse con otro sistema. También aprender hábitos de salud, limpieza... En la edad adulta pueden trabajar en tareas sencillas bajo continua supervisión.
- Profunda. Del 1 al 2% del total. Se les reconoce rápidamente como discapacitados. Padecen graves alteraciones en su desarrollo sensorio-motor y con frecuencia problemas visuales, auditivos o de epilepsia. Excluidos del sistema educativo hasta hace poco tiempo.

Las cifras de personas con discapacidad según estos niveles en España las podemos ver a continuación (INE, 2001):

Dicapacidad intelectual	Varón	Mujer	TOTAL
Leve	25.611	15.648	41.259
Moderada	37.172	24.837	62.009
Grave y profunda	16.273	15.092	31.365
TOTAL	79.056	55.577	134.633

Tabla 4: Personas con discapacidad según el nivel de gravedad. Población de 6 a 64 años. González-Pérez (2003)

Etiología

El origen de la discapacidad intelectual es múltiple. Según la Asociación Americana de Retraso Mental (AAMR, 2002), los factores pueden tener un origen prenatal (antes del nacimiento), perinatal (durante el nacimiento o poco después) o postnatal (durante los primeros meses o años de vida). Los 4 factores de riesgo:

- Factores biomédicos. Relacionados con procesos biológicos u orgánicos:
 1. Herencia genética: genes recesivos autosómicos, anomalías de un gen y aberraciones cromosómicas. [5% de las discapacidades intelectuales]
 2. Alteraciones tempranas en el desarrollo: alteraciones causadas por toxinas durante el desarrollo prenatal (infecciones, consumo de alcohol...). [30% de las discapacidades intelectuales]
 3. Problemas de embarazo y perinatales: malnutrición fetal, prematuridad en el parto, infecciones víricas y traumatismos. [10% de las discapacidades intelectuales]

4. Enfermedades médicas adquiridas durante la infancia o niñez: infecciones como la meningitis o la encefalitis y traumatismos. [5% de las discapacidades intelectuales]
 5. Influencias de otros trastornos mentales: privación de crianza o de estimulación.
- Factores sociales. Relacionados con las interacciones sociales y familiares. Son debidos a distintos tipos de deprivación psicológica, social y lingüística. Con frecuencia se las asocia a ambientes de sectores sociales empobrecidos.
 - Factores comportamentales. Relacionados con conductas de los padres que pueden causar una discapacidad.
 - Factores educativos. Relacionados con la falta de apoyos educativos necesarios para el desarrollo normal de las capacidades de la persona.

Modelos de desarrollo y discapacidad intelectual

En la actualidad existen dos teorías diferentes que explican la discapacidad intelectual: la teoría evolutiva y la teoría estructural.

La teoría evolutiva fue desarrollada por Piaget y sostiene que las personas con discapacidad intelectual siguen el mismo desarrollo cognitivo que las personas normales. La diferencia es que lo hacen a un ritmo más lento y que frecuentemente no alcanzan los mismos niveles de desarrollo.

La teoría estructural mantiene que las personas con discapacidad intelectual se caracterizan por tener unos déficits específicos que afectan muy especialmente al sistema cognitivo de la memoria.

En realidad ambas teorías se complementan y según algunos autores, forman parte de una teoría mayor que las engloba (Hale y Borkowski, 1991). Las conclusiones que se extraen de ambas teorías al aplicarlas a personas con discapacidad son:

- Los niños con discapacidad intelectual pasan por las mismas fases de desarrollo cognitivo y en el mismo orden que los niños normales.
- Los niños con discapacidad suelen razonar de forma menos madura.
- Los niños con discapacidad intelectual no llegan a la última fase del desarrollo cognitivo. Esta fase es la caracterizada por la capacidad para el pensamiento abstracto sin necesidad de referencias concretas.
- Los niños con discapacidad intelectual no son conscientes de sus limitaciones. Su memoria es mucho menos retentiva que la de los niños normales.
- Los niños con discapacidad no automatizan adecuadamente las estrategias.

- Los niños con discapacidad conservan bien el aprendizaje mientras no se cambie la situación en la que se realizó el mismo. Sin embargo, les cuesta adaptarlas a situaciones distintas.
- Los niños con discapacidad requieren de una mayor cantidad de experiencias de aprendizaje para aprender lo mismo que los niños normales.

Desarrollo personal y social

Así como el desarrollo cognitivo de las personas con discapacidad intelectual es distinto, sucede que el desarrollo personal y social también difiere. Existen una serie de patrones de conducta asociados que vamos a ver a continuación:

- Los niños con discapacidad intelectual suelen ser aislados de sus compañeros y tienden a tener pocos amigos.
- Suelen tener conciencia de su condición de “retrasados” y esto a su vez ocasionar un trato diferente por parte de los demás.
- Los niños con discapacidad intelectual sufren mayores experiencias de fracaso y frustración lo que les empuja a ser reticentes a la hora de emprender nuevos proyectos.
- La incapacidad para hacer autocrítica les encamina a no cambiar en absoluto su conducta.
- A consecuencia de vivir en un ambiente familiar negativo pueden desarrollar problemas emocionales así como conductas perturbadas.

Con esto concluimos nuestro estudio acerca de la discapacidad intelectual. Tal como hemos visto tiene unos orígenes dispares pero con frecuencia presenta una serie de características comunes que tendremos en cuenta a la hora de desarrollar nuestra aplicación.

3.2.2 Restricciones del dispositivo

Limitaciones

El diseño depende en gran medida de las limitaciones (Eames, 1972).

El diseño en dispositivos móviles presenta una serie de restricciones añadidas. Las dos limitaciones principales son: número de controles limitado y tamaño de la pantalla pequeño. Por otro lado las características de los dispositivos difieren de un fabricante a otro a lo que hay que sumar que un mismo dispositivo puede tener diferentes configuraciones. Estos dos factores añaden complejidad al problema del diseño (Davies, 2011).

Cuando se diseña un programa para un ordenador personal, los programadores disponen tanto de una pantalla de gran tamaño como de un ratón que permite señalar y hacer clic con

precisión. En cambio, en los dispositivos móviles no se dispone de ratón, la introducción de texto se hace con lentitud y el tamaño de la pantalla obliga a que la información que se muestra por la misma cambie con frecuencia.

Un ejemplo de la diferencia que supone programar para dispositivos móviles respecto de programar para ordenadores puede ser el diseño de un buscador. La primera diferencia: la introducción de texto. Escribir con el teclado del móvil es lento, requiere esfuerzo por parte del usuario y más consideraciones de diseño. Segunda diferencia: la muestra por pantalla de los resultados obtenidos en la búsqueda supone también un reto para el programador. ¿Cuál es la mejor forma de mostrar una lista con muchos elementos?

La solución es tratar con todos estos elementos de la interfaz de usuario a lo largo de todo el flujo de programa. Es decir, considerar todos los elementos que conforman el sistema de manera conjunta durante todo el desarrollo. El programador debe considerar el uso botones variables (programados en la pantalla), menús, submenús, el uso de botones fijos, el tiempo necesario para completar un proceso, la arquitectura del menú de información...

Hay toda otra serie de limitaciones que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una aplicación para móviles (Wilde, 2010):

➤ Restricciones por el lado del cliente

1) Limitaciones de los sistemas operativos móviles:

- a. Limitaciones generales de los sistemas operativos móviles. Por ejemplo, HTML5 no ha incluido en su API la posibilidad de controlar la cámara.
- b. Limitaciones específicas de una aplicación de un sistema operativo móvil. Como puede ser el caso de Firefox, que no tiene soporte para SQL.

2) Limitaciones del entorno de ejecución

- a. La memoria es un problema en todos los sistemas operativos móviles tanto por su limitación física como porque no existe soporte para memoria virtual.
- b. Potencia de proceso limitada en comparación con los ordenadores personales.

➤ Restricciones de los dispositivos

- 1) El hardware de iPhone tiene dos configuraciones de memoria diferentes (128 ó 256MB de RAM).
- 2) El hardware de Android es menos predecible y presenta variaciones con más frecuencia. (Es casi imposible obtener las especificaciones hardware de algunos dispositivos).

➤ Restricciones de la red

- 1) La conectividad es potencialmente lenta e incluso imposible hacerse en ocasiones.
 - a. Las aplicaciones deben diseñarse para funcionar tanto si la red funciona correctamente como si funciona lentamente.
 - b. Las aplicaciones deben diseñarse para ejecutarse razonablemente si no hay red.
 - 2) El comportamiento *offline* depende en gran medida del escenario de la aplicación.
 - 3) Permitir que cualquier aplicación web pueda usarse *offline* puede ser una buena idea. Sin embargo, no todos los navegadores soportan aplicaciones *offline*.
- Aplicaciones nativas frente a aplicaciones web *offline*
- 1) Las aplicaciones nativas se encuentran bajo el control del usuario.
 - a. Los usuarios deciden qué instalar, actualizar o eliminar.
 - b. La única parte que depende de la red es la descarga de paquetes de instalación.
 - 2) Las aplicaciones basadas en web se encuentran bajo el control de los servidores.
 - a. Los navegadores implementan estrategias para utilizar estas aplicaciones.
 - b. Las actualizaciones las realiza el servicio.
 - 3) Retos de las aplicaciones *offline* basadas en la web:
 - a. Dar a los usuarios un mayor control sobre la información que se almacena en la memoria caché.
 - b. Permitir a las aplicaciones comportarse como *widgets*.

Elementos

Hasta ahora nos hemos centrado en las restricciones que supone programar aplicaciones para dispositivos móviles. Ahora toca ver los elementos que conforman el diseño de aplicaciones móviles (Fling, 2009).

- Contexto.

Entendiendo como tal el conjunto de circunstancias bajo las que se utiliza un determinado dispositivo. El contexto para un PC es más o menos fijo, todo lo contrario que el contexto de un dispositivo móvil. Por ejemplo, el contexto de una aplicación de GPS no es el mismo que el de una aplicación para retocar fotografías. Una aplicación de GPS debe diseñarse teniendo en mente que lo más probable es que se use en un vehículo. Por tanto deberá tener una interfaz gráfica sencilla, que se adapte cuando se utilice por la noche etc. Una aplicación para retocar fotografía deberá ser muy atractiva visualmente, pues hay muchas

en el mercado y debe atraer al usuario. Conocer y explotar el contexto de una aplicación se convierte en un factor fundamental para el éxito de la misma.

- Mensaje.

Con el mensaje no nos referimos a la imagen de marca sino a la información sobre la aplicación que subyace en las pantallas que la componen. Las limitaciones de espacio a consecuencia del tamaño de la pantalla hacen que la importancia del mensaje que transmite nuestra aplicación sea mucho mayor.

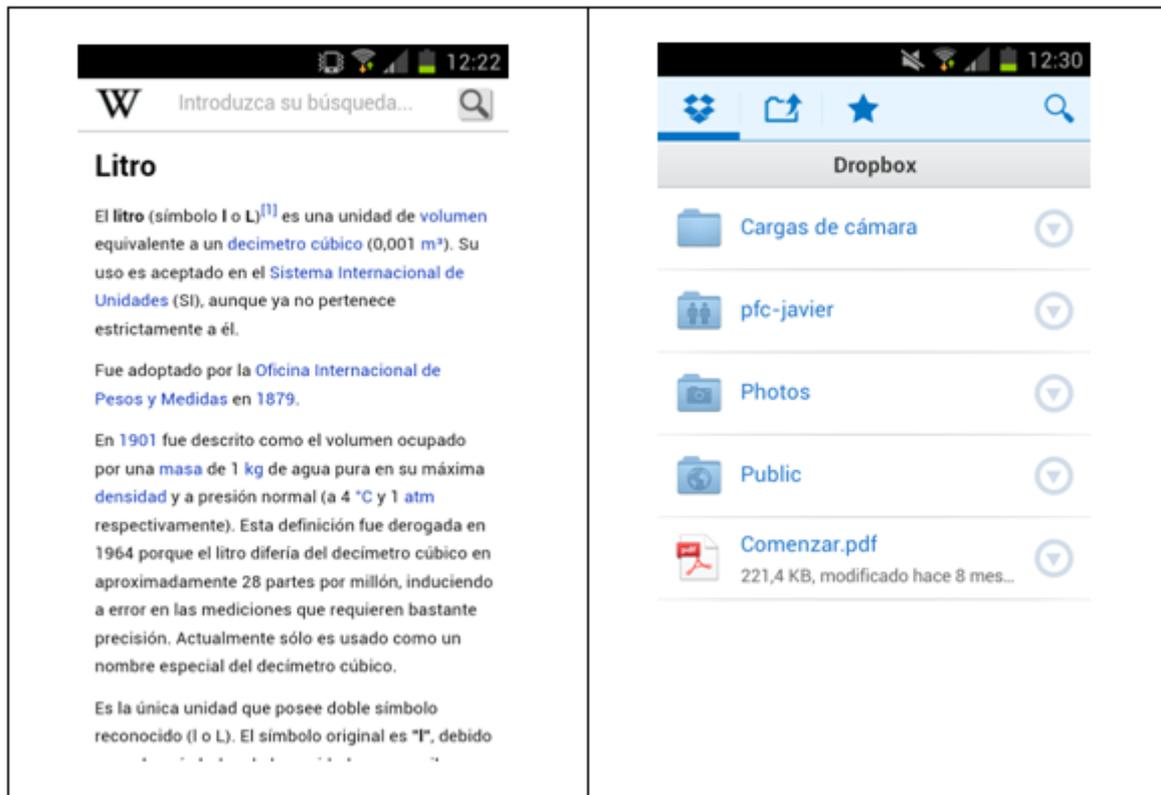


Figura 1: Capturas de pantalla de dos aplicaciones: Wikipedia y Dropbox (2012)

Como podemos ver en las capturas el mensaje que transmiten ambas aplicaciones es bastante claro. La primera es que se trata de un buscador de palabras. La segunda un gestor de carpetas/archivos.

- Aspecto y apariencia.

Del mismo modo que el mensaje es importante, no lo es menos el aspecto y apariencia de nuestra aplicación. Existen multitud de patrones para conseguir que una aplicación sea atractiva para los usuarios. Volviendo a las capturas anteriores, podemos comprobar que el aspecto minimalista y la paleta de colores de la aplicación de Dropbox, proporciona una apariencia más agradable.

- *Layout.*

El *layout* determina cómo se procesará visualmente cada pantalla de la aplicación. Su definición es de gran importancia y normalmente se ve “interrumpida” con los propios componentes que aloja en su interior (botones, barras laterales...). Existen dos tipos de

básicos de *layout*: desplazamiento y táctil. En el primero el dispositivo suele utilizar un pad de botones físicos. El segundo es el modelo que inició el iPhone, y es este en el que el dispositivo dispone de pantalla táctil. Dado que los dispositivos que no disponen de pantalla táctil parecen condenados a desaparecer, nos centraremos en los segundos.



Figura 2: Ejemplo de *layout* básico de una aplicación. Endomondo (2012)

Por supuesto existen otros muchos tipos de *layouts* para dispositivos táctiles, pero este es el más empleado.

- Color.

Desde que los móviles dejaron de tener pantallas a dos colores, el uso de los colores ha pasado a ser una cuestión más en el diseño de aplicaciones. Cada color tiene unas connotaciones que pueden variar de una región o país a otro. Para definir los colores de una aplicación se pueden usar paletas de colores que nos facilitaran la tarea.

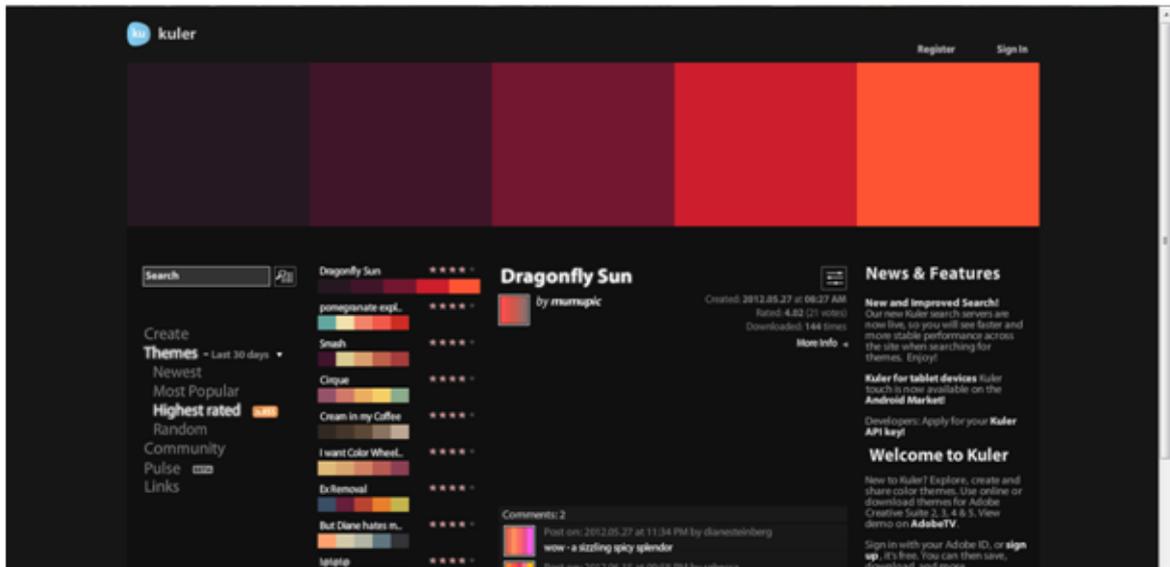


Figura 3: Paleta de colores generada con Adobe Kuler (2012)

- Tipografía.

Aunque los tipos de fuentes disponibles en los dispositivos móviles no son muchas, el impacto de la tipografía en el resultado final de las aplicaciones no es desdeñable. Existen de hecho una serie de leyes o consejos para garantizar la legibilidad de un texto. Estas son:

- Utilizar una fuente en un color que contraste con el fondo.
- Emplear fuentes acordes a lo que estamos escribiendo.
- Usar un interlineado afín a la lectura teniendo en cuenta la distancia a la que habitualmente se usa el móvil.
- Dejar márgenes a ambos lados.
- Resaltar títulos con otros colores, tamaños y fuentes distintos al resto del texto.
- Usar párrafos cortos, de unas dos o tres frases.

- Gráficos.

Los gráficos se usan para establecer o reforzar la experiencia visual. Aparte de la información que pueden aportar como contenido, se pueden usar para reforzar el mensaje y la apariencia que queremos que nuestra aplicación transmita. Los gráficos se dividen en dos categorías:

- Iconos. Son la forma más común de gráficos en las aplicaciones móviles. Tienen la función de comunicar información por ello es muy importante que su significado sea claro para el usuario.

- Fotos e imágenes. Se emplean para añadir significado a los contenidos, con frecuencia mostrando conceptos o información de diseño. Desde que las conexiones móviles se han generalizado y su velocidad ha aumentado incluir fotos o imágenes de buena resolución ha dejado de ser, hasta cierto punto, problemático. Sin embargo hay que tener presente que su tamaño y disposición debe revisarse cuando se modifica la orientación del dispositivo móvil.

3.2.3 Etiquetas QR

Introducción

Los códigos bidimensionales presentan una mejora sustancial respecto de los anteriores códigos de barras: almacenan información tanto en dirección vertical como en horizontal. Esto les permite codificar mucha más información. Véase **Figura 4**.

Los códigos QR son un tipo de códigos o etiquetas bidimensionales que fueron desarrollados por Denso Wave¹¹ y lanzados en 1994. Su principal característica es que son símbolos fácilmente interpretables por un escáner o en su defecto por un terminal con cámara de fotos y el software de lectura adecuado.



Figura 4: Los códigos QR almacenan información en vertical y en horizontal. Denso Wave (2010)

Características

Las principales características que debe cumplir un código (unidireccional o bidireccional) según el Mobile Codes Consortium (MC²)¹², son las siguientes:

- 1) Robustez. La cual implica varios aspectos:
 - Tolerancia a dobleces (como los que se producirían en una hoja de una revista o periódico donde el código vaya impreso).
 - Tolerancia a la lectura bajo distintas orientaciones y/o ángulos.

¹¹ <http://www.qrcode.com/en/aboutqr.html>

¹² <http://www.mobilecodes.org/StandardsDiscussion.pdf>

- Tolerancia a la oclusión o daños (por ejemplo cuando el código está parcialmente cubierto o tiene alguna parte no legible por un problema de impresión).
 - Tolerancia a distintos niveles de iluminación.
- 2) Estética. Cada simbología tiene su propia apariencia y este es un motivo que puede determinar su uso.
 - 3) Densidad y capacidad de almacenamiento. Cada simbología está diseñada para contener una cantidad de información máxima por código.

Aunque hay más tipos, los principales códigos bidireccionales que existen y sus características se reúnen en la tabla de más abajo:

		QR Code	PDF417	DataMatrix	Maxi Code
					
Desarrollador		Denso (Japón)	Symbol Technologies (EEUU)	RVSI Acuity CiMatrix (EEUU)	UPS (EEUU)
Tipo		Matriz	Código de barras apiladas	Matriz	Matriz
Capacidad	Numérica	7.089	2.710	3.116	138
	Alfanumérica	4.296	1.850	2.355	93
	Binaria	2.953	1.018	1.556	-
Principales características		Gran capacidad, tamaño de impresión pequeño, elevada velocidad de lectura	Gran capacidad	Tamaño de impresión pequeño	Elevada velocidad de lectura

Tabla 5: Comparativa de los principales códigos 2D del mercado. Denso Wave (2010)

Como podemos observar los códigos QR son los que mejores prestaciones ofrecen. Vamos a verlas con más detalle:

- 1) Gran capacidad. Mientras los códigos de barras pueden almacenar hasta 20 dígitos aproximadamente, los códigos QR admiten varios miles. Véase **Figura 5**.



Figura 5: Capacidad de un código QR. Denso Wave (2010)

Cada código QR está formado por una serie de puntos que pueden ser blancos o negros que son los responsables del almacenamiento de la información. Existen distintas versiones de los mismos códigos QR en función del número de módulos que los forman (Véase **Figura 6**). El más pequeño (versión 1) está formado por un área de 21 módulos de lado. El más grande (versión 40) por su parte, tiene un área de 177 módulos de lado.

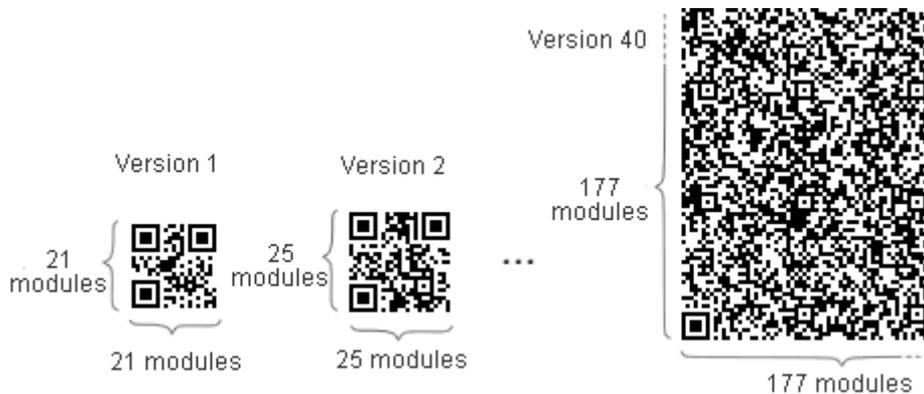


Figura 6: Distintas versiones de los códigos QR según el número de módulos. Denso Wave (2010)

- 2) Tamaño de impresión pequeño. De nuevo, si comparamos los códigos QR con los códigos de barras, podemos constatar que los primeros pueden almacenar la misma información que los segundos pero en un área un 90% menor. Véase **Figura 7**.



Figura 7: Comparativa de tamaños entre un código de barras y un código QR. Denso Wave (2010)

- 3) Tolerancia frente a suciedad y daños. Los códigos QR tienen la capacidad de corregir errores. Se puede recuperar hasta un máximo del 30% de las palabras código que lo formen. Véase **Figura 8**.



Figura 8: Resistencia a suciedad y daños de los códigos QR. Denso Wave (2010)

Para implementar esta funcionalidad los códigos QR llevan añadido un código Reed-Solomon (Riley y Richardson, 1998). La capacidad de corrección, como es lógico, depende de la cantidad de datos que necesiten ser corregidos. Si tenemos 100 palabras código de información codificadas y debemos corregir la mitad de ellas, serán necesarias otras 100 palabras pero del código Reed-Solomon. Es decir, el código Reed-Solomon requiere disponer del doble de palabras código que queremos corregir. En el ejemplo que acabamos de ver, en total tendremos 200 palabras código de las cuales 50 pueden ser corregidas. Por tanto, la tasa de corrección de palabras código es de un 25%.

- 4) Lectura en 360°. Gracias los patrones de detección situados en tres de las esquinas, se puede garantizar la rápida velocidad de lectura desde cualquier dirección. Véase **Figura 9**.

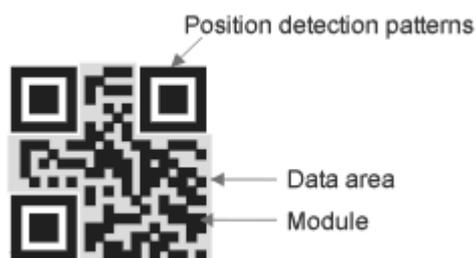


Figura 9: Partes de un código QR. Denso Wave (2010)

- 5) Función de anexo estructurado. Los códigos QR se pueden dividir en múltiples áreas de datos. O lo que es lo mismo, la información almacenada en un código QR múltiple se puede separar en otros códigos separados. Véase **Figura 10**.

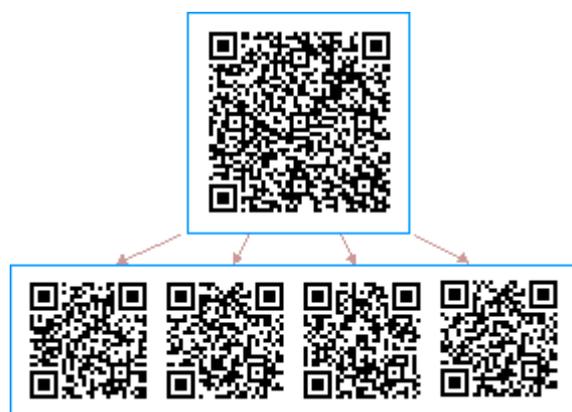


Figura 10: La misma información almacenada en uno o varios códigos QR. Denso Wave (2010)

- 6) Simples y gratuitos. Frente a otras tecnologías de interacción entre el mundo digital y el *offline* los códigos QR son fáciles de generar y de utilizar. Grandes empresas han creado sus propios sistemas logrando códigos propietarios con la intención de cobrar por su uso. Sin embargo han fracasado frente a una alternativa gratuita y abierta como son los códigos QR¹³.

¹³ <http://www.qrcode.es/es/2012/02/los-qr-codes-no-son-una-moda/>

Un par de ejemplos de páginas web que permiten generar códigos QR de forma gratuita son:

<http://qrcode.kaywa.com/>

<http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>

A pesar de todo lo dicho, también podemos señalar tres aspectos negativos relativos a estos códigos:

- 1) Seguridad. La seguridad en los teléfonos inteligentes es un elemento cada vez más a tener en cuenta. La imposibilidad de conocer el contenido de un QR a simple vista impide valorar la conveniencia de su captura. Ante esto, sólo se puede recomendar ser tan cuidadosos como lo seamos con nuestro PC a la hora de descargar y ejecutar archivos desconocidos.
- 2) Estética. El contexto más habitual en el que se emplean los códigos QR es en el publicitario, y los códigos QR como hemos visto son muy funcionales. Sin embargo su apariencia no es atractiva para la gran mayoría de la gente. A pesar de lo dicho, hay algunas compañías publicitarias que están esforzándose por hacer más amable la estética de estos códigos¹⁴ (MarketingDirecto, 2012).



Figura 11: Códigos QR creativos (Corkbin, True blood y The Fillmore Silver Spring). Márketing Directo (2010)

- 3) Condiciones lumínicas. La captura de códigos QR requiere de una iluminación adecuada. En dispositivos de captura que no dispongan de una fuente de luz propia, puede ser problemática la realización de las capturas. Otras tecnologías como NFC/RFID no tienen esta limitación.

3.2.4 Prototipado rápido

El cada vez más competitivo mundo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), hace necesario que el tiempo de desarrollo de los productos (y más aun de las

¹⁴ <http://www.marketingdirecto.com/actualidad/checklists/15-disenos-creativos-de-codigos-qr/>

aplicaciones) sea el mínimo posible (Davies, 2011). Los diseñadores necesitan emplear una metodología que les permita colaborar, prediseñar, evaluar e iterar sus diseños.

Una metodología ampliamente utilizada es el prototipado, que consiste en la fabricación de un modelo básico cuyas características se irán depurando y adaptando con el tiempo hasta obtener un modelo definitivo. Dependiendo de la fidelidad con respecto al producto final se distinguen prototipos de baja fidelidad y prototipos de alta fidelidad. Dentro de la primera categoría tenemos maquetas en papel y herramientas gráficas para representar esquemas. Los prototipos de alta fidelidad, por otro lado, son desarrollos que se aproximan a la interfaz real lo más posible.

A continuación vamos a ver qué ventajas aportan en el diseño de aplicaciones móviles:

- Facilitan la exploración de las limitaciones y problemas al emplear dispositivos móviles.

Como hemos visto anteriormente, el diseño para dispositivos móviles lleva asociado una serie de limitaciones y restricciones propias. El uso de prototipos, tanto en papel como funcionales, permite hacer iteraciones rápidas durante las fases de diseño iniciales. Así se pueden explorar los posibles problemas y soluciones que nos encontraremos a la hora de llevar a cabo la implementación de manera económica tanto en tiempo como en costes.

- Reducen el tiempo de salida al mercado.

Tal como comentamos antes, la industria requiere que “las cosas estén listas para ayer”. Usando el prototipado podemos conseguir acelerar y abaratar el diseño. El precio que supone contratar a diseñadores y desarrolladores es muy elevado. Es por ello que las iteraciones del diseño y su discusión deben hacerse antes de empezar la implementación software. De este modo se ahorran grandes cantidades de dinero porque se alcanzará antes el desarrollo del producto “correcto”. Si durante el proceso iterativo es posible contar con la opinión tanto del cliente como del usuario, los resultados también serán mejores.

- Facilitan el trabajo con equipos multidisciplinares:

La naturaleza de la industria de las aplicaciones móviles impone el trabajo con equipos multidisciplinares. Así, el desarrollo de una aplicación puede implicar la colaboración entre: ingenieros de software, jefes de proyecto, personal de marketing, desarrolladores, diseñadores gráficos... Cada uno de ellos tiene una visión, unos objetivos y unas tareas propias para lograrlos. El uso de prototipos permite que todos ellos compartan una visión global del producto. De este modo todos los miembros del equipo pueden discutir sus ideas acerca del diseño iterando prototipos hasta lograr el diseño óptimo.

- Facilitan la comunicación con el cliente:

Una de las partes más complejas cuando se desarrolla un producto es la comunicación con el cliente. Tal como acabamos de ver, las aplicaciones son el resultado del trabajo de equipos multidisciplinares. Sin embargo eso es algo que debe quedar transparente al

cliente. El cliente suele expresar lo que quiere en términos de resultado final. Como presentarle alternativas una vez el producto está finalizado es muy costoso, el uso de prototipos soluciona este problema.

- Demostraciones tempranas:

Con frecuencia los diseñadores necesitan llevar a cabo una prueba de conceptos que valide el correcto funcionamiento de un producto. Usar prototipos de baja fidelidad, proporciona una herramienta de comunicación muy útil en diversos contextos. Por ejemplo, para que los diseñadores puedan conseguir financiación para el proyecto.

- Diseño centrado en los usuarios:

Hasta hace poco tiempo lo normal era que los productos surgieran de las innovaciones tecnológicas que los desarrolladores llevaran a cabo. Esto con frecuencia producía productos liderados por la tecnología que no respondían a las necesidades y comportamientos de los usuarios finales. Con el uso de prototipos se puede contar con la opinión de los usuarios finales desde fases de desarrollo muy tempranas. La tecnología pasa a un segundo plano.

3.3 Proceso iterativo

3.3.1 Introducción

Hemos seguido un proceso de diseño iterativo similar al que proponen Rogers et al. (2003). El esquema del mismo se puede observar en la **Figura 12**:

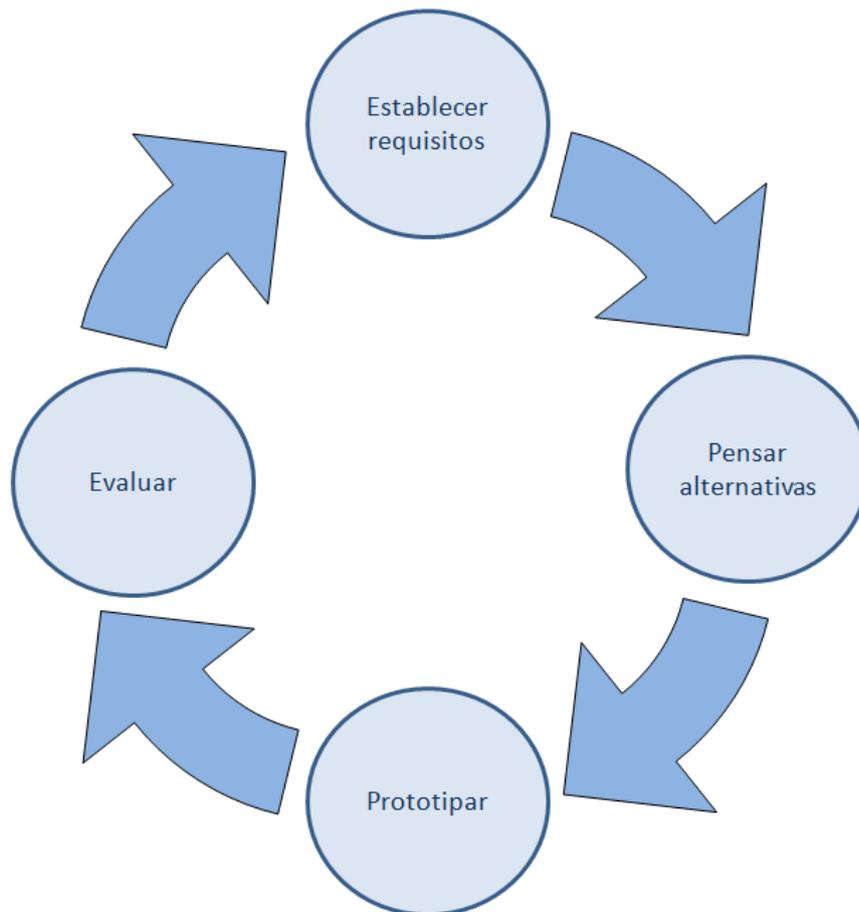


Figura 12: Diagrama de diseño iterativo. Rogers et al. (2003)

En nuestro caso fueron necesarias tres iteraciones para obtener el diseño que terminamos implementando.

- 1) En primer lugar establecimos los requisitos tras hacer una aproximación al estado del arte en las aplicaciones de navegación. Después pensamos en las alternativas que podíamos adoptar. Por ejemplo, valoramos que era más adecuado el uso de códigos QR frente a otras opciones. El paso siguiente fue hacer un prototipo en papel. Una vez estuvo preparado se realizó una presentación para un grupo de expertos. Estos expertos evaluaron el diseño y propusieron mejoras al mismo.
- 2) Después de la reunión extrajimos varias conclusiones e ideas que valoramos incluir en el diseño. De tal forma que rehicimos el prototipo con algunos cambios. Por ejemplo, se simplificó la identificación del usuario al iniciar la aplicación. Una vez finalizado el prototipo, la valoración la hicimos entre mi tutor y yo y consideramos algunas cuestiones de tipo práctico de cara a hacer un prototipo más avanzado.
- 3) En la tercera iteración meditamos cómo hacer una implementación sencilla pero funcional: un prototipo de baja fidelidad. Dicho prototipo se haría en HTML y utilizaría los códigos QR como enlaces, para pasar de una página web a otra. De esta forma se podrían probar los conceptos. Lamentablemente, por causas ajenas a nosotros, el prototipo no pudo probarse por personas con discapacidad intelectual. A pesar de ello, sí que sirvió para comprobar que la funcionalidad era correcta.

En los siguientes apartados vamos a ver en profundidad el proceso que acabamos de comentar.

3.3.2 Primera iteración

Como hemos dicho, el desarrollo de este primer prototipo se realizó en papel y se utilizó para hacer una evaluación con expertos. Para su elaboración se empleó el software de Balsamiq, Mockups^{15 16}. Se trata de un programa específico para hacer prototipado en papel de aplicaciones móviles. Existen otros programas similares, sin embargo este cuenta con todo tipo de objetos para hacer los bocetos de la interfaz gráfica de usuario de una aplicación móvil. Véase **Figura 13**.

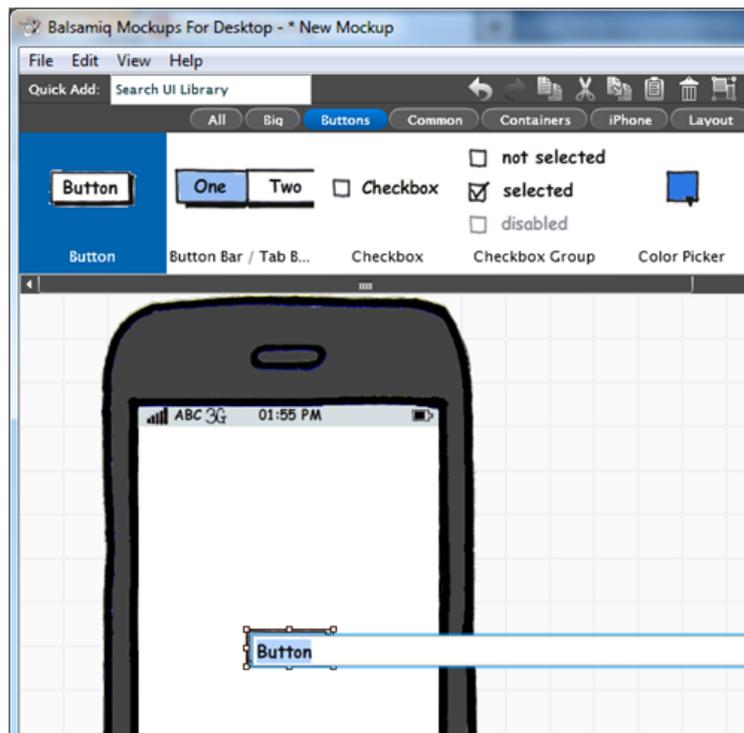


Figura 13: Captura de pantalla de la aplicación Balsamiq Mockups (2012)

El resultado obtenido fue un esquema de 19 pantallas con las que recorreremos todos los posibles caminos que puede tener el flujo del programa durante una ejecución normal (véase **Figura 14**). La maqueta en papel se armó en una cartulina de dimensiones 55x65 cm donde se distribuyó el esquema con el flujo de programa. Aparte de incluir la maqueta en papel, se añadieron adhesivos para aclarar algunas decisiones de diseño y para plantear cuestiones de cara a la reunión con expertos.

¹⁵ <http://www.balsamiq.com/products/mockups>

¹⁶ <http://support.balsamiq.com/customer/portal/articles/109151>

- Botones en la parte baja. En lugar de, por ejemplo, mostrar por pantalla la imagen del siguiente código QR y trascurrido un tiempo pasar al escáner de códigos, es el usuario el encargado de continuar con la ejecución del programa. Esto permite que cada usuario dedique el tiempo que estime oportuno a la comprensión de cada pantalla. Todas pantallas incluyen botones que son utilizados para guardar en el registro la actividad del usuario.
- Botón adicional de ayuda. En la parte superior izquierda tenemos un botón de ayuda. La idea es que si el usuario se siente perdido o requiere asistencia, puede avisar una tercera persona usando este botón.



Figura 15: Ejemplo de pantalla perteneciente al primer prototipo

A continuación vamos a ver cómo sería una posible ejecución usando las pantallas diseñadas en este primer prototipo en papel.

- 1) Iniciamos la aplicación y nos aparece una pantalla con el asistente presentándose. Este nos dice que se llama Muf y que nos ayudará a movernos por la “EMPRESA”. Después pasamos a la ventana de identificación o registro de usuario. En esta captura (véase **Figura 16**) optaríamos por pulsar el botón “¡Ya te conozco Muf!” (identificación), de manera que deberíamos seleccionar nuestro nombre de una lista desplegable en la tercera pantalla.

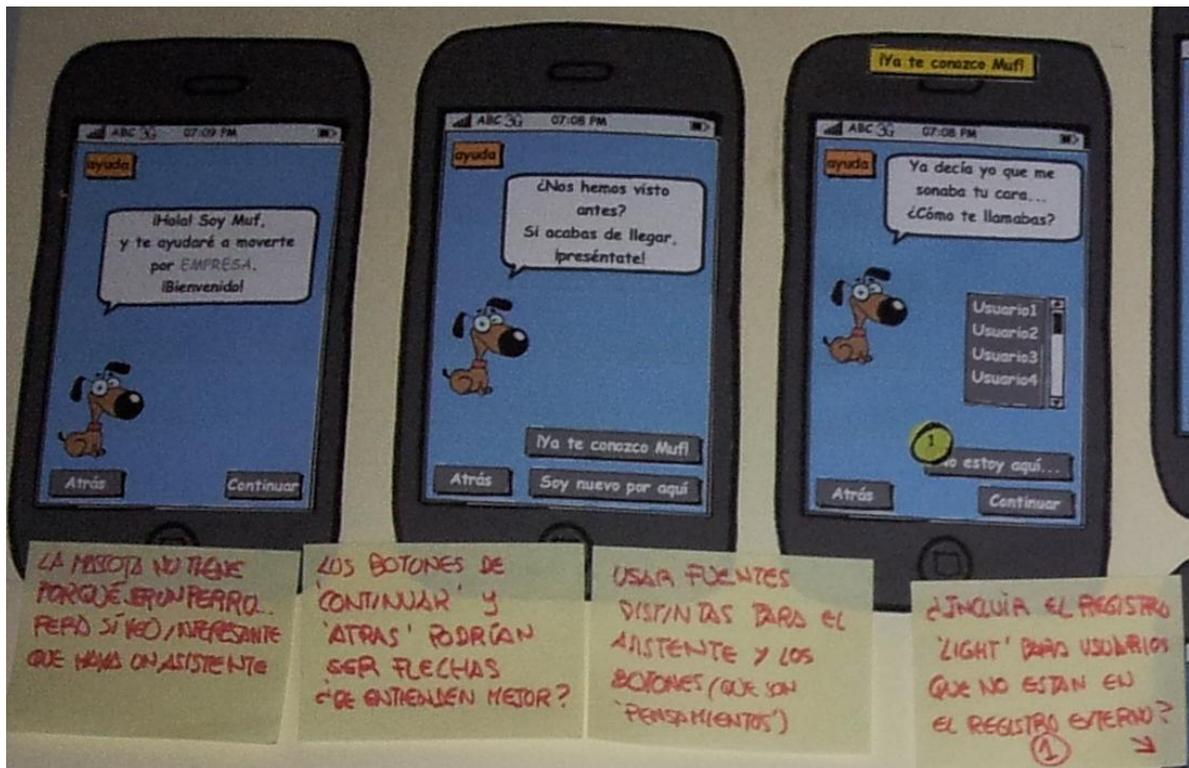


Figura 16: Pantallas pertenecientes a la primera parte del flujo de programa del primer prototipo

- 2) Tras elegir nuestro nombre de la lista de usuarios, pasaríamos a una pantalla en la que veríamos nuestra foto y podríamos confirmar que de momento todo es correcto. Cabe destacar que en esta ejecución hemos dejado fuera dos caminos: el que se inicia con el botón “Soy nuevo por aquí” que nos lleva al registro y el camino del botón “No estoy aquí...”.
- 3) Pasada la identificación, llegamos a la pantalla de selección de destino (véase **Figura 17**). De nuevo tenemos una lista desplegable para elegir un nombre. Una vez seleccionado podemos pulsar el botón de “continuar” para obtener una imagen del destino. Lo confirmamos en caso de ser correcto. Después tenemos una pantalla en la que el asistente nos informa de que debemos indicar la posición en la que nos encontramos. En la pantalla posterior el asistente nos pide que busquemos un código como el de la imagen que nos muestra. Al pulsar el botón de “¡A la caza del QR!” pasaríamos a la aplicación de captura de códigos QR. Si el código es correcto, la pantalla siguiente nos muestra los datos del lugar donde nos encontramos.

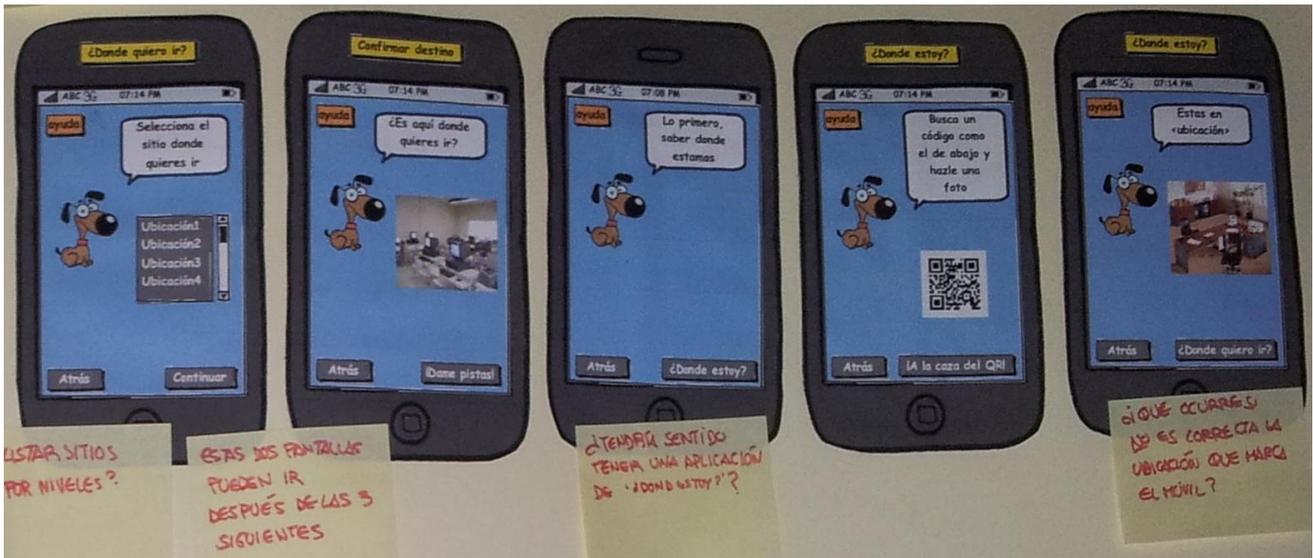


Figura 17: Pantallas pertenecientes a la segunda parte del flujo de programa del primer prototipo

- 4) La siguiente pantalla que vemos nos indica que debemos colocarnos delante del código QR que acabamos de escanear para seguir la dirección que nos indica la flecha (véase Figura 18). A continuación tenemos una pantalla que nos muestra una imagen de la ubicación (resaltada) del siguiente código QR. Ahora tenemos varias opciones, entre otras: “Ampliar” y “¡He llegado!”. La primera nos manda a una pantalla con la imagen de mayor tamaño de la situación del siguiente código QR. La segunda nos manda a la pantalla de captura de códigos QR.

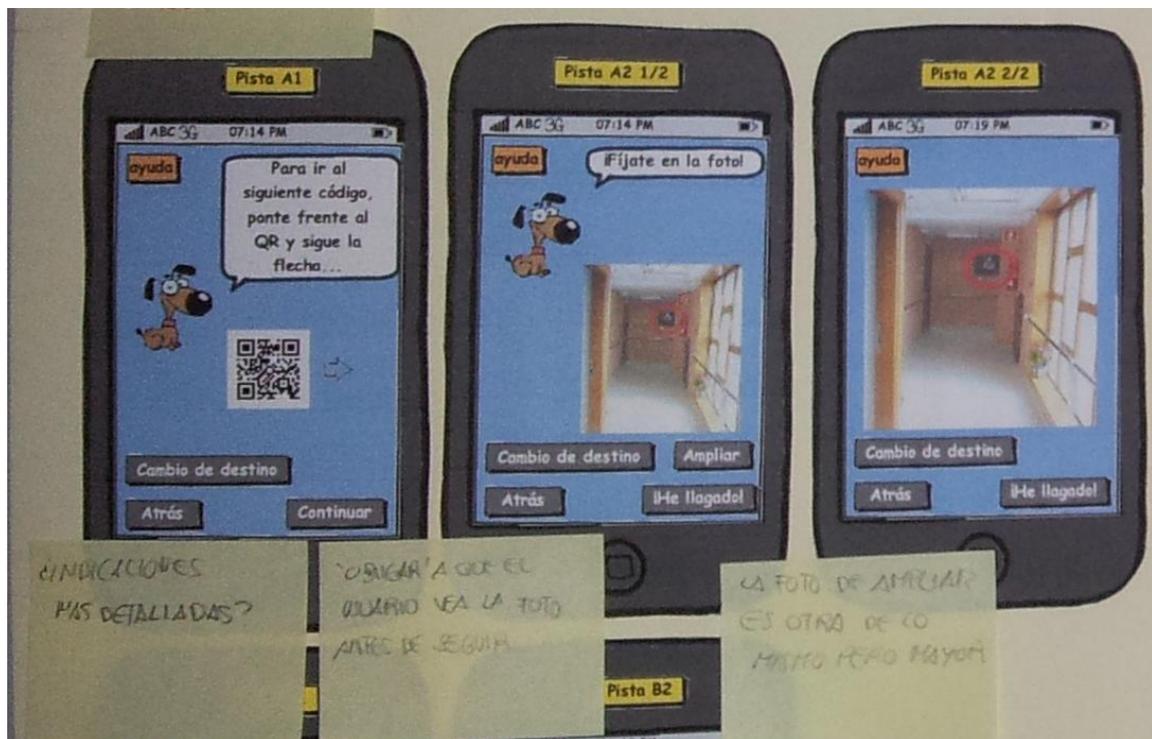


Figura 18: Pantallas pertenecientes a la tercera parte del flujo de programa del primer prototipo

- 5) La pantalla que tenemos después de pulsar el botón “¡He llegado!” nos pide que capturemos el QR colocándonos frente a él (véase Figura 19). Al pulsar “Continuar” iremos a la pantalla de captura de códigos QR (de nuevo la aplicación de captura de

códigos QR). Al regreso de la captura del código QR, la pantalla que nos aparece a continuación nos muestra el resultado. En este caso tenemos tres opciones:

- Llegada errónea. Es la pantalla de arriba. Además de notificar al usuario de que no ha llegado al sitio esperado, le informa de la ubicación actual donde se encuentra. (La aplicación continuaría volviendo a la primera pantalla de **Figura 18**).
- Llegada correcta. Es la pantalla de abajo a la izquierda. Nos dice que hemos llegado al QR esperado y también nos indica el número de pistas que nos quedan para llegar al destino. (La aplicación continuaría volviendo a la primera pantalla de **Figura 18**).
- Llegada a destino. Es la pantalla de abajo a la derecha. Nos informa de que hemos llegado al destino correctamente.

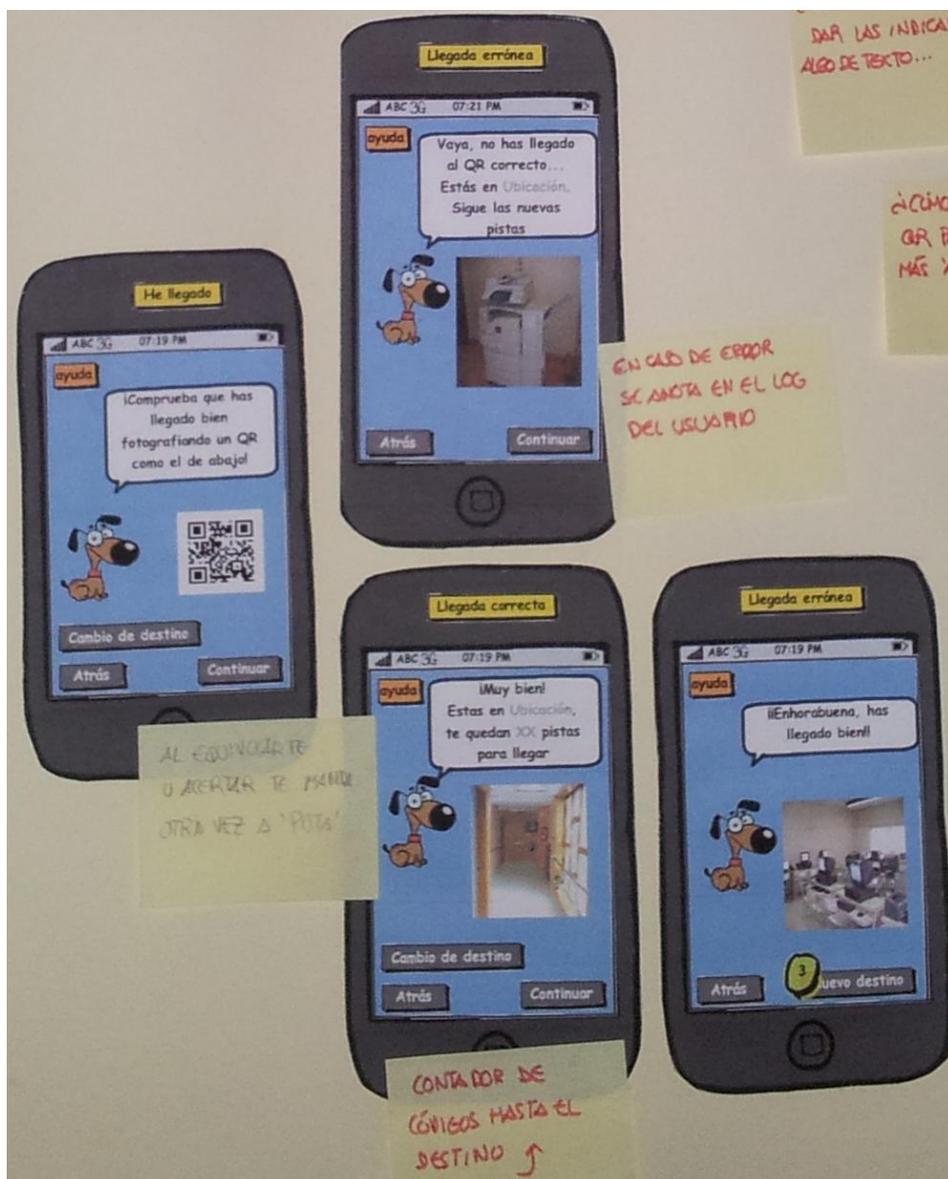


Figura 19: Pantallas pertenecientes a la cuarta parte del flujo de programa del primer prototipo

Una vez visto en profundidad el funcionamiento que tendría este prototipo si se implementara, vamos a comentar las conclusiones que se obtuvieron tras la reunión con expertos donde se les presentó este mismo prototipo.

A la reunión asistieron 5 expertos en interacción persona-ordenador. Se realizó una presentación en la que se explicó el flujo de funcionamiento del programa (tal como acabamos de ver). Se plantearon 15 preguntas que estaban indicadas en las anotaciones del poster. El resumen de las valoraciones de los expertos acerca de dichas anotaciones fue este:

1) *¿Uso asistente? ¿Tiene una apariencia adecuada?*

Sí, puede ser una buena idea contar con un asistente para “humanizar” la aplicación. No es relevante el hecho de que sea un perro.

2) *Usar flechas en lugar de los botones “atrás” y “continuar”.*

Sí, es más fácil de entender.

3) *Usar fuentes distintas para las instrucciones y los botones.*

No es del todo necesario. Es un matiz que seguramente pase inadvertido.

4) *¿Incluir un registro de usuario ligero? ¿Qué información debe almacenar?*

No, lo interesante sería contar con la posibilidad de usar la aplicación con un usuario anónimo. La introducción de los datos de los usuarios la debe hacer el supervisor.

5) *¿Listar los sitios por niveles?*

Sólo en el caso de que realmente haya muchos destinos y sea más claro para el usuario. Sin embargo esto requiere tener conocimientos acerca de la distribución de la empresa (según el criterio usado para hacer los distintos niveles...).

6) *¿Preguntar por destino y después por la ubicación actual o al revés?*

Mejor al revés. Parece más lógico primero preguntarse “¿dónde estoy?”. Y después “¿dónde quiero ir?”.

7) *¿Qué ocurre si el usuario obtiene de la aplicación que se encuentra en una ubicación cuando en realidad está en otra?*

Este tipo de fallos siempre pueden producirse. La solución es hacer un despliegue cuidadoso y después probar que el funcionamiento es correcto.

8) *¿Deben ser más detalladas las instrucciones que se le dan al usuario?*

Depende. Cuanto más detalladas sean las instrucciones más complejas serán. Si el usuario de la aplicación posee un elevado grado de discapacidad intelectual, sería bueno que las instrucciones fuesen lo más claras y cortas posibles.

9) *¿Podemos asumir que el usuario seguirá frente al código QR cuando vea la flecha que le indica la dirección en la que se encuentra el siguiente código?*

No, cuantas menos cosas asumamos mejor será el resultado.

10) *¿Definir una distancia máxima entre códigos QR?*

Sí, sería bueno tener un protocolo para estandarizar los criterios de colocación de códigos QR.

11) *¿Llevar un registro de usuario?*

Sí, esa es la base para poder evaluar la actividad del usuario.

12) *¿Llamar de otra forma a los códigos QR para que resulten más “amigables”?*

Sí, sería bueno nombrarlos de un modo menos técnico. Aunque habrá usuarios que probablemente los conozcan y les resulte extraño...

13) *¿Usar un contador de etapas hasta llegar al destino?*

Sí, pero cuanto menos numérico sea mejor.

14) *¿Resulta claro el botón de pánico?*

División de opiniones. Por un lado sí, y además podría tener más funciones. Por otro lado, tal vez no deba incluirse.

15) *¿Usar pantallas “especiales” para determinadas acciones tales como subir escaleras?*

Sí, aunque deben ser sencillas y los más parecidas posible a las demás.

Después pasaron a darme su opinión y valoraciones de manera informal. El resultado fue una serie de anotaciones que detallo a continuación:

- 1) Eliminar las tres primeras pantallas (véase **Figura 16**). Resulta engorroso que cada vez que el usuario vaya a hacer uso de la aplicación tenga que identificarse. Si el contexto de referencia es una empresa a la que el usuario acaba de incorporarse, lo razonable es pensar que durante su periodo de adaptación, él sea la única persona que hará uso del mismo.
- 2) La aplicación partirá de la idea de que el usuario que usa la aplicación es el mismo que lo hizo la última vez. De tal modo que en todo caso, lo que habría que indicar es que el usuario actual no se corresponde con el que usó la aplicación por última vez. De manera que así te manda a una lista de usuarios almacenados. En caso de no encontrarte en dicha lista, usarías la aplicación de forma anónima.

- 3) Hacer los listados más accesibles. En lugar de tener una lista y que al seleccionar un elemento, nos abra una pantalla con los datos, es mejor que podamos ver la imagen y la información asociada a la vez. De esta forma evitamos que por error se tengan que abrir varios elementos de la lista. El modelo ideal sería tener una vista de usuarios, destinos... “tipo iTunes”.
- 4) Desde un código QR siempre se debe ver el siguiente. Así las indicaciones se pueden simplificar y las probabilidades de que un usuario se pierda se reducen.
- 5) Acerca del botón de ayuda hubo cierta controversia. Limita la autonomía del usuario en el sentido de que si se pierde, tan sólo debe pulsar un botón. Esto está en contra de promover la independencia del usuario. Dado que la aplicación funcionará sobre un teléfono inteligente, la propia aplicación puede (sin intervención del usuario) avisar al supervisor cuando detecte, por ejemplo, que no ha habido actividad durante un periodo de tiempo.
- 6) En caso de incluir el botón de ayuda, podría englobar tres funciones. Avisar al supervisor, volver a la pantalla anterior y cambiar de destino.
- 7) En lugar de informar al usuario de cuántos pasos quedan hasta llegar a su destino cada vez que detecta un código QR, hacer que el fondo de las pantallas sea variable. De tal forma que empiece siendo azul y torne al rojo a medida que nos acerquemos al destino.
- 8) En el caso de necesitar instrucciones avanzadas para, por ejemplo, cruzar una calle para pasar de un edificio a otro, usar vídeos explicativos.
- 9) Usar fotos en 3D. Combinando el giroscopio del móvil inteligente con el hecho de que se puede conocer la posición del usuario (cuando detecta un código QR, se puede asumir que está frente a él), podríamos usar fotos en 3D a modo de realidad aumentada. De esta forma una flecha dibujada sobre la misma foto nos indicaría la dirección adecuada para encontrar el QR siguiente.
- 10) La flecha que nos indica la dirección que debemos seguir cuando encontramos un QR puede llevar a confusión. Por ejemplo, si el usuario se mueve antes de ver la flecha, es posible que cuando la vea, le señale una posición errónea. Es por eso que la flecha debe desaparecer cuando el acelerómetro detecte un movimiento.
- 11) En lugar de lanzar la aplicación de captura de códigos QR, se podría dejar la misma funcionando en un segundo plano. De esta forma en cuando detectara un código lo identificaría sin necesidad de que el usuario hiciera nada.
- 12) Medir tiempos. De esta forma se podría avisar al supervisor cuando hubiera transcurrido un determinado tiempo. Otra posibilidad es tomar nota de la actividad del usuario en un registro de tiempo. Así se podría valorar su evolución.
- 13) Usar un modelo de grafos a la hora de calcular rutas. Esto unido a la monitorización de la evolución del usuario permitiría hacer rutas personalizadas. De esta forma una vez logrado un objetivo de tiempos, se podría ir eliminando pasos hasta que el usuario conociera el entorno y realizara la ruta sin asistencia.

Una vez finalizada la reunión con expertos, se puede dar por concluida la primera iteración en el proceso de crear un prototipo con el diseño definitivo.

3.3.3 Segunda iteración

Con los datos obtenidos en la reunión de expertos, volvimos otra vez a empezar con el proceso de creación de un prototipo. En este caso la fase del establecimiento de requisitos comienza con la maqueta en papel del primer prototipo y las ideas y sugerencias que acabamos de listar.

El flujo del programa es casi el mismo con la excepción de las pantallas que eliminamos para simplificar la aplicación. En la fase de pensar en las alternativas, decidimos que algunas propuestas no las incluiríamos en el prototipo. Por ejemplo, se optó por no incluir el uso de fotografías en 3D con flechas de dirección dinámicas. Su implementación software excedía de la limitación temporal del proyecto.

El prototipo resultante lo podemos ver en la **Figura 20**. Los cambios más destacados son los siguientes:

- 1) Identificación de usuario simplificada. Sólo cuando el usuario no es el último que utilizó la aplicación, aparece el menú de selección de usuario. Además en este menú podemos elegir usar la aplicación como usuario anónimo.
- 2) Los menús de usuario y de destino ya no son una lista desplegable. Son un menú en el que desplazamos una barra inferior para ver las imágenes de cada uno de los usuarios registrados o posibles destinos.
- 3) Se han reducido el número de botones al máximo. Además el botón de “continuar” ha cambiado su texto por una flecha.
- 4) La aplicación calcula la situación actual del usuario y después le pide el destino (el cual se confirma con una segunda pantalla en la que aparte de la foto podemos conocer su nombre).
- 5) La aplicación no asume que el usuario sigue delante del código QR. En su lugar no muestra la flecha de dirección del siguiente QR respecto del actual hasta que no se vuelve a escanear.
- 6) En lugar de tener dos pantallas para poder ver la imagen del contexto del siguiente QR, directamente tenemos una pantalla con la imagen en un tamaño mayor.

Fuera de este prototipo se quedaron las propuestas de:

- Usar fotos en 3D (por los motivos que explicamos antes).
- Tener un fondo de pantalla que varíe su color en función de la distancia destino. Consideramos que se trata de una información relativamente innecesaria y que podría distraer. Es más, consideramos que indicar el número de códigos QR pendientes hasta el destino era mejor no incluirlo.

Con esto evitamos la frustración derivada de errar en la búsqueda de códigos QR y comprobar que la cantidad de códigos QR restantes no disminuye o incluso aumenta (en los casos en los que haya que recalcular la ruta).

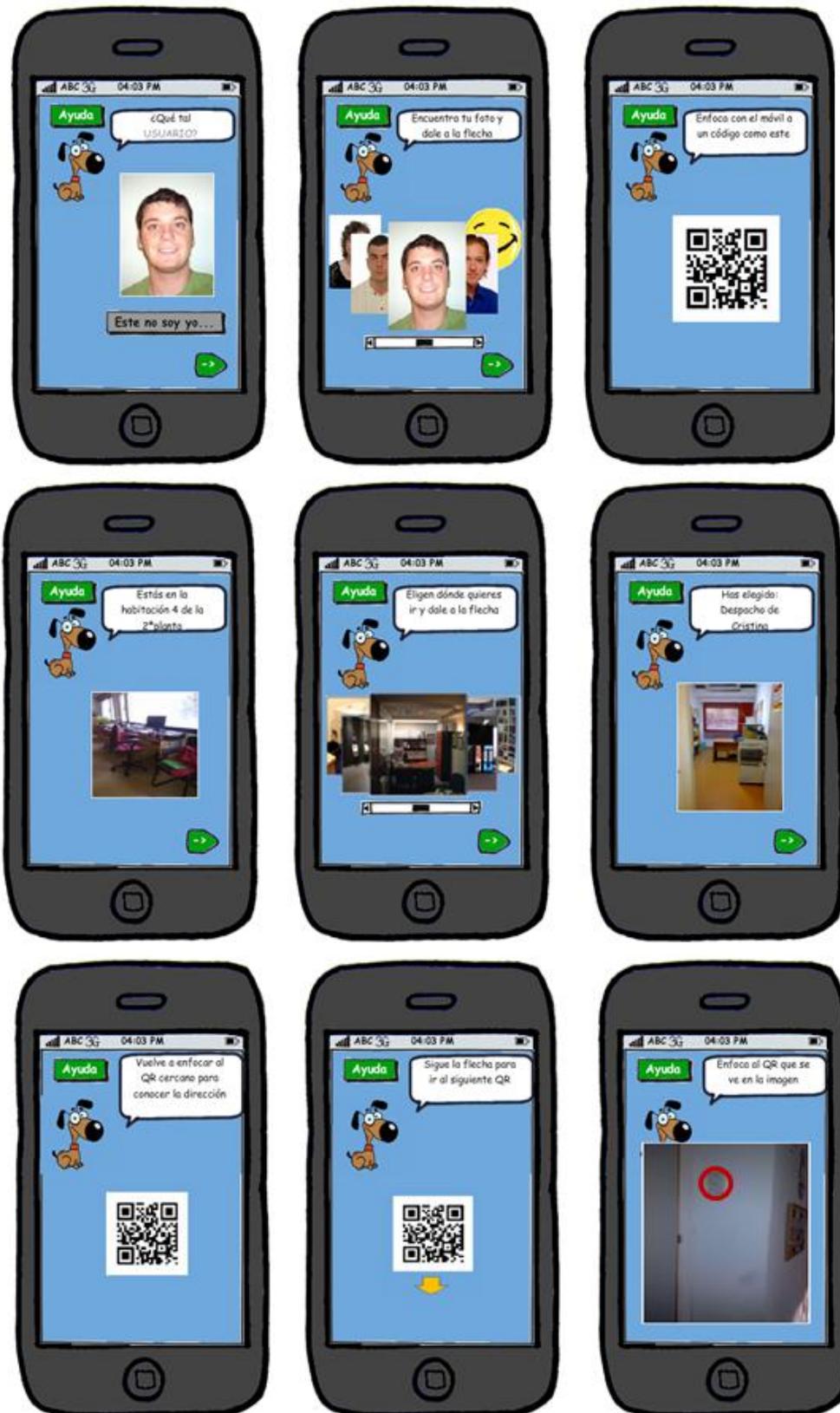


Figura 20: Pantallas del segundo prototipo

La evaluación de este segundo prototipo la realizamos entre mi tutor y yo. Consideramos que la interfaz de usuario era lo suficientemente madura como para pasar a la siguiente iteración y que por tanto era el momento de pasar a hacer un prototipo de bajo nivel que pudiera probarse por un usuario.

3.3.4 Tercera iteración

Ahora que ya teníamos decidida tanto la presentación gráfica como el flujo de ejecución de la aplicación, nuestro propósito era evaluar la funcionalidad. Como además quisimos que las pruebas las realizara una persona con discapacidad intelectual, nos pusimos en contacto con una asociación que trabaja por la integración de personas con diversidad funcional.

La asociación en concreto se llama ASPIMIP¹⁷. Se trata de una asociación fundada en 1986 y ubicada en Coslada. El objetivo que persiguen todos sus servicios y programas es la integración social de personas con discapacidad intelectual. Entre otros programas, ASPIMIP dispone de un Centro de Atención Temprana, de un programa de inserción laboral (Insertium), de viviendas tuteladas y de un centro ocupacional.

Tras reunirme con el presidente de la asociación, acordamos que lo mejor sería que realizara la prueba del prototipo de bajo nivel, en el centro ocupacional. El centro es un edificio de dos plantas con capacidad para atender a 75 usuarios.

El prototipo de bajo nivel se desarrolló usando dos aplicaciones existentes en el teléfono inteligente. Por un lado se emplea el navegador nativo del teléfono inteligente y por otro se hace uso de la aplicación de lectura de códigos QR de ZXing: Barcode Scanner.

Nuestra labor en el desarrollo de este tercer prototipo consistió en la creación de páginas web y la impresión de códigos QR. Las páginas web contienen, al menos en apariencia, la interfaz de usuario que definimos en la iteración anterior (véase **Figura 21**). Por su parte los códigos QR contienen las direcciones de estas mismas páginas web.

¹⁷ <http://www.aspimip.org/Inicio.html>

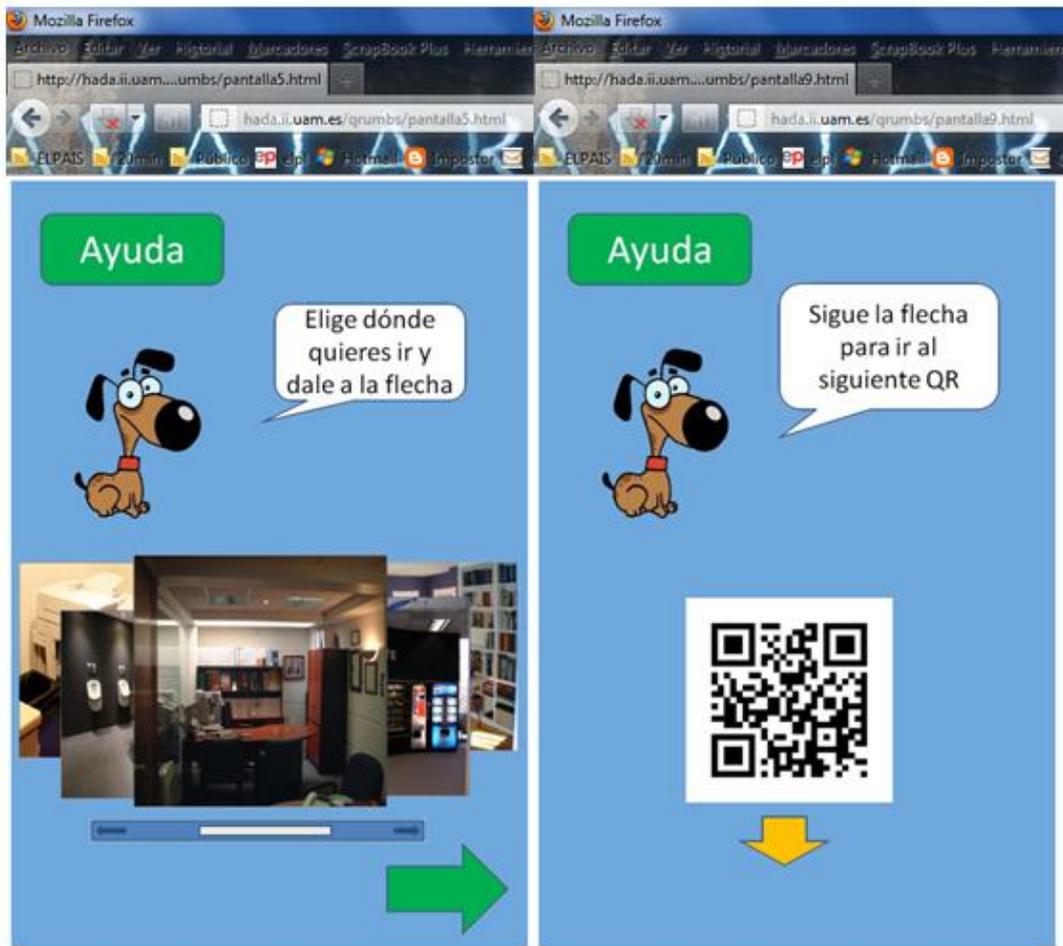


Figura 21: Interfaz de usuario realizada en HTML del tercer prototipo

La interacción resultante es la siguiente. Partimos de un escritorio del teléfono inteligente en el que tan sólo tenemos disponibles el navegador y la aplicación de captura de códigos QR. Se abre en el navegador la primera página web, que se corresponde con la pantalla de bienvenida al usuario. Desde esta página pasaremos a la siguiente mediante un hipervínculo pulsando sobre la imagen de fondo. Esto será posible hasta que lleguemos a una pantalla que nos pida que capturemos un código QR (véase **Figura 22**). En ése momento ejecutaríamos la aplicación de captura de códigos QR, que nos mandaría a la siguiente página web al leer el código impreso correspondiente.



Figura 22: Tercer prototipo en funcionamiento

El recorrido empleado para la prueba constaba de 7 capturas de códigos QR. Se diseñó para que usuarios del centro lo utilizaran, pero problemas ajenos a nosotros impidieron que finalmente se pudiera probar.

Desafortunadamente una de las caras de la actual crisis económica es el recorte en subvenciones y el retraso en el pago de las mismas. ASPIMIP, a pesar de haber sido declarada de utilidad pública en 2011, se encontraba en un proceso de reestructuración en el que se estaban reduciendo recursos y personal. Esto puso en peligro el mantenimiento de programas tales como los que comentamos anteriormente.

Debido a la situación coyuntural que atravesaba la Asociación no fue posible realizar pruebas. La evaluación de este prototipo se quería realizar con participantes que no pertenecieran al mismo grupo que iba a realizar la validación de la aplicación final. De esta manera, se conseguiría mejorar la validación externa al emplearse dos conjuntos de participantes no relacionados entre sí. El tiempo empleado en la preparación de la prueba en la Asociación nos llevó a prescindir de la búsqueda de un nuevo conjunto de participantes.

Con todo, el desarrollo de este prototipo no fue en vano. Se realizó una evaluación personal del prototipo. Una simulación de la aplicación real que permitió que nos percatáramos de que el funcionamiento era correcto. Como resultado de la evaluación del prototipo nos cercioramos de que el uso de flechas señalando la dirección a seguir resultaba confuso (véase segunda imagen de **Figura 21**). Cuando la dirección que hay que seguir es “izquierda” o “derecha” no entraña especiales dificultades. Pero no ocurre lo mismo si la flecha apunta hacia arriba o hacia abajo. En ése caso la dirección que se debe seguir no es obvia. Así en la versión que se implementó decidimos prescindir de ellas.

De esta decisión se derivan dos consecuencias importantes que además marcan una diferencia con las aplicaciones similares que hay en el estado del arte. Por un lado, la colocación de los códigos QR en el espacio debe respetar una máxima: desde un código QR debemos de ser capaces del ver el siguiente. Esto impone que debemos utilizar más códigos QR a causa de las esquinas y de que la distancia entre códigos no sea muy grande. La otra consecuencia que obtenemos es que la aplicación demanda una mayor consciencia

sobre el entorno en el que se está navegando por parte del usuario. Dado que la aplicación solamente proporciona una imagen con el contexto del siguiente código QR, el usuario deberá observar cuidadosamente el entorno para identificar cuál es la dirección correcta. Consideramos que de este modo conseguimos algo muy positivo: el usuario se familiariza antes con el entorno a la vez que disminuye su dependencia de la aplicación.

3.4 Resumen del capítulo

A lo largo de este capítulo hemos obtenido una serie de conclusiones que relatamos a continuación:

- Las personas con diversidades funcionales y en concreto con discapacidad intelectual forman un colectivo especialmente vulnerable en los ámbitos laborales y de ocio. La sociedad debe hacer un esfuerzo para promover una mejora en los mismos para hacer verdaderamente posible la integración.
- La legislación española obliga a las empresas de 50 trabajadores o más a que el 2% de su plantilla presente una discapacidad acreditada de al menos un 33%.
- Los incentivos fiscales por contratación de personas con diversidad funcional suponen un aliciente para las empresas. A pesar de ello, los costes derivados de la incorporación de personas pertenecientes a este colectivo son elevados.
- La discapacidad intelectual es “una discapacidad caracterizada por limitaciones significativas tanto en el funcionamiento intelectual como en la conducta adaptativa, expresada en habilidades adaptativas conceptuales, sociales y prácticas”.
- Según la OMS existen cuatro niveles de discapacidad intelectual en función de su coeficiente intelectual: leve, moderada, grave y profunda. Estos niveles van desde personas que se pueden integrar completamente en la sociedad hasta personas con graves alteraciones en su desarrollo sensorio-motor.
- La discapacidad intelectual se produce por factores biomédicos, sociales, comportamentales y educativos o una combinación de los mismos.
- La discapacidad intelectual se puede explicar desde dos teorías distintas pero complementarias: la teoría evolutiva y la teoría estructural. La primera propone que las personas con discapacidad intelectual siguen el mismo desarrollo cognitivo que las personas normales pero más lentamente. La segunda propone que las personas con discapacidad intelectual presentan déficits en funciones cognitivas específicas.
- Existen toda una serie de patrones de conducta comunes a las personas con discapacidad.
- El diseño para teléfonos inteligentes plantea diversas limitaciones. Las dos más importantes son: controles limitados y tamaño de pantalla pequeño.

- Cuando se diseña para teléfonos inteligentes se debe lidiar con elementos tales como: contexto, mensaje, aspecto y apariencia, *layout*, color, tipografía y gráficos.
- Los códigos QR son la mejor de las opciones posibles en lo que a etiquetas bidimensionales se refiere. Presentan las mejores prestaciones en cuanto a capacidad, velocidad de lectura, tolerancia a daños...
- Las principales desventajas que suponen son las mismas que cualquier otro código impreso: seguridad y estética. Agencias de publicidad y marketing se esfuerzan por hacer más atractivo su diseño.
- El uso de prototipos permite el desarrollo de aplicaciones robustas en un tiempo limitado por toda una serie de ventajas que hemos detallado.
- Para el diseño de la aplicación seguimos un proceso iterativo en el que se repite este esquema las veces necesarias:
 - Establecer requisitos→Pensar alternativas→Prototipar→Evaluar
- En nuestro caso empleamos 3 iteraciones hasta alcanzar el diseño definitivo.
- Al finalizar la primera iteración realizamos una reunión con un grupo de expertos en interacción persona-ordenador para la valoración del diseño. La conclusión general fue la de que había que simplificar la aplicación de cara al usuario todo lo posible.
- En la segunda iteración incorporamos las mejoras y cambios propuestos por los expertos. Al finalizarla concluimos que el diseño era lo suficientemente maduro como para hacer un prototipo de bajo nivel.
- La tercera iteración produjo un prototipo de bajo nivel para ser probado por un grupo de usuarios ajenos a los usuarios de la validación final. A pesar de que finalmente no pudo probarse con ellos, sí que extrajimos una consideración de diseño importante: no usar flechas de dirección. De esta decisión derivaron dos consecuencias:
 - La colocación de los códigos QR en el espacio debe hacerse de tal forma que desde un código seamos capaces de observar el siguiente.
 - El usuario deberá ser más consciente del entorno cuando utilice la aplicación dado que debe reconocer en el mismo la imagen mostrada por la aplicación antes de decidir qué dirección tomar.

4 Desarrollo

4.1 Introducción

En este apartado vamos a describir el prototipo desde tres puntos de vista diferentes.

Los dos primeros se corresponden con la descripción estructural y con la descripción comportamental que describen la arquitectura del prototipo. La primera nos ofrece una visión en cuanto a la estructura de sus clases. La segunda nos explica cómo interactúan dichas clases. Ambas descripciones emplean diagramas que pertenecen al estándar UML (Unified Modeling Language).

El tercer tipo de descripción del prototipo se corresponde con la visión de un usuario que utiliza la aplicación. Por tanto podemos afirmar que las descripciones partirán de un nivel bajo para terminar en el más alto posible.

4.2 Descripción estructural

Tal como acabamos de decir, en este apartado vamos a describir la aplicación desde un punto de vista estructural. De esta manera, se incluyen las clases que integran el código de la aplicación así como las relaciones establecidas entre las mismas. Para ello emplearemos distintos tipos de diagramas.

En primer lugar debemos decir que el código de la aplicación se puede dividir en dos grandes bloques:

- Lógica
- Interfaz gráfica

El primer bloque consiste en el código necesario para que la aplicación determine la ruta así como el código que realiza la navegación del usuario a través de la misma. El segundo bloque constituye la apariencia gráfica siendo la parte visible al usuario de la aplicación.

Ambas partes son imprescindibles para la aplicación. Sin embargo podría, por ejemplo, cambiarse la interfaz gráfica por otra con botones más grandes y más alta resolución (adaptada para tabletas) y la lógica seguir siendo la misma. Del mismo modo sería posible hacer una lógica mejorada de la aplicación que utilizara un algoritmo de cálculo de rutas distinto dejando la misma interfaz gráfica.

Una vez dicho esto, vamos a pasar a describir la parte de la lógica. Para ello haremos uso de dos diagramas de clases pues la lógica se puede a su vez subdividir en dos partes:

- Estructuras de datos empleadas para describir el mapa del entorno y las posibles rutas que se obtengan.
- Control encargado de determinar la ruta más corta entre dos puntos y gestionar el seguimiento de la misma.

En el diagrama de clases de la **Figura 23** tenemos las clases encargadas de representar el mapa y de representar la ruta: *Exit*, *Gate*, *Location*, *Place*, *Step*, *Route* y *PlacesMap*.

Podemos pensar en ellas como objetos que se constituyen a continuación de los anteriores tal como muestran las relaciones de la figura. De este modo *Exit* almacena una referencia y una imagen y representa una salida. *Gate* se implementa como un *array* de *Exits*. Un ejemplo de *Gate* podría ser un ascensor: un punto que da lugar a varias salidas. La clase *Location* dispone de su propio código de identificación así como de una imagen. Se trata de un lugar que tiene al menos una salida asociada. *Place* es una clase que hereda de *Location* pero añade un nuevo campo: nombre. Si *Location* era un lugar, *Place* representa algo más: es un sitio al que es posible ir. *Location* podría verse como un trozo de un pasillo y *Place* como una habitación concreta, por ejemplo, una cocina. *Step* por su parte es un lugar junto con la salida correspondiente del mismo: es un tramo de un camino. De este modo, si recorremos varios lugares con sus correspondientes salidas obtenemos una ruta (*Route*). *PlacesMap* es el conjunto de sitios que constituyen el mapa.

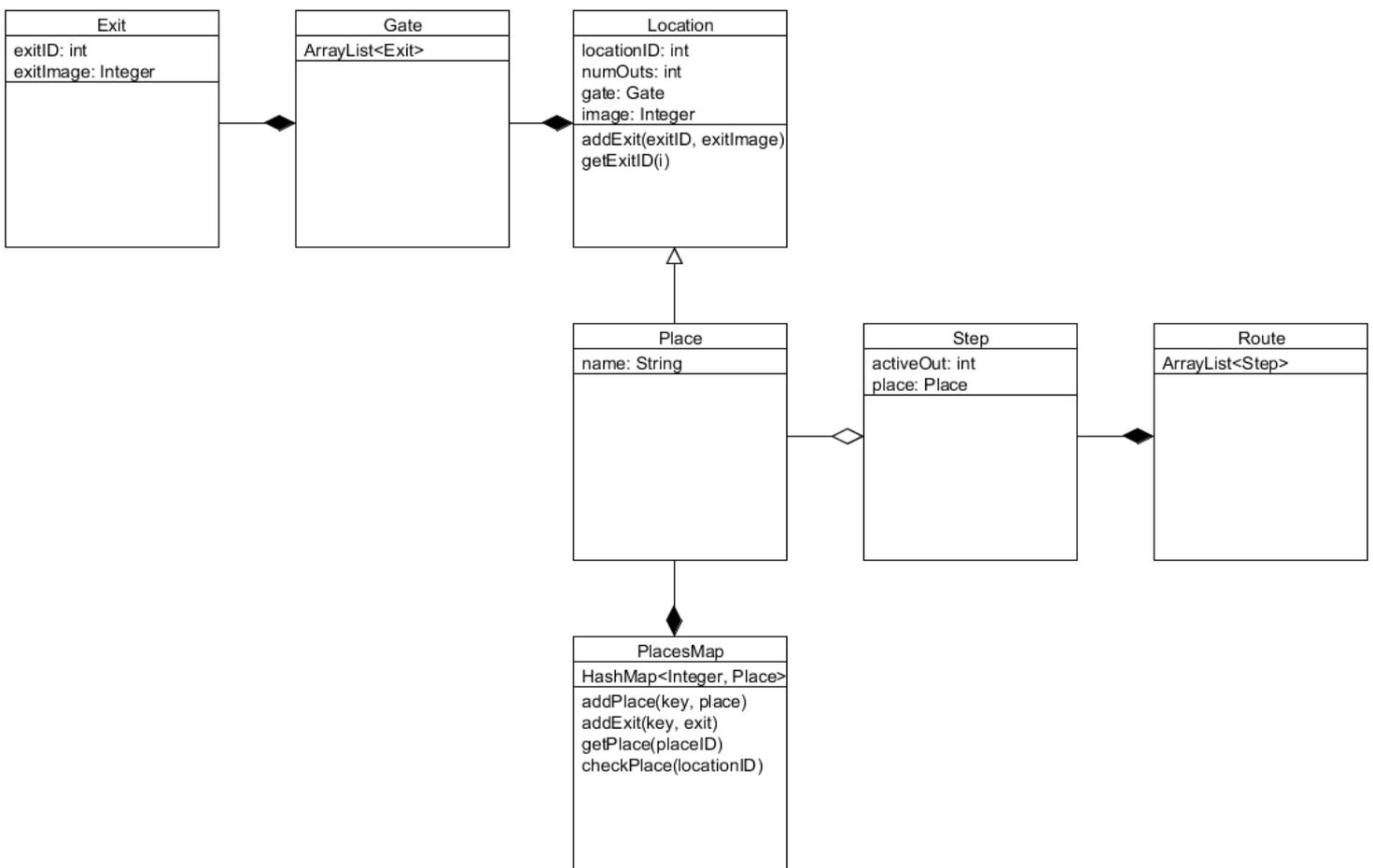


Figura 23: Diagrama de clases de las estructuras de datos empleadas en la representación del mapa del entorno y de las rutas

Continuamos ahora con el segundo diagrama de clases (véase **Figura 24**), el que contiene las clases de obtención de la ruta y seguimiento del usuario cuando realiza el recorrido de la misma. En esta parte vamos a describir las clases: *CurrentPosition*, *RouteCalculator*, *DestinationsList*, *PlacesMap*, *Navigator* y *PathFinder*.

RouteCalculator hace uso de la clase *Route*, dado que es la clase que calcula la ruta. Para ello hace uso de *PlacesMap* así como de la clase *DestinationsList*. *PlacesMap* es una clase que contiene todas las ubicaciones del entorno por que se realiza la navegación. *DestinationsList* es una clase que sirve para limitar los posibles destinos de un usuario. Evita de este modo que la lista de destinos posibles para un usuario sea tan grande como el propio mapa. De este modo limitamos los destinos a verdaderos lugares de interés. Por ejemplo, ir a la cocina para según qué empleados, no parece útil. Hasta aquí hemos descrito las clases correspondientes a la obtención de la ruta.

CurrentPosition también hace uso de la clase *Route*. Está formada por una ruta así como la posición del usuario en la misma. Se podría pensar en esta clase como si se tratara del punto en el que nos encontramos cuando observamos un GPS con una ruta configurada en el coche. La clase *Navigator* se emplea para recorrer la ruta conforme el usuario captura nuevos códigos QR. De manera que controla los cambios en la clase *CurrentPosition*. La última clase que nos queda por comentar es *PathFinder*. Es la clase que controla la evolución del usuario cuando realiza el recorrido. Tanto si se pierde como si realiza la ruta correctamente, esta clase toma las medidas oportunas pues almacena los datos referentes al destino seleccionado y el mapa del entorno, entre otros. Así finalizamos la descripción de las clases encargadas del seguimiento del usuario en su desplazamiento por la ruta.

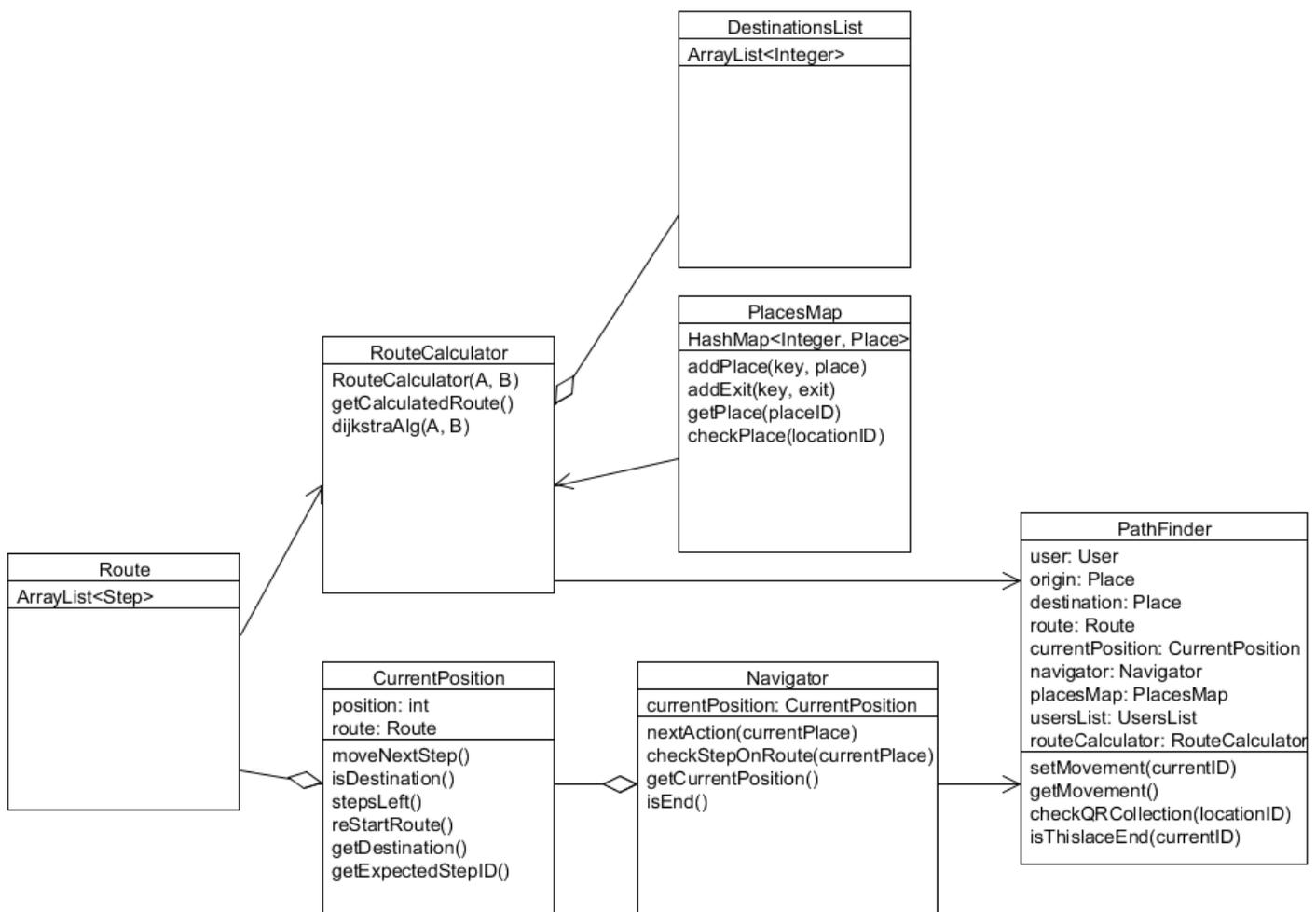


Figura 24: Diagrama de clases para la obtención de la ruta y seguimiento del usuario cuando realiza el recorrido de la misma

4.3 Descripción comportamental

En este apartado se describe el funcionamiento comportamental de la aplicación. Partiendo de las clases que hemos definido en el apartado anterior, vamos a estudiar cómo interactúan.

4.3.1 Máquina de estados

Tal como hemos comentado, la aplicación tiene dos partes claramente diferenciadas. Por un lado la interfaz gráfica y por otro la lógica. Las clases de la primera las pasamos por alto en el apartado anterior. La razón por la que hicimos esto fue que en realidad no hay ninguna clase nueva, sino que empleamos las clases que proporciona la biblioteca de Android. A continuación repasaremos la máquina de estados que rige el comportamiento de la interfaz gráfica que mostraremos en el apartado “4.4 Descripción de la interacción de usuario”. Señalar que para facilitar la comprensión de la misma, hemos optado por separarla en dos partes. Una primera que se encarga de la obtención de los datos necesarios para la ejecución de la aplicación y una segunda que se repite recursivamente hasta que el usuario llega al destino.

La primera parte de la máquina de estados la podemos ver en la **Figura 25**. El programa empieza con una pantalla de Inicio que nos permite comenzar la aplicación o salir. De ahí pasamos al Menú de usuario. Esta pantalla se repite tantas veces como sea necesario hasta que encontremos el usuario que buscamos. En la pantalla siguiente la aplicación nos solicita que capturemos un código QR para indicar la posición en la que nos encontramos. Si capturamos un código QR no válido (QR erróneo) volveremos al escáner. Si la captura es correcta pasaremos a la pantalla de Información del sitio y de ahí al Menú de destino. Hasta aquí el programa ha funcionado como una secuencia. Si bien hay que señalar que en cualquier momento se puede salir de pulsando el botón de salir del propio teléfono inteligente.

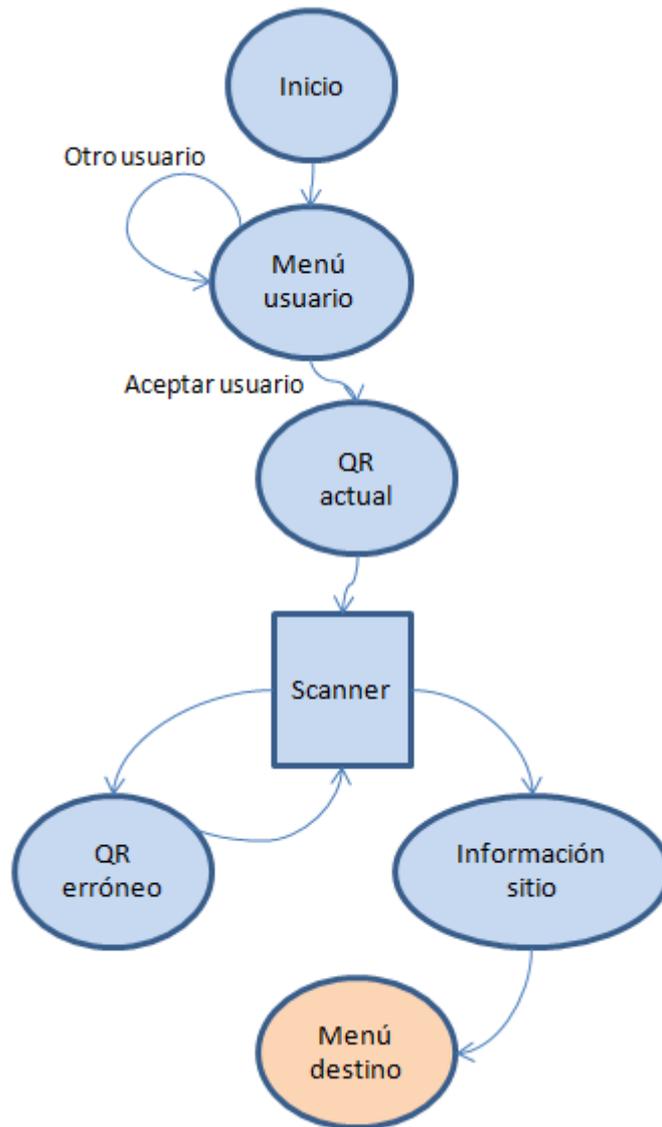


Figura 25: Máquina de estados de la aplicación, primera parte

Continuamos con la segunda parte de la máquina de estados (véase **Figura 26**). Una vez indicado el destino, la aplicación pasa a la pantalla de Muestra pista. Luego el usuario deberá capturar el código QR que se había mostrado previamente. En función del código QR capturado, se mostrará alguna de las siguientes pantallas: QR repetido, QR erróneo, QR fuera de ruta, QR desordenado, QR correcto y Llegada destino. Tras estas pantallas la aplicación continúa regresando a la pantalla de Muestra pista. La única excepción es la pantalla de Llegada destino. Tras llegar a la misma la aplicación pasa a la pantalla de Inicio, pues el usuario ha llegado correctamente.

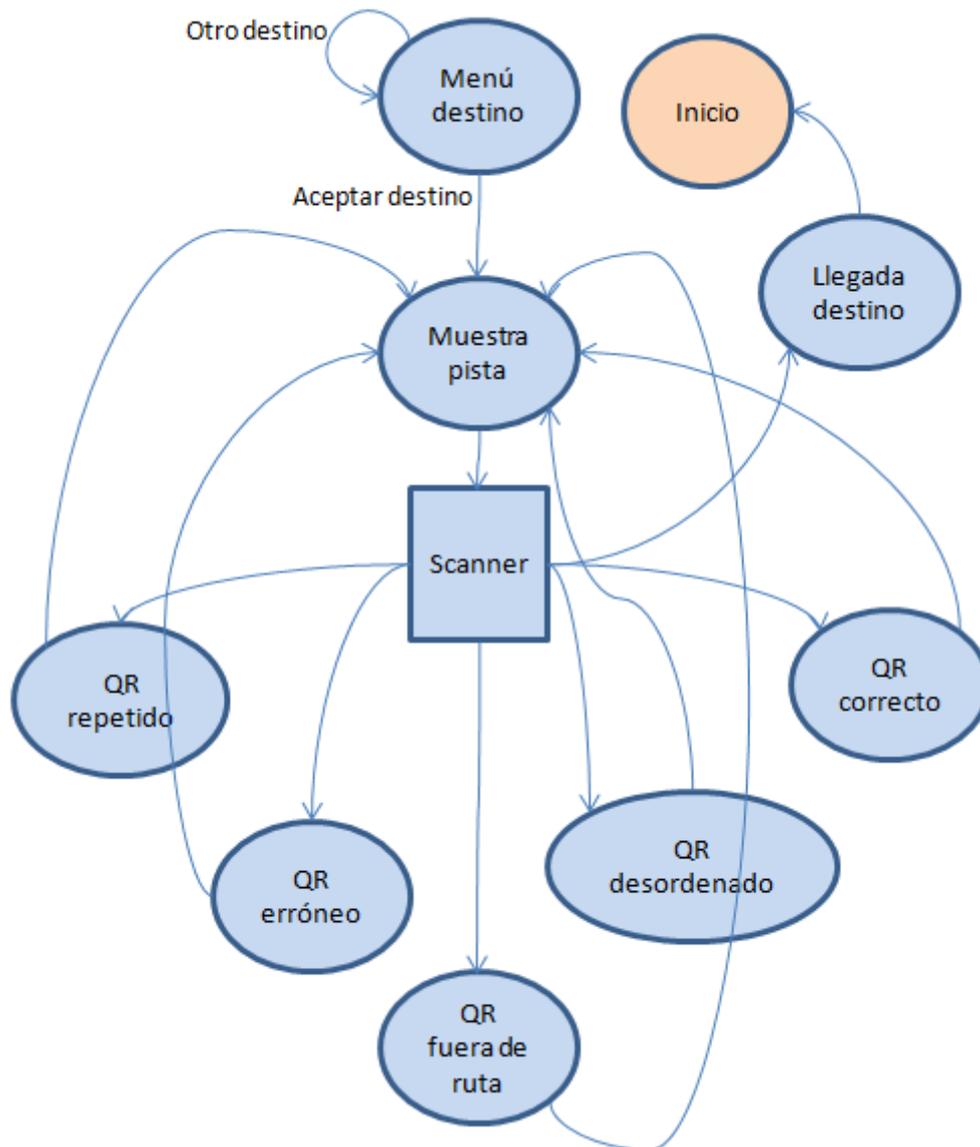


Figura 26: Máquina de estados de la aplicación, segunda parte

4.3.2 Diagramas de secuencia

Después de haber visto el flujo de la interfaz gráfica de la aplicación vamos a precisar el comportamiento de las principales clases de la parte lógica. Para ello vamos a observar dos figuras que muestran la creación de las clases responsables de la gestión de la ruta y sus interacciones durante el recorrido de la misma.

En la **Figura 27** se muestra el diagrama de secuencia que describe cómo interaccionan las clases principales en la creación de la ruta. La clase maestra crea la clase *PathFinder*. Como ya comentamos en el apartado anterior, se trata de una clase que controla a todas las demás clases para la creación de la ruta así como para el control de la ejecución durante el recorrido del usuario. *PathFinder* utilizando los identificadores *origID* y *destID*, obtiene los *Places*. Para ello hace uso de la clase *PlacesMap* creada previamente. Posteriormente crea un objeto de la clase *RouteCalculator* para obtener una ruta (*Route*) desde *OrigPlace* hasta *DestPlace*. A continuación crea un objeto de la clase *CurrentPosition* utilizando la ruta recientemente obtenida para almacenar la posición del usuario en la ruta. Finalmente

crea un objeto de la clase *Navigator* que será el encargado de actualizar el estado del usuario en *CurrentPlace* a medida que se produzca la navegación.

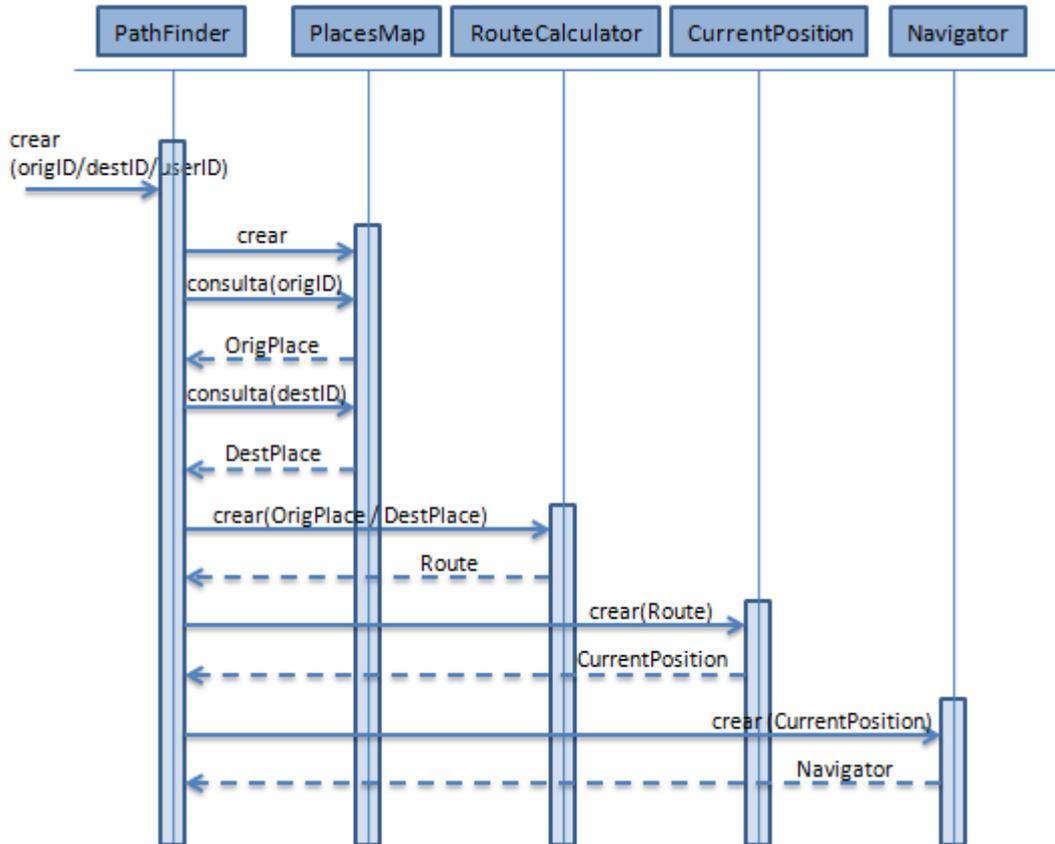


Figura 27: Creación de un objeto de la clase *PathFinder* y los demás objetos de las clases *PlacesMap*, *RouteCalculator* y *Navigator* asociados

A continuación veremos cómo gestiona la aplicación el recorrido realizado por el usuario durante la ejecución. Si recordamos el diagrama de la **Figura 26**, la aplicación lanzaba distintas pantallas en función del código QR capturado por el usuario.

- Casos de QR repetido, QR desordenado y QR correcto (véase **Figura 28**):

PathFinder recibe *capturaID*, el código correspondiente al código QR que el usuario acaba de capturar. *PathFinder* comprueba la validez de *capturaID* y obtiene *CapturaPlace*. Este objeto es enviado a *Navigator*. Primero comprueba si el código pertenece a la ruta actual. Una vez logrado el visto bueno, ya sabe que se trata de código QR repetido, desordenado o correcto. En función de esto *CurrentPosition* actualizará la posición del usuario en la ruta. Finalmente *Navigator* devolverá el resultado a *Pathfinder* para que la aplicación lance la pantalla según corresponda.

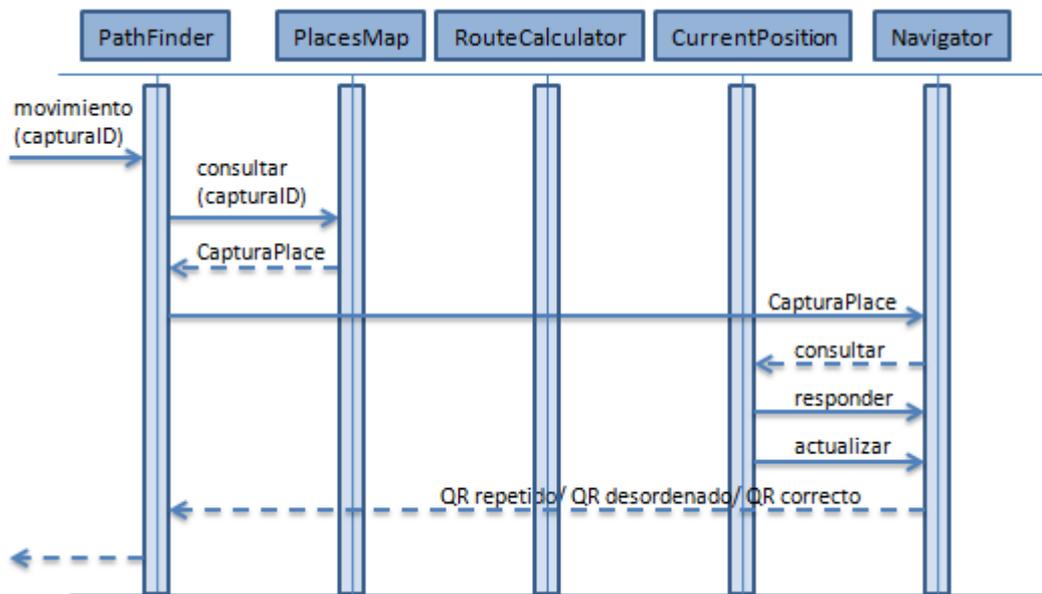


Figura 28: Diagrama de secuencia de la aplicación para los casos de captura de código QR repetido, código QR desordenado y código QR correcto

- Casos de QR erróneo y Llegada a destino (véase Figura 29):

Pathfinder recibe el identificador correspondiente al último código QR capturado (*capturaID*). A continuación se lo pasa a *PlacesMap* para comprobar si se trata de un código QR conocido. Tanto si se trata de un código QR erróneo como si se trata del código QR de destino, informa a *PathFinder* para que la aplicación muestre la pantalla de advertencia de QR erróneo o de llegada a destino.

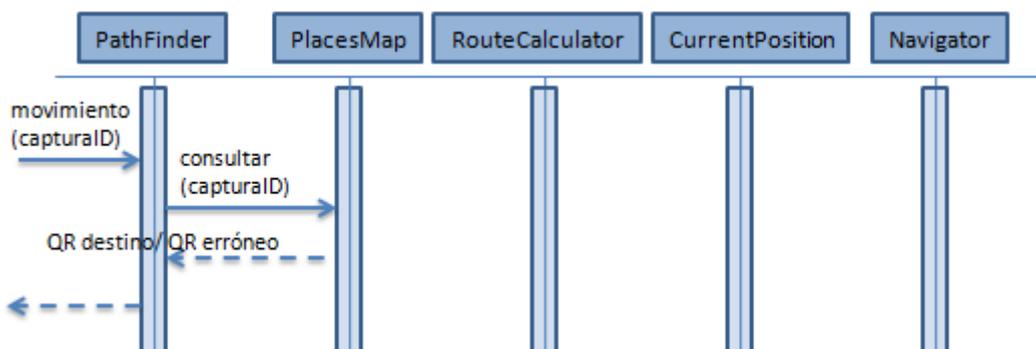


Figura 29: Diagrama de secuencia de la aplicación para los casos de código QR erróneo y código QR destino

- Caso de QR fuera de ruta (véase Figura 30):

PathFinder recibe el código correspondiente al código QR que el usuario acaba de capturar (*capturaID*). Después comprueba la validez de *capturaID* y obtiene *CapturaPlace* por medio de *PlacesMap*. *CapturaPlace* es enviado a *Navigator* que comprueba que el código no pertenece a la ruta actual. En ese momento le pasa a *RouteCalculator* los objetos *CapturaPlace* y *DestPlace*. Una vez obtenida la nueva ruta (*Route*), *Navigator* devuelve el resultado a *PahtFinder*.

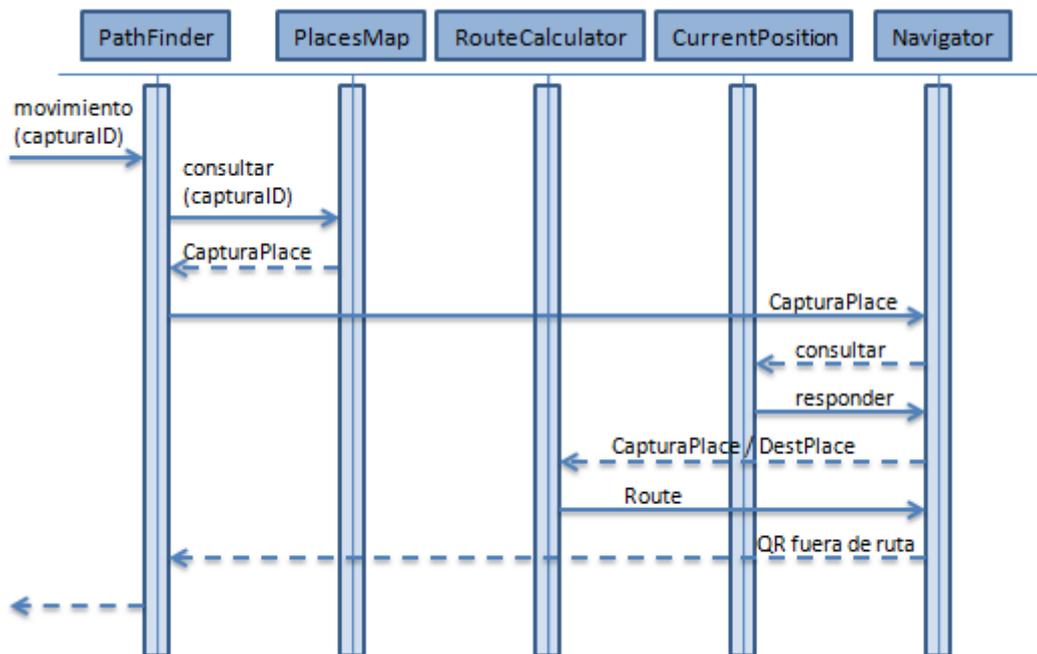


Figura 30: Diagrama de secuencia de la aplicación para el caso de código QR fuera de ruta

4.3.3 Algoritmos de camino más corto

La implementación de *RouteCalculator* hace uso de un algoritmo para obtener el camino más corto. Vamos a realizar un estudio de los distintos algoritmos posibles para lograr este objetivo. En concreto vamos a ver los algoritmos de Búsqueda en Anchura, Dijkstra, Floyd-Warshall, Bellman-Ford, Johnson y A*.

- Búsqueda en Anchura. Calcula la distancia mínima entre dos nodos de un grafo dirigido sin ponderar. Para ello recorre los nodos adyacentes al nodo inicial y los marca. Secuencialmente recorrerá los nodos que acaba de descubrir y marcará a sus adyacentes otra vez. Realizará esta operación hasta encontrar el nodo final. En dicho momento se parará y obtendrá los nodos padre de cada nodo obtenido hasta llegar al nodo inicial.
- Dijkstra. Calcula la distancia mínima entre los nodos de un grafo dirigido ponderado pero sólo con costes positivos. Para ello recorre los nodos adyacentes al nodo inicial marcándolos y calculando sus distancias. Después continúa con el siguiente nodo sin marcar con una distancia menor actualizando sus valores de distancia guardados a medida que encuentra caminos más cortos a sus nodos adyacentes. Continúa con este proceso hasta llegar al nodo de destino.
- Floyd-Warshall. Encuentra la distancia mínima entre dos nodos de un grafo dirigido ponderado usando una matriz de $n \times n$ donde n es el número de nodos. Para ello en una misma ejecución actualiza las distancias entre dos nodos cada vez que encuentra un camino más corto que el anterior. No es fácil actualizar los resultados si cambian los pesos de las aristas.
- Bellman-Ford. Este algoritmo calcula el camino más corto entre dos nodos de un grafo dirigido con pesos positivos o negativos. Cada nodo calcula la distancia

existente entre él y los demás. Luego manda esta información a los demás. Después cada nodo actualiza su propia tabla con la tabla recibida. Requiere tantas iteraciones como nodos haya en el grafo menos uno.

- Johnson. Algoritmo de camino más corto que se emplea sobre grafos dirigidos con pesos ponderados positivos o negativos. Para ello añade un nodo conectado al grafo con peso cero. Aplica luego el algoritmo de Bellman-Ford para transformar el grafo en otro grafo pero sin pesos negativos. Al grafo obtenido le aplica el algoritmo de Dijkstra.
- A*. Encuentra el camino mínimo entre dos nodos. Para ello utiliza una combinación de Búsqueda en Anchura y Búsqueda en Profundidad. Combina el coste total entre el nodo inicial y el final con el coste estimado del camino mínimo para este mismo recorrido. Para que el resultado sea óptimo la estimación no debe sobreestimarse, además el grafo debe cumplir la condición de consistencia.

Una vez repasados los distintos algoritmos, en la aplicación optamos por implementar el algoritmo de Búsqueda en Anchura. Hacemos esto porque se trata de un algoritmo sencillo de implementar que satisface las condiciones del grafo que nuestra aplicación utiliza: grafo dirigido sin ponderar. Si en un futuro considerásemos necesario incluir pesos, optaríamos por emplear el algoritmo de Dijkstra.

Con esto hemos terminado la descripción comportamental de la aplicación.

4.4 Descripción de la interacción de usuario

Este apartado describe el funcionamiento de la aplicación desde el punto de vista del usuario. Para ello recorreremos las pantallas con una ejecución de ejemplo (véase **Figura 31**).

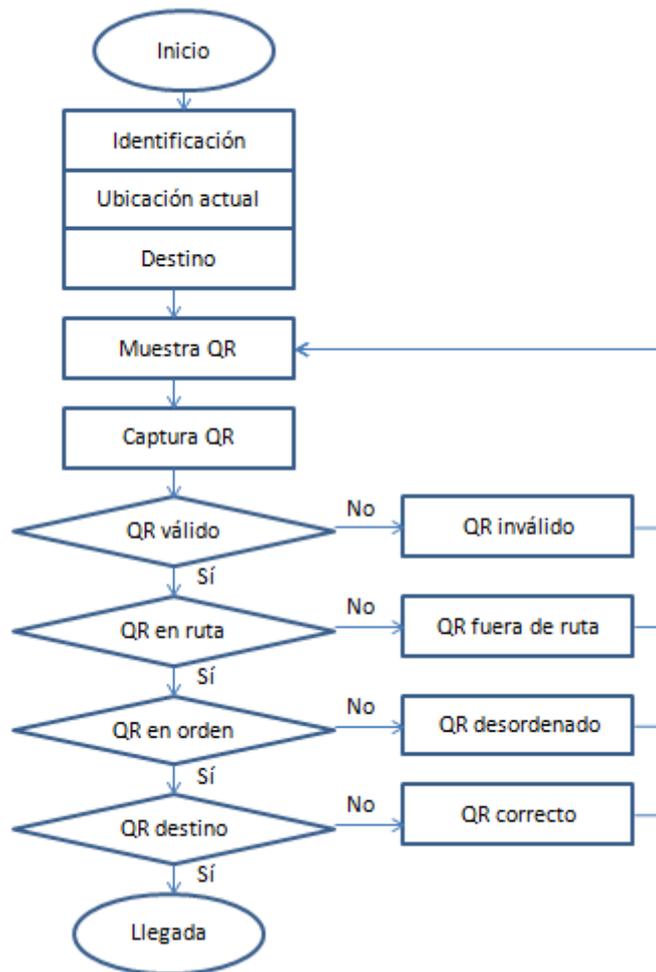


Figura 31: Diagrama de flujo de la ejecución de la aplicación

La primera pantalla que el usuario observa tras ejecutar la aplicación es un menú sencillo que presenta dos opciones: empezar y salir (véase la **Figura 32**). Cuando el usuario pulsa “Empezar”, pasa a una pantalla de selección de usuario. En esta pantalla el asistente le indica al usuario: “Dale al botón OK cuando te veas”. Tan sólo debe pulsar el botón “OK” en el caso en el que sea él el usuario que utilizó la aplicación por última vez. De esta forma la aplicación cumple la recomendación de los expertos de simplificar la identificación de usuario.

A continuación el usuario observa una pantalla en la que el asistente le dice: “Busca una pista como la de abajo”. La imagen de abajo muestra un código QR precedido del texto ‘Pista:’. De este modo la aplicación incide en el hecho de que llama a los códigos QR “pistas”. Esta simplificación del vocabulario y los términos empleados por la aplicación quedó pendiente cuando hicimos la tercera iteración en el diseño que relatamos en el apartado “3.3 Proceso iterativo”.

Ahora el usuario debe pulsar el botón “Usar lupa”. Esta es una nueva forma de referirnos a la aplicación de captura de códigos QR. De esta manera, recorrer un camino con la aplicación puede contemplarse como “observar una serie de pistas con la lupa hasta llegar al destino”.

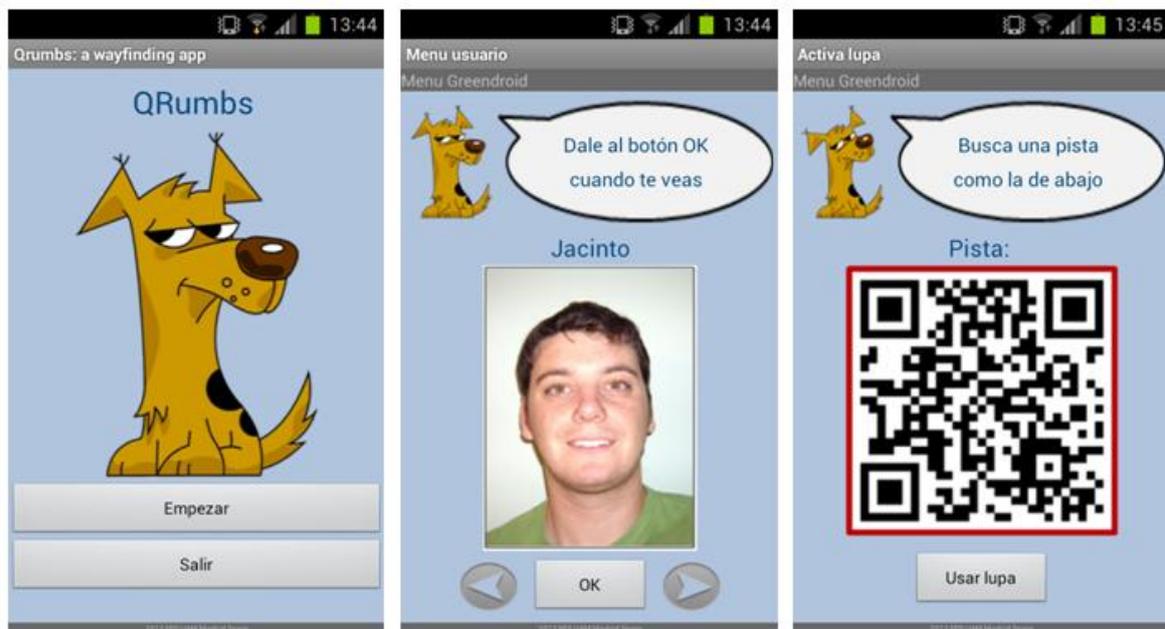


Figura 32: Pantallas de la primera parte de la ejecución de la aplicación

De esta forma el usuario llega a la pantalla de captura de códigos QR (véase **Figura 33**). En esta pantalla el usuario puede ver la imagen que en tiempo real captura la cámara, con dos marcos. Uno centrado transparente y con una línea roja que lo atraviesa verticalmente y otro exterior traslúcido. En el momento en que la ‘lupa’ enfoque con el marco central a un código QR, la aplicación pasará automáticamente a la siguiente pantalla.

En dicha pantalla el asistente le indica al usuario “Ahora mismo estás en...”. Justo debajo hay un cuadro de texto y una imagen correspondientes al lugar donde se encuentra el usuario. Debajo se encuentra el botón “Elegir destino”. Cuando el usuario lo pulsa, pasa a una nueva pantalla. Aquí se muestra de nuevo al asistente con el mensaje: “Elige dónde quieres ir y dale a OK”. Usando una apariencia muy similar a la que veíamos en la pantalla de selección de usuario, tenemos que elegir el destino usando flechas y un botón “OK” de confirmación.

La aplicación sigue ahora el orden que establecimos al realizar el prototipo de baja fidelidad descrito en el apartado “3.3 Proceso iterativo”:

- 1º ¿quién eres?
- 2º ¿dónde estás?
- 3º ¿dónde quieres ir?

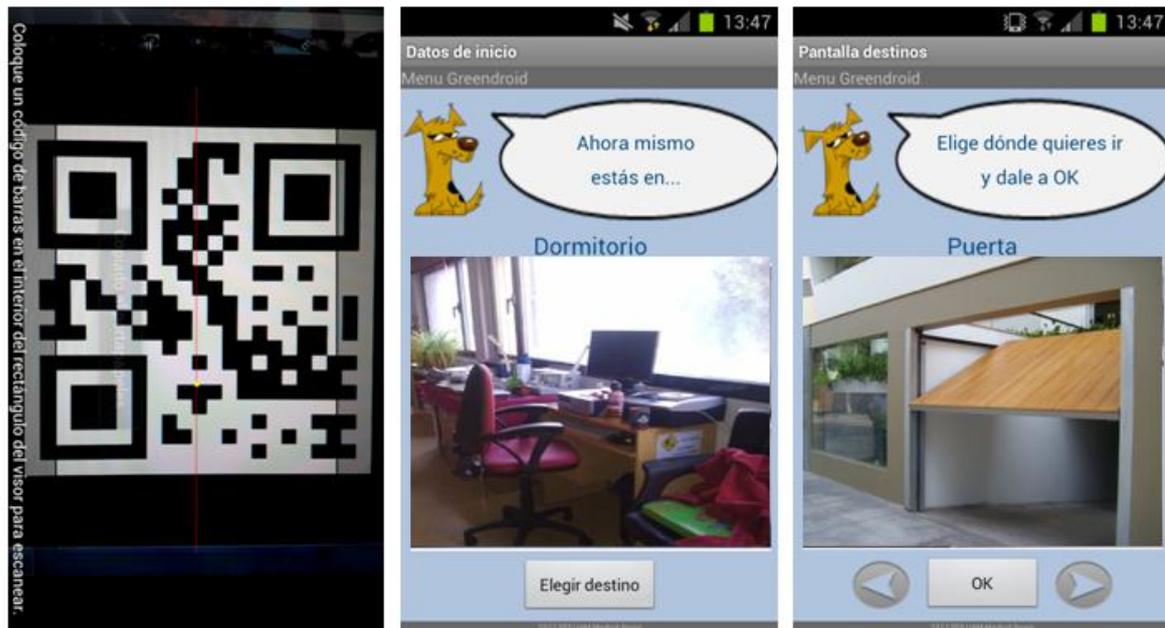


Figura 33: Pantallas de la segunda parte de la ejecución de la aplicación

A partir de este momento, la aplicación seguirá el mismo patrón hasta llegar al destino que seleccionó el usuario. Pasa a otra pantalla en la que el asistente le indica: “Busca la pista en el lugar de la foto” (véase la **Figura 34**). En la foto hay una imagen que muestra la posición del código QR al que debe dirigirse el usuario. Además este código aparece con un recuadro rojo para resaltarlo. Debajo hay un botón en el que pone: “Usar lupa”.

Tal como dijimos al finalizar el prototipo de bajo nivel, no vamos a utilizar una pantalla con una flecha indicando la dirección del siguiente código QR respecto del actual.

Al pulsar el botón de la ‘lupa’, el usuario pasa otra vez a la pantalla de captura de códigos QR. Tras capturarlo obtiene la respuesta: en la siguiente pantalla tiene al asistente en un tamaño mayor que en las anteriores y con expresión distinta. Si la ‘pista’ que capturó con la ‘lupa’ es correcta el texto de la pantalla será “Pista correcta ¡Muy bien!”. Abajo tendría un botón con el texto “Buscar otra pista”. Podemos ver el proceso que sigue la aplicación para evaluar que el código QR capturado es correcto en la **Figura 31**.



Figura 34: Pantallas de la tercera parte de la ejecución de la aplicación

En este caso el usuario obtendría una pantalla con el asistente indicándole que debe buscar una nueva pista en el lugar que le indica la foto (véase la **Figura 35**). Sin embargo esta pantalla tiene algo adicional. Sobre la imagen en la que aparece el QR resaltado, tenemos un texto con una indicación: “Cerrar las puertas”.

Se trata de una forma de suplir una carencia detectada durante la prueba realizada por una persona ajena al grupo de usuarios de la evaluación. Después de trazar el recorrido que se empleó durante la prueba, comprobamos que en determinados lugares era necesario aportar alguna indicación para facilitar la tarea de encontrar el próximo código QR. Por ejemplo, abrir una puerta que nos oculta la visión del próximo código QR. La mejora de este sistema podría realizarse como trabajo futuro.

Una vez el usuario ha cerrado las puertas, debe continuar capturando el siguiente código QR. Para ello pulsará de nuevo sobre el botón de “Usar lupa”. Luego deberá capturar el código QR. El resultado de la captura lo obtiene en la siguiente pantalla.

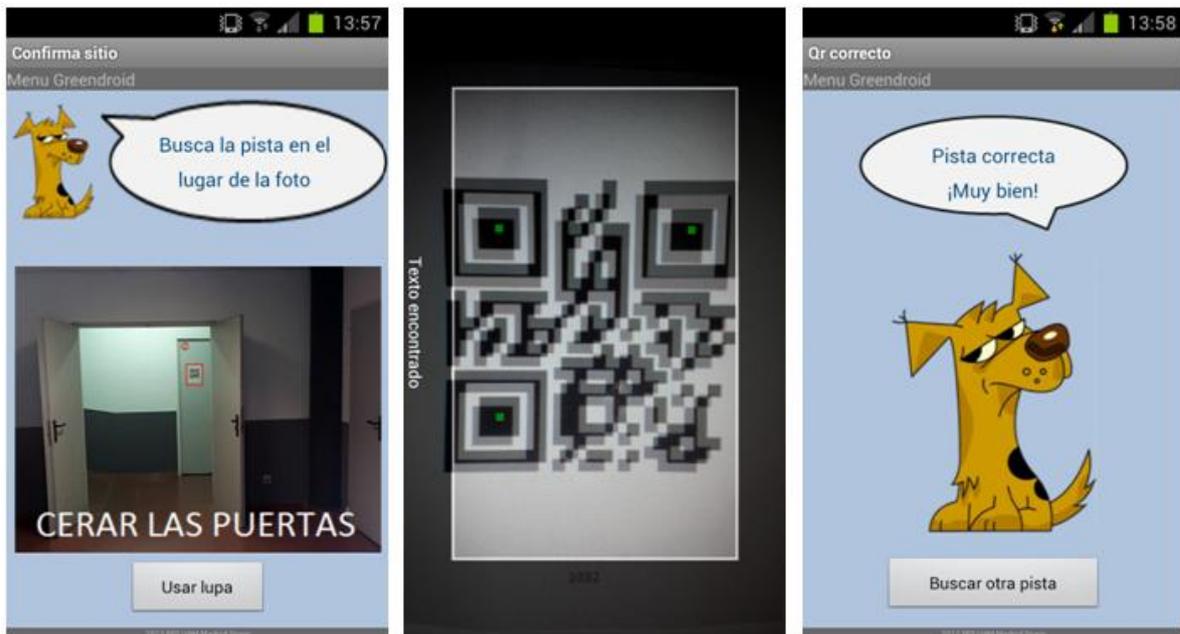


Figura 35: Pantallas de la cuarta parte de la ejecución de la aplicación

Aparte del resultado correcto (“Pista correcta ¡Muy bien!”), otras opciones posibles serían las que veíamos en la **Figura 31** (véase también **Figura 36**):

- QR fuera de orden. Es una pantalla que se le muestra al usuario cuando se ha saltado alguna pista. Sin embargo sigue correctamente en ruta. El asistente aparece con una expresión de desconcierto y con un texto que dice: “Te has saltado alguna pista”. Tras pulsar el botón de “Buscar otra pista”, la aplicación mostraría la pista consecutiva a la última capturada por el usuario.
- Sin movimiento. Esta pantalla se le muestra al usuario cuando captura de nuevo un QR que había capturado previamente. El asistente aparece con una expresión de enfado y con un texto que dice: “No te has movido...Busca la pista”. Una vez pulsado el botón de “Buscar otra pista” la aplicación mostraría de nuevo la pista que mostró antes de que el usuario volviese a capturar el mismo QR.
- Pista falsa. Es una pantalla que se le muestra al usuario cuando captura un código QR ajeno a la aplicación. Dado que cada vez hay más códigos en cualquier sitio, es posible que tenga lugar esta situación. El asistente aparece de nuevo con una expresión de desconcierto y con un texto que dice: “Era una pista falsa...Busca otra”. Cuando el usuario pulsase el botón de “Buscar otra pista”, la aplicación mostraría otra vez la pista que mostró antes de que el usuario capturase el QR erróneo.



Figura 36: Pantallas de la quinta parte de la ejecución de la aplicación

Con estas pantallas tendríamos todo el espectro de posibilidades que pueden tener lugar durante la ejecución, a excepción de la pantalla de llegada (véase **Figura 37**). Cuando el usuario captura el último QR de la ruta correctamente, la pantalla que obtiene muestra al asistente guiñándole un ojo y con un texto que dice: “Has llegado correctamente ¡Enhorabuena!”. Debajo tiene un botón de “Finalizar”. Al pulsarlo regresaría al menú inicial. Desde allí podría iniciar un nuevo recorrido (botón “Empezar”) o bien salir de la aplicación (botón “Salir”).

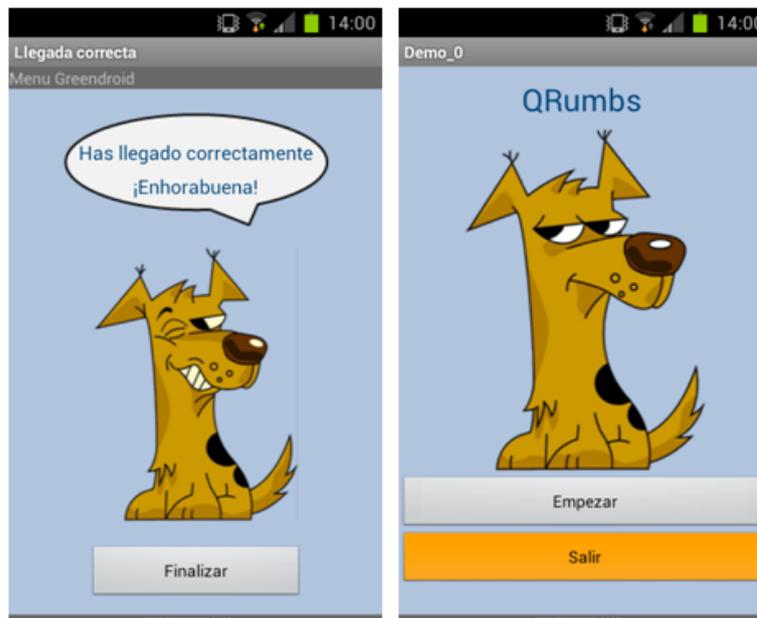


Figura 37: Pantallas de la sexta parte de la ejecución de la aplicación

4.5 Escenarios de uso

En las dos secciones anteriores hemos descrito la aplicación tanto desde el punto de vista del desarrollador como del usuario. En este apartado discutiremos distintos escenarios para el uso de la misma. Para ello vamos a aportar ejemplos concretos de dos categorías de escenarios: entrenamiento y asistencia.

1) Entrenamiento.

Por entrenamiento entendemos el soporte necesario para permitir al usuario adquirir las destrezas imprescindibles para realizar la navegación por sí mismo. De tal forma que el uso de la aplicación debe ser progresivamente menor hasta lograr prescindir de la misma. En este escenario podemos englobar todos aquellos entornos habituales para el usuario pues se entiende que son estos los escenarios sobre los que resulta relevante adquirir una navegación plenamente autónoma.

Por ejemplo, si el usuario se acaba de incorporar a su puesto de trabajo. En este caso la aplicación será de gran utilidad para desplazarse por el entorno laboral. Al incorporarse, lo habitual es que el trabajador no tenga conocimiento alguno del espacio. Como se trata de un entorno al que debe habituarse, es de esperar que la aplicación sea cada vez más prescindible. Por ello el objetivo de la aplicación en este caso es reducir el tiempo de aprendizaje del entorno en la medida de lo posible así como disminuir la necesidad de un supervisor que guíe el aprendizaje.

Otro ejemplo de uso de la aplicación como entrenamiento sería la enseñanza de rutas. Si por ejemplo el usuario debe hacer el reparto del correo por toda la empresa, es lógico que deba realizar un mismo recorrido con gran frecuencia. Al igual que en el ejemplo anterior, llegará un momento en el que el usuario prescinda completamente de la aplicación. También se puede emplear la aplicación para la enseñanza de rutas en otros entornos interiores tales como el metro.

Hay que señalar que el entrenamiento es apto sólo para una parte del colectivo de usuarios al que se dirige la aplicación. Algunas personas presentan una discapacidad intelectual que les impide aprender o asimilar la información adecuadamente. En dichos casos, la aplicación debería usarse siempre como asistencia.

2) Asistencia.

Los ejemplos de escenarios que acabamos de ver están pensados para personas con discapacidad intelectual. Para asistencia podemos considerar útil además, el uso de la aplicación por parte de personas sin diversidad funcional.

Un ejemplo de escenario podría ser el uso de la aplicación en el parking de un centro comercial. A menudo sucede que no recordamos cómo llegar al lugar donde dejamos estacionado el vehículo. Con anotar el nombre de la ubicación del código QR más cercano, sería posible usar la aplicación para llegar correctamente.

Otro ejemplo de escenario de asistencia sería la realización de una tarea puntual en un edificio público. Por ejemplo, cuando vamos al ayuntamiento a hacer el pago del

impuesto de vehículos de tracción mecánica, es habitual que tengamos que preguntar varias veces hasta encontrar el sitio concreto. Usando la aplicación sería más fácil.

Un ejemplo más, sería el uso de la aplicación en una biblioteca. Si al buscar un libro en la base de datos, en lugar de una numeración con el lugar donde se encuentra, nos diera un código QR con la posición, la labor de localizarlo sería más sencilla.

Como podemos observar después de ver estos ejemplos, la aplicación se usa como entrenamiento para reducir el tiempo de conocimiento del espacio por parte de un usuario en labores cotidianas o habituales. Por otro lado, para el caso de la asistencia, los escenarios suelen ser puntuales o menos habituales. En general la asistencia se produce cuando el entrenamiento no puede producirse debido a un elevado nivel de discapacidad intelectual por parte del usuario o bien por falta de tiempo.

Dicho esto habría que señalar que para que se pudiera usar la aplicación en los dos ejemplos de escenarios de asistencia, sería necesario “ampliar” la aplicación para que admitiera importar la información referente a cada escenario de forma sencilla y automática. Para ello se podría pensar en que los mismos códigos QR que utiliza la aplicación, contuvieran la información necesaria para la descarga de los mapas correspondientes al escenario. (En las pruebas usamos códigos QR cuyo contenido era un identificador numérico, pero se podría cambiar esto por direcciones web que enlazaran a dichas descargas).

4.6 Resumen del capítulo

A lo largo de este capítulo hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- El código de la aplicación se puede dividir en 2 bloques: interfaz gráfica y lógica. Este segundo bloque a su vez se puede dividir en 2: estructuras de datos y control.
- La interfaz gráfica puede representarse con una máquina de estados en la parte principal de la misma está formada por este bucle:
→muestra imagen →captura código QR →obtiene resultado
- El código de control de la aplicación tiene dos partes con una complejidad superior al resto. Es el código correspondiente a la creación de los objetos principales y el correspondiente a la evaluación de los códigos QR capturados por el usuario.
- La aplicación emplea un lenguaje simplificado para facilitar la comprensión de algunos conceptos. En concreto, los códigos QR son llamados ‘pistas’ y la aplicación de captura de los mismos es llamada ‘lupa’.
- En algunas imágenes se optó por incluir un texto para añadir indicaciones adicionales en lugares que presentan una dificultad superior.
- El asistente complementa los mensajes de la aplicación por medio de las distintas expresiones.

- La aplicación puede emplearse en escenarios de entrenamiento y asistencia diferentes al planteado inicialmente. Esto incluye también, el uso por de la misma por personas sin discapacidad intelectual.
- Existen múltiples algoritmos de camino más corto. Algunos de ellos son de Bellman-Ford, Floyd-Warshall, Dijkstra, Johnson, Búsqueda en Anchura y A*.
- Dado que nuestra aplicación utiliza un grafo dirigido no ponderado, la opción más sencilla pero que sigue satisfaciendo nuestras necesidades es el algoritmo de Búsqueda en Anchura.

5 Pruebas y resultados

5.1 Diseño de la prueba

Tal como comentamos en el apartado “3.3 Proceso iterativo”, no se pudo realizar la prueba del prototipo de alta fidelidad con un colectivo diferente al que iba a realizar la prueba de la aplicación definitiva. De ahí que el diseño de esta prueba presentara muchas incógnitas.

Con todo, sí que se partió de las conclusiones que se pudieron extraer durante las sucesivas iteraciones de diseño. En concreto la referente a la disposición de las pistas: desde una pista siempre se puede ver la siguiente.

La prueba se realizó con una versión de la aplicación limitada. En lugar de disponer de varios destinos a los que ir partiendo de una posición aleatoria, la aplicación funcionó como una “búsqueda del tesoro”. El usuario partía de una posición definida por nosotros y realizaba el recorrido sin conocer el destino final.

En cuanto a la duración, el objetivo era que el recorrido tuviera una duración de más de 8 minutos cuando lo realizara una persona sin discapacidad. Esto nos aseguraba un recorrido lo suficientemente largo como para poder evaluar la aplicación debidamente.

Para hacer la prueba elegimos el edificio B de la Escuela Politécnica Superior de la UAM. Un entorno desconocido para todos los participantes en las pruebas. Se realizaron dos recorridos diferentes:

- Ruta 1: Es un recorrido que se inicia en la planta 1 del edificio B de la EPS y termina en el laboratorio de AMILAB situado en la cuarta planta. La **Tabla 6** muestra la longitud, el número de pistas y el tiempo que tardaron dos usuarios sin discapacidad intelectual en realizar la ruta 1. Es un recorrido que presenta escaleras, atravesar secciones de pasillos independientes y numerosas curvas que además tiene un momento crítico: el uso del ascensor para pasar de la segunda a la tercera planta.

	Longitud [m]	Pistas	T. user1 [min]	T. user2 [min]
Ruta 1	98,4	20	8:44	9:16

Tabla 6: Datos correspondientes ruta 1 de las pruebas

- Ruta 2: Este recorrido comienza en la segunda planta del edificio B de la EPS y termina también en el laboratorio de AMILAB. Es un recorrido bastante más largo que el anterior pero más sencillo. En la **Tabla 7** tenemos los datos del mismo. La forma de recorrer el edificio es muy mecánica, lo que facilita la predicción de la situación de las pistas. Sin embargo de nuevo contamos con tramos de escaleras, pasillos con cuartos intermedios así como numerosos giros.

	Longitud [m]	Pistas	T. user1 [min]	T. user2 [min]
Ruta 2	250,2	34	8:55	9:31

Tabla 7: Datos correspondientes a la ruta 2 de la prueba

Los tiempos de cada ruta se corresponden a un grupo de control formado por dos usuarios sin discapacidad que conocían el edificio pero no las rutas. El perfil de estos usuarios se puede considerar muy elevado. Ambas personas tienen un manejo excelente de teléfonos inteligentes. Son personas que, a pesar de conocer el recorrido de las rutas, sí conocían el edificio B de la Escuela Politécnica Superior a la perfección. Esto quiere decir que los tiempos obtenidos para cada ruta representan una cota inferior difícilmente mejorable. Para la valoración de los resultados obtenidos por los participantes debemos tener esta circunstancia presente.

Una vez decididos los recorridos pasamos a hacer las fotos para cargarlas en la aplicación. Para ello imprimimos todos los códigos QR con un tamaño de 14x14 centímetros y los fuimos colocando en los lugares previamente establecidos (véase imagen izquierda de la **Figura 38**).

Después adaptamos las fotos al tamaño requerido por la aplicación (véase imagen central de la **Figura 38**). Finalmente añadimos un recuadro en rojo para resaltar la posición del QR (véase imagen derecha de la **Figura 38**). Esta fue una medida adoptada al comprobar que la gama de colores del edificio dificultaba diferenciar la ubicación de los códigos en las fotografías.



Figura 38: Adaptación de las imágenes del recorrido para la aplicación

Una vez estuvieron todas las imágenes adaptadas, pudimos adaptar la aplicación para cada una de las dos rutas. Lo siguiente fue cambiar el código de la aplicación para evitar las pantallas innecesarias. De esta forma el esquema de la aplicación quedó como podemos ver en la **Figura 39**. Por cada pista incluimos una pista de manera que el número de fotos de la ruta 1 es 20 y el número de fotos de la ruta 2 es 34.

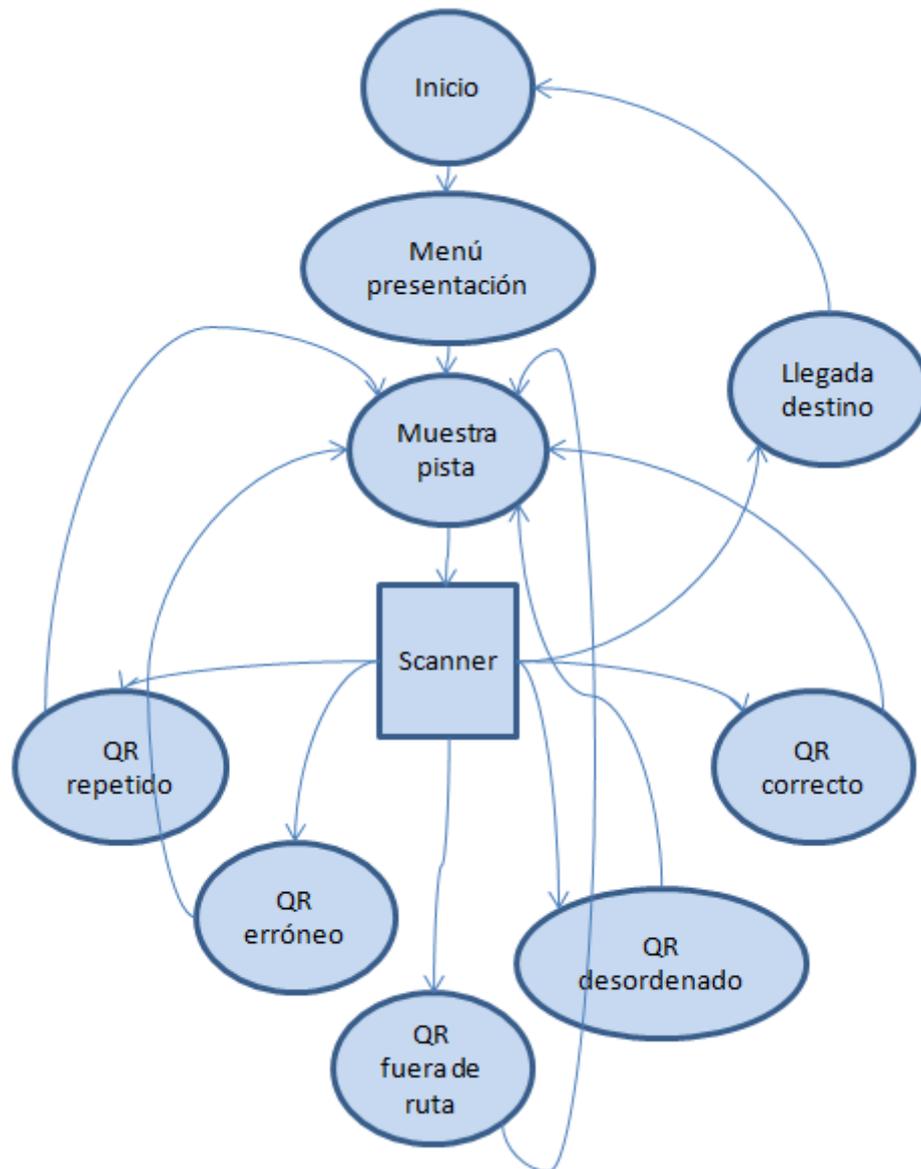


Figura 39: Diagrama de estados correspondiente a versión de prueba de la aplicación

Si recordamos el diagrama de estados de la aplicación completa, hemos eliminado las pantallas de selección de usuario, de identificación de la ubicación y de elección de destino. También hemos añadido una pantalla nueva para presentar la prueba al usuario.



Figura 40: Menú de presentación de la versión de prueba de la aplicación

Aparte de esto también añadimos a la aplicación el código necesario para que guardara un registro de la actividad del usuario. De esta forma por cada usuario se genera un fichero de texto que guarda el siguiente formato la información:

```

/-----/
-----/
->1338367120713// Comienzo de prueba: 10:38:40
->1338367126361// Observa pista: 2130837515, a las: 10:38:46
->1338367163563// Obtiene el QR correcto, a las: 10:39:23
->1338367175505// Observa pista: 2130837540, a las: 10:39:35
->1338367205519// Obtiene el QR correcto, a las: 10:40:5
->1338367215838// Observa pista: 2130837557, a las: 10:40:15
->1338367241622// Obtiene el QR correcto, a las: 10:40:41
->1338367249884// Observa pista: 2130837567, a las: 10:40:49
->1338367278414// Obtiene el QR correcto, a las: 10:41:18
->1338367283758// Observa pista: 2130837572, a las: 10:41:23
->1338367389188// Obtiene el QR correcto, a las: 10:43:9
->1338367396174// Observa pista: 2130837578, a las: 10:43:16
->1338367501184// Obtiene el QR correcto, a las: 10:45:1
->1338367510360// Observa pista: 2130837581, a las: 10:45:10
->1338367540300// Obtiene el QR correcto, a las: 10:45:40
->1338367545742// Observa pista: 2130837583, a las: 10:45:45
->1338367564487// Obtiene el QR correcto, a las: 10:46:4
->1338367570601// Observa pista: 2130837585, a las: 10:46:10
->1338367616143// Obtiene un QR fuera de la ruta, a las: 10:46:56

```

Figura 41: Ejemplo de registro de la actividad de un usuario durante el desarrollo de su prueba

Con esto terminamos la adaptación de la aplicación para las pruebas con usuarios. Lo siguiente que hicimos fue decidir los datos que queríamos extraer de cada una de las pruebas. La idea era que cada usuario vaya acompañado de un tutor y de un supervisor. El

primero se encargaría de explicar cómo funciona la aplicación y el segundo de tomar los datos sin intervenir en ningún momento. La toma de datos la dividimos en tres partes:

- Información de la actuación del usuario.

La información del desempeño del usuario la recopila el supervisor para complementar los datos que guarda la aplicación. Esto es básicamente anotar cuántas veces mira el dispositivo móvil, cuánto tarda en capturar el código QR, cuántas veces duda y pregunta al tutor y cuántas veces es reconducido a consecuencia de encontrarse perdido.

- Opinión del usuario acerca de la aplicación y su manejo de la misma.

La opinión del usuario sobre la aplicación y su manejo de la misma se realiza por medio de una encuesta. La primera parte se centra en la percepción que tiene el usuario acerca de su destreza usando la aplicación. La segunda parte recopila la opinión del usuario sobre distintos aspectos tales como el asistente o la gama de colores.

- Opinión del supervisor acerca del manejo del usuario.

La opinión del supervisor sobre el usuario se usa para valorar la veracidad de las respuestas aportadas por el mismo. Se toman estos datos por medio de otra encuesta.

Como los tutores y los supervisores no iban a ser los mismos durante todas las pruebas, también redactamos una serie de documentos para unificar la recogida de datos.

Con esto damos por finalizado el diseño de la prueba. Sin embargo cuando realizamos una validación de ejemplo con un usuario ajeno a las pruebas, concluimos que era conveniente hacer una nueva ruta de demostración. Esta nueva ruta sería realizada por el supervisor en presencia del usuario. Después el mismo usuario recorrería la dicha ruta con los consejos y advertencias oportunos por parte del tutor.

5.2 Descripción de los participantes

Para la validación de la aplicación, contamos con los alumnos del programa Promentor. Este programa se imparte por la Fundación Prodis en colaboración con la UAM en la facultad de Educación y Profesorado del campus de Cantoblanco.

La cátedra UAM-Prodis tiene dos objetivos principales: la docencia y la investigación. En concreto se trata de la única cátedra europea que *asume como fin prioritario la formación de los jóvenes con discapacidad intelectual en el ámbito universitario y el fomento del empleo con apoyo en los entornos laborales ordinarios*¹⁸.

¹⁸ www.fundacionuniversia.net/fichero?id=1965

El programa está dirigido a personas con una discapacidad intelectual acreditada igual o superior al 33% con edades, a priori, comprendidas entre los 18 y los 30 años. Además de estos requisitos, para ser admitidos los futuros estudiantes deben demostrar una conducta social ajustada, poseer competencias básicas (lectura, escritura y cálculo) y autonomía en los desplazamientos.

El curso persigue la integración laboral plena, por ello plantea los siguientes objetivos:

- Capacitar la inclusión en empresas por medio de una formación laboral ajustada a cada individuo.
- Fomentar la igualdad de oportunidades en la incorporación, mantenimiento y promoción por a través de un servicio de Empleo con Apoyo.
- Apoyar la vida independiente de los trabajadores con discapacidad intelectual dotándole de los apoyos necesarios para la plena integración en la sociedad.

Para alcanzar estas metas, el programa se imparte a lo largo de dos cursos académicos en los que estudian las siguientes materias:

PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO
Relaciones interpersonales en la empresa	Relaciones laborales
Desarrollo de habilidades emocionales I	Desarrollo de habilidades emocionales II
Competencias laborales específicas	Banca y documentación
Utilización de los servicios de la comunidad	Archivo y organización
Estrategias de pensamiento	Archivo y organización
Tecnologías en la empresa I	Cultura y sociedad
Inglés I	Tecnologías en la empresa II
Lógica y contabilidad	Inglés II
Desarrollo de valores	Bases para el aprendizaje II
Bases para el aprendizaje I	Practicum
Calidad de vida	
Organización y planificación	

Tabla 8: Asignaturas del programa Promotor de la cátedra UAM-Prodis. Promotor-2011

Las prácticas del segundo año son uno de los aspectos más importantes del programa. Con frecuencia se desarrollan en determinados lugares de la universidad tales como la Oficina de Acción Solidaria o las bibliotecas de algunas facultades. En algunos casos los alumnos realizan las prácticas en empresas externas.

Esto último facilita su posterior inclusión laboral, que es el propósito de la siguiente fase: el empleo con apoyo (Metodología de Empleo con Apoyo). Para ello se les ayuda en la búsqueda de empleo, se valora a los candidatos así como su perfil profesional, analiza el puesto de trabajo y la implicación de la empresa, se realiza un entrenamiento y adaptación y finalmente se realiza un seguimiento y valoración continuados.

Los resultados del programa son bastante positivos. Todos los alumnos de los cursos impartidos se han graduado y el 92% de los egresados trabajan (2011). De ellos el 94% trabaja a media jornada. En la tabla de más abajo podemos ver los sectores empresariales en los que se enmarca su trabajo:

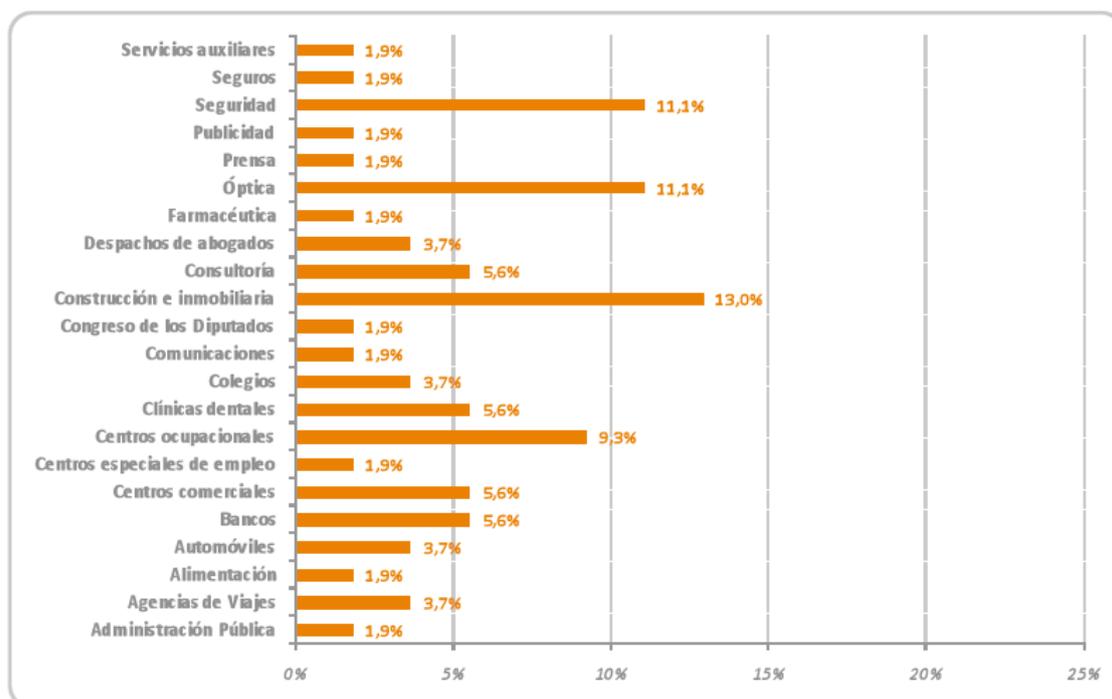


Figura 42: Sectores empresariales de los alumnos egresados del programa Promentor. Promentor-2011

En cuanto a los perfiles laborales que desempeñan, destaca el administrativo. Esto también lo podemos ver en la siguiente tabla:

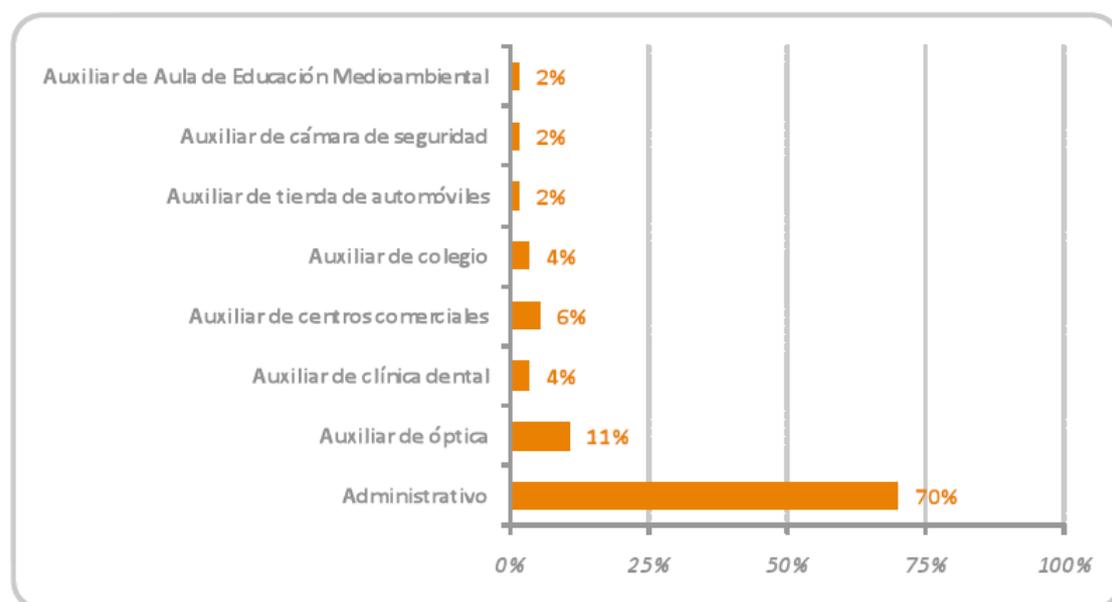


Figura 43: Perfiles laborales de los alumnos egresados del programa Promentor. Promentor-2011

Tal como hemos comentado el programa se imparte en dos años y cada promoción está formada por 15 alumnos por lo que los 30 realizaron las pruebas. Las gráficas de la **Figura 44** nos muestran la distribución por sexos y por edades de los participantes.

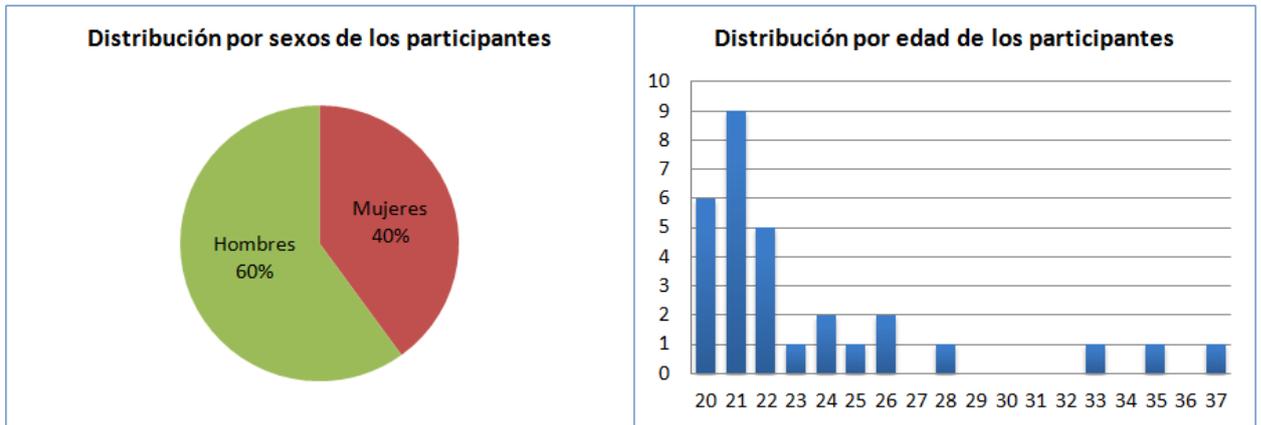


Figura 44: Distribución por sexos y edades de los participantes

Estudiadas las características del programa podemos concluir que se trata de un grupo de personas con discapacidad intelectual con una formación superior a la habitual para este colectivo.

En la **Figura 45** podemos observar la distribución del CI de los participantes. A pesar de que este coeficiente se puede considerar elevado para algunos de ellos, la mediana es un CI de 60. Por lo tanto, la mayoría de los participantes tenía un grado de discapacidad leve según estudiamos en la **Tabla 3**.

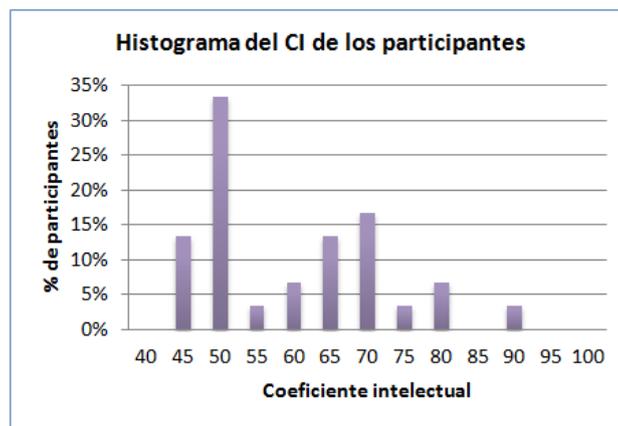


Figura 45: Histograma del CI de los participantes

Por sus edades así como por las materias recibidas se les puede presuponer un contacto con las nuevas tecnologías medio o elevado.

En concreto todos disponían de teléfono móvil y casi un 70% hacían un uso elevado del mismo como podemos ver en las gráficas de la **Figura 46**:

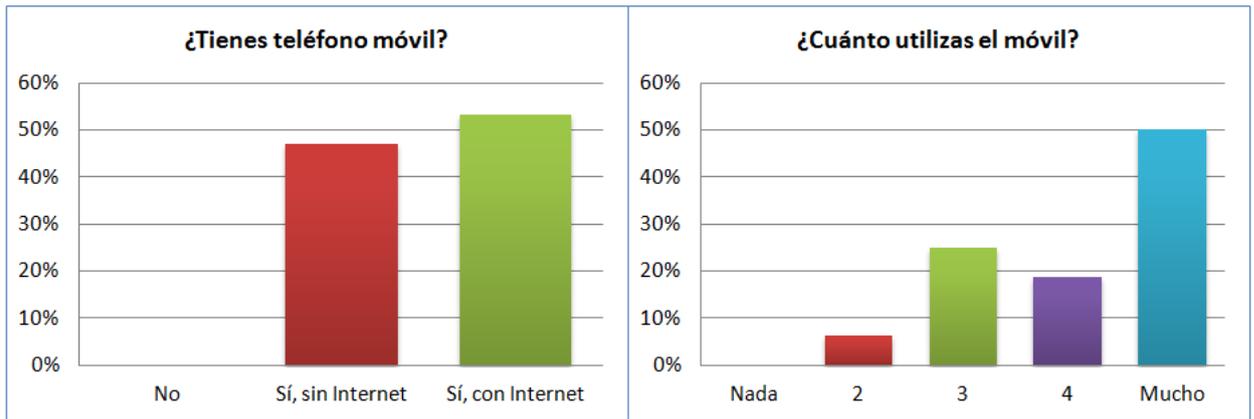


Figura 46: Perfil del uso del teléfono móvil de los estudiantes del programa Promentor

En lo que se refiere al uso de Internet (correo electrónico y Facebook) se pueden observar en las gráficas que reflejan el perfil de los estudiantes. Casi la mitad de ellos utilizan el correo electrónico a diario, pero hay otro grupo que ni siquiera tiene cuenta de correo electrónico. Sería de esperar que en principio hicieran un uso mayor del correo electrónico dado que participan en un programa universitario. Por otro lado en cuanto al uso de Facebook, hay dos grupos claramente diferenciados, los que no tienen cuenta que son más del 50% y los que lo utilizan a diario que superan el 30% del total.

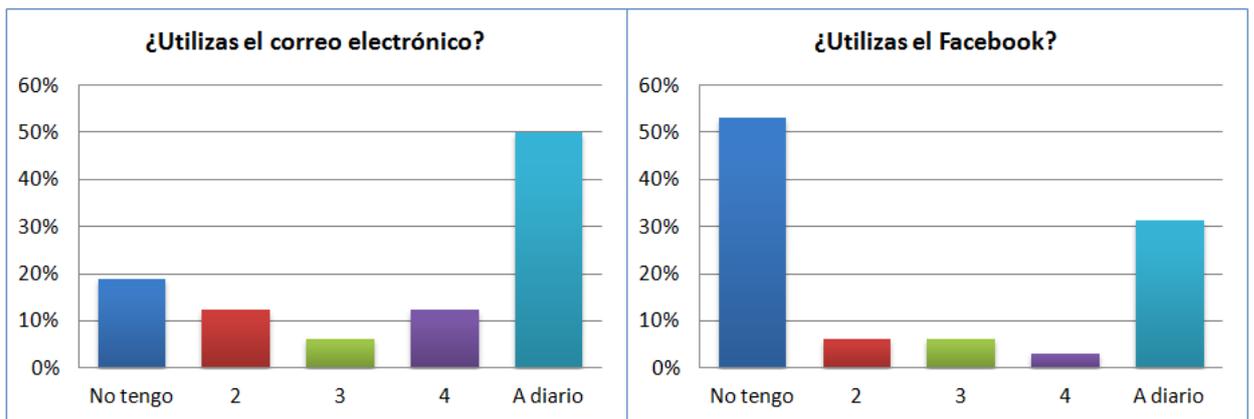


Figura 47: Perfil uso de Internet de los estudiantes del programa Promentor

Una hipótesis de porqué hay dos grupos con tendencias opuestas es la siguiente. En España Facebook tiene una penetración de un 34,29% (febrero 2012)¹⁹, esto nos sitúa como el cuarto país europeo en número de usuarios de Facebook. El 40% de estos usuarios se corresponde con jóvenes adultos (25 a 34 años). Por tanto el número de estudiantes que hacen uso del mismo es de esperar que fuese más elevado. Sin embargo, los riesgos asociados al uso de las redes sociales justifican en parte los temores de los padres y tutores. Como consecuencia consideramos frecuente que se les prohíba su uso.

Por tanto el perfil tecnológico de los estudiantes se puede estimar medio (frecuente uso de teléfono móvil y puntual del correo electrónico) o elevado (uso extensivo de Internet en el teléfono móvil así como de Facebook). Estas características tendrán su reflejo en el

¹⁹ <http://www.latevaweb.com/noticias/usodeffacebook.html>

desempeño de las pruebas pues es de esperar que a mayor uso de las tecnologías comentadas mejor rendimiento y viceversa.

5.3 Métodos materiales

Para la realización de este trabajo hemos hecho uso de los siguientes equipos:

- 1) Teléfono inteligente:

El dispositivo sobre el que se han realizado todas las pruebas ha sido el HTC Desire (véase **Figura 48**). Se trata de un Smartphone fabricado por HTC Corporation que se lanzó al mercado en el segundo trimestre el 2010²⁰.

Sus principales características son:

- Procesador ARMv7 a 1 GHz
- Pantalla Super-LCD de 3,7 pulgadas y una resolución 480x600
- Memoria RAM de 576 MB
- Memoria Flash de 512 MB (de los cuales 150 MB accesibles para el usuario)
- Cámara de 5 Megapixels con autoenfoco y flash LED
- Sistema operativo Android 2.1 Eclair



Figura 48: Imágenes frontal y trasera del HTC Desire

²⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Desire

La capacidad de proceso de este teléfono inteligente supera ampliamente los requerimientos de la aplicación. Sin embargo sí que presenta alguna limitación que vamos a ver a continuación:

- Tamaño de la pantalla. Si bien la resolución de la misma era suficientemente buena, el tamaño era insuficiente para algunos usuarios²¹. En torno a la mitad de los participantes de las pruebas padecía síndrome de Down.
- Manejo táctil. El manejo de una pantalla táctil no es fácil para las personas con problemas motores. La generalización en el uso de tabletas y teléfonos inteligentes, posibilita que cada vez haya más personas acostumbradas a su manejo.

Nota: Para la ruta de demostración empleamos un modelo diferente de teléfono inteligente. En lugar de un HTC Desire, usamos un Sumsung Galaxy SII. Como es lógico, este teléfono tiene unas características diferentes, sin embargo estas diferencias no son relevantes a efectos prácticos.

2) Etiquetas QR:

Para hacer las pruebas empleamos códigos QR impresos en hojas tamaño A4 (véase **Figura 49**). Con este tamaño es posible realizar la captura desde una distancia aproximada de 50 centímetros. Debajo del código QR imprimimos el contenido codificado en el mismo. Por último, dado que el edificio donde realizamos las pruebas tiene un tránsito de personas relativamente elevado en algunas plantas, añadimos un letrero con este mensaje “Por favor, no tocar. Proyecto en pruebas”.

²¹ http://www.down21.org/salud/salud/vision_audicion.htm



Figura 49: Código QR impreso pegado a la pared con la señal de advertencia

Las limitaciones en el uso de este sistema fueron:

- Caída de los folios. La realización de las pruebas no debía dejar ninguna marca en las paredes por lo que empleamos muy poco precinto para adherir los códigos a las superficies. En las zonas donde dicha superficie era una pared pintada con *gotelé*, era frecuente encontrar los folios en el suelo de un día para otro.
- Cambio involuntario en la distribución. Tal como hemos dicho el edificio donde se hicieron las pruebas esta transitado por bastantes personas. En especial las plantas inferiores. Los códigos en general despertaron curiosidad y respeto. En algunos casos los códigos fueron desplazados de su posición correcta. La explicación más probable es que, tratando de ayudar, alguna persona colocara un folio caído en una posición diferente.

5.4 Procedimiento

Para la realización de las pruebas establecimos una serie de protocolos y sistemas de extracción de información. En este apartado vamos a ver cada uno de ellos en detalle.

Las pruebas las llevamos a cabo del 28 de mayo al 8 de junio de 2012. Cada día de pruebas nos dirigimos a las aulas de la facultad de Formación del Profesorado donde los participantes reciben las clases del curso de *Inclusión socio-laboral de personas con*

discapacidad. En el trayecto hasta nuestra facultad hablábamos con ellos y les describíamos por encima en qué iba a consistir la prueba para la que colaboraban.

Una vez en el edificio A de la Escuela Politécnica Superior, establecíamos el orden por el que cada uno de los participantes realizaría la prueba. De tal forma que mientras hacíamos la prueba con uno de ellos, los demás esperaban en el Hall del edificio A.

Una vez en el edificio B, el tutor realizaba la demostración. A continuación vamos a ver el protocolo para la misma:

Protocolo de explicación de la demostración

Para hacer la demostración usaremos el dispositivo 3 (Samsung Galaxy SII).

Entraremos al edificio B desde la planta baja y haremos un recorrido de 2 códigos QR. El tutor repetirá en dos ocasiones la prueba enseñando al usuario en todo momento lo que indica la aplicación.

Finalizada la demostración que hace el tutor, hará lo mismo el usuario. Repetirá dos veces el recorrido de demostración siguiendo las indicaciones del tutor. Tratar de hacer la explicación con menor número de indicaciones en el segundo intento.

Importante:

- *Explicar que la captura del QR requiere dejar el móvil a una “distancia media”. De manera que el QR por completo aparezca en pantalla. Hacer hincapié en el hecho de que a veces será necesario acercarse o alejarse “un poco” para el que el dispositivo capture el QR.*
- *La terminología de la aplicación debe ser la misma que la que se emplea para explicar las pruebas. De manera que QR pasa a ser ‘pista’ y pasar al menú de captura de QR es ‘usar lupa’.*
- *Explicar las cosas despacio y con un lenguaje fácil. En ocasiones puede que un usuario esté más espabilado y sea redundante, pero así evitaremos que algún usuario quede “descolgado”.*
- *Remarcar la importancia de quedarse en el sitio después de que el dispositivo capture el QR. De no ser así, reconocer la imagen será más complicado (pues las fotos se tomaron exactamente desde el QR precedente).*
- *Demostrar también qué ocurre si se coge un QR erróneo o si se coge un QR repetido.*
- *Hacerle saber al usuario que las condiciones de luz tienen un gran impacto en la captura de códigos QR. Cuando el ambiente esté poco iluminado, será más costosa la captura (tardará más tiempo).*

Después de haber realizado esta primera parte, nos dirigíamos al punto de inicio de la ruta. Este punto dependía de la ruta escogida. A partir de este punto el supervisor empezaba con la toma de datos. La tabla de recogida de datos la podemos ver más abajo en la **Tabla 9**.

	¿Cuántas veces mira el móvil?	¿Cuánto tarda en capturarlo?	¿Tiene dudas y pregunta?	¿Cuántas veces le has reconducido?
Pista 1				
Pista 2				
Pista 3				
Pista 4				
Pista 5				
	¿Cuánto mira el móvil?	¿Cuánto tarda en capturarlo?	¿Tiene dudas y pregunta?	¿Cuántas veces le has reconducido?
Pista 6				
Pista 7				
Pista 8				
Pista 9				
Pista 10				
	¿Cuánto mira el móvil?	¿Cuánto tarda en capturarlo?	¿Tiene dudas y pregunta?	¿Cuántas veces le has reconducido?
Pista 11				
Pista 12				
Pista 13				
Pista 14				
Pista 15				

Tabla 9: Tabla empleada para la recogida de datos de la ruta 1 durante las pruebas

Para hacer esta toma de datos lo más homogénea posible, también establecimos un protocolo de toma de datos:

Protocolo para la toma de datos

Protocolo para la toma de datos de la hoja de Excel “EncuestaSupervisor-route_v2”.

La hoja tiene cuatro columnas a rellenar durante la realización de la prueba. La persona encargada de tomar datos (supervisor) no tiene ningún contacto con los usuarios. Este protocolo está establecido por el primer supervisor

1) *¿Cuántas veces mira el móvil?*

La primera vez que consulta el móvil para ver la foto y relacionarla con el entorno no se tiene en cuenta. Por ello en caso de mirar dos veces, se anota “I”. En caso de mirar tres veces: “II”.

2) *¿Cuánto tarda en capturar el QR?*

En el momento en que coloca el teléfono verticalmente frente al QR, se empieza a contar mentalmente los segundos que tarda el dispositivo en capturar la etiqueta. El primer dispositivo (“Desire 1”) se usará siempre con la ruta 1. El segundo dispositivo (“Desire 2”) por su parte, se usará siempre para la segunda ruta.

3) *¿Tiene dudas y pregunta?*

Para este apartado un 0 representa que no tiene dudas. Una vez vista la fotografía, por cada vez que pregunte se van anotando “palitos”. A señalar que puede ser complejo contar mentalmente lo que tarda en capturar un QR y a la vez anotar las veces que pregunta durante la captura.

4) *¿Cuántas veces le has reconducido?*

Tal como hemos hecho con las columnas 1 y 3, iremos anotando las veces que ha sido necesario volver a “poner en ruta” al usuario. En caso de estar perdido completamente.

- *Nota:*

- 1. Cuando los usuarios no tienen manejo con el teléfono inteligente (o con los móviles en general) pueden tener problemas. Si por ejemplo pulsan dos veces seguidas (sin darse cuenta) un botón, como no hay tecla “atrás”, no pueden recuperar la foto que vieron antes. [se asignará un -2 en el Excel con los datos en bruto].*
- 2. En los casos en los que se saltan una pista, la indicación de la hoja de datos en bruto pondrá un -1 para indicarlo.*

Como es lógico, también establecimos un protocolo para establecer la actividad del tutor durante la prueba.

Protocolo del tutor

Protocolo para la actuación de la persona encargada de acompañar al usuario durante la prueba (tutor).

Durante la realización de la prueba la actitud del tutor será diferente de la mantenida durante la demostración. Ahora será el usuario el que tenga en todo momento la iniciativa a la hora de moverse por el entorno y decidir qué códigos QR capturar.

En la medida que el entorno lo permita, el tutor permanecerá a la espalda del usuario. De este modo, al no estar a la vista del mismo, no será una referencia a la hora de tomar una dirección determinada o dar por bueno un código en lugar de otro.

Si el usuario captura un código QR capturado previamente, no intervendrá

Si el usuario captura un código QR erróneo, no intervendrá

Si el usuario captura un código QR de otra ruta valorará intervenir:

- Si es un código QR de una zona aledaña al recorrido, no intervendrá
- Si es un código QR de una zona alejada (15 metros o más) intervendrá.

Si el usuario toma una ruta completamente diferente y pasa más de 5 minutos sin saber qué hacer, se considerará que el usuario se ha perdido. El tutor intervendrá.

La intervención del tutor consistirá en retroceder con el usuario al punto donde capturó el último QR correcto y el ajuste de la aplicación correspondiente.

Con respecto a la comunicación con el usuario. El tutor no iniciará la misma. Tan sólo responderá a preguntas directas formuladas por el usuario. La excepción a esto último se producirá cuando el usuario cumpla los supuestos de haberse perdido.

Por último señalar que se considerará que el usuario no ha sido capaz de llegar al destino si no ha concluido la prueba en 40 minutos. Para ello el tutor cronometrará el tiempo desde el comienzo de la prueba.

Una vez terminada la prueba por la llegada al destino por parte del usuario o por haber transcurrido 40 minutos desde el comienzo, tanto el usuario como el supervisor completaban su correspondiente encuesta.

A señalar el uso de un lenguaje poco formal en la redacción de las preguntas de la misma. Deliberadamente preferimos emplear un lenguaje más sencillo para facilitar la comprensión de los usuarios. La encuesta del usuario la podemos ver a continuación:

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE LA APLICACIÓN

Esta encuesta es para valorar la aplicación.

No es un examen ni nada parecido, por lo que las respuestas no se pueden acertar o fallar. Sólo tienes que contestar con sinceridad.

[1] ¿Tienes teléfono móvil?

- No, no tengo
- Sí, tengo móvil. Pero no tiene Internet
- Sí, tengo móvil. Además tiene Internet

[2] ¿Cuánto utilizas el móvil?

1 2 3 4 5
Nada Mucho

[3] ¿Utilizas el correo electrónico?

1 2 3 4 5
No tengo A diario

[4] ¿Utilizas el Facebook?

1 2 3 4 5
No tengo A diario

[5] ¿Has entendido cómo usar la aplicación?

1 2 3 4 5
No he entendido nada He entendido todo

[6] ¿Te ha costado aprender a manejar la aplicación?

1 2 3 4 5
Mucho Nada

[7] ¿Eran claras las fotos de dónde estaban estas pistas?

Las fotos donde la mascota nos enseñaba el sitio donde estaba la siguiente pista

1 2 3 4 5
Mal Muy bien

[8] ¿Has encontrado fácilmente las pistas?

1 2 3 4 5
Mal Muy bien

[9] ¿Te ha parecido suficiente el número de pistas?

Si te han parecido suficientes, pon un 3. Si te han parecido muy pocas, pon un 1. Si te han parecido muchas pon un 5

1 2 3 4 5

Faltan pistas Sobran pistas

[10]¿Te ha resultado fácil capturar con la lupa las pistas?

Cuando queríamos ver con ella una pista

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[11]¿Qué pista es la que más te ha costado encontrar?

[12]¿Qué tal has entendido las indicaciones?

Los mensajes que nos daba la mascota

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[13]¿Qué tal has manejado la aplicación?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[14]¿Has necesitado ayuda durante la prueba?

1 2 3 4 5

Mucha ayuda Nada de ayuda

[15]¿Recomendarías esta aplicación a un amigo?

1 2 3 4 5

Nunca Seguro

[16]¿Usarías la aplicación para moverte por un sitio desconocido?

1 2 3 4 5

Nunca Seguro

[17]¿Es divertido usar la aplicación?

1 2 3 4 5

Es muy aburrido Es muy divertido

[18]¿Te parece bonita la aplicación?

1 2 3 4 5

Mal Muy Bien

[19]¿Qué te ha parecido la mascota?

El perro que nos daba indicaciones

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[20]¿ Te han gustado los colores?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[21]¿Qué es lo que menos te ha gustado?

[22]¿Qué es lo que más te ha gustado?

Ahora vamos a ver la encuesta que realizaba el supervisor una vez el usuario terminaba la ruta:

ENCUESTA DE VALORACIÓN SOBRE EL USUARIO

Valoración de la veracidad de las respuestas proporcionadas por el usuario a juicio del supervisor.

[5] ¿Ha entendido cómo usar la aplicación?

1 2 3 4 5

No ha entendido nada Ha entendido todo

[6] ¿Le ha costado aprender a manejar la aplicación?

1 2 3 4 5

Mucho Nada

[7] ¿Ha relacionado bien las fotos con el entorno?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[8] ¿Ha encontrado fácilmente las pistas/QRs?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[10] ¿Le ha resultado fácil capturar los QRs?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[11] ¿Qué pista es la que más le ha costado encontrar?

[12] ¿Ha entendido las indicaciones?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[13] ¿Qué tal ha manejado la aplicación?

1 2 3 4 5

Mal Muy bien

[14]¿Ha necesitado ayuda durante la prueba?

1 2 3 4 5

Mucha ayuda ● ● ● ● ● Nada de ayuda

[17]¿Se ha divertido usando la aplicación?

1 2 3 4 5

Se ha aburrido mucho ● ● ● ● ● Se ha divertido mucho

Además de estas preguntas, el supervisor añadía los comentarios que consideraba oportunos al final de la encuesta. En general son anotaciones informales sobre el usuario o su labor.

5.5 Discusión de resultados

En el apartado anterior hemos visto en detalle los datos recogidos durante de la realización de las pruebas así como las encuestas posteriores. En este apartado vamos a comentar los resultados de las mismas referentes al desempeño de los participantes y a la aplicación.

5.5.1 Registro de actividad

En este subapartado vamos a estudiar los datos del registro de la actividad de los participantes para cada una de las dos rutas.

Ruta1

La ruta 1 estaba formada por 20 pistas. De todos los participantes, el 47% empleó todas las pistas. Un 21% empleó menos pistas de las necesarias. El 32% de usuarios restantes, capturaron más pistas de las necesarias. Véase gráfica de la izquierda de la **Figura 50**.

Aquellos participantes que realizaron más capturas que las necesarias cometieron errores de dos tipos: capturaron pistas correspondientes a la ruta 2 en el tramo de escaleras en el que se “cruzaban” pistas de ambos recorridos o retrocedieron y volvieron a capturar una pista anterior. En ambos casos el origen de estos fallos parece ser una observación deficiente de la imagen que mostraba la aplicación.

Los participantes que finalizaron la prueba capturando menos de 20 pistas, se saltaron alguna de ellas a lo largo del recorrido. Se podría pensar que es positivo que sean capaces de recorrer la ruta utilizando menos pistas pero esto no es así. Dado que era la primera vez que estaban en el edificio y que el destino de la ruta era desconocido, saltarse una pista es también, en general, una señal de falta de atención. Sí que sería positivo si después de realizar la misma ruta varias veces, se saltan alguna pista, pero esta situación no se produjo.

A pesar de todo hay que destacar que tan sólo un participante no fue capaz de alcanzar el destino en el tiempo establecido. Durante la prueba recorrió de manera errática una serie de

pistas situadas en un tramo de escalera y un pasillo aledaño, lo que explica el dato de 36 pistas.

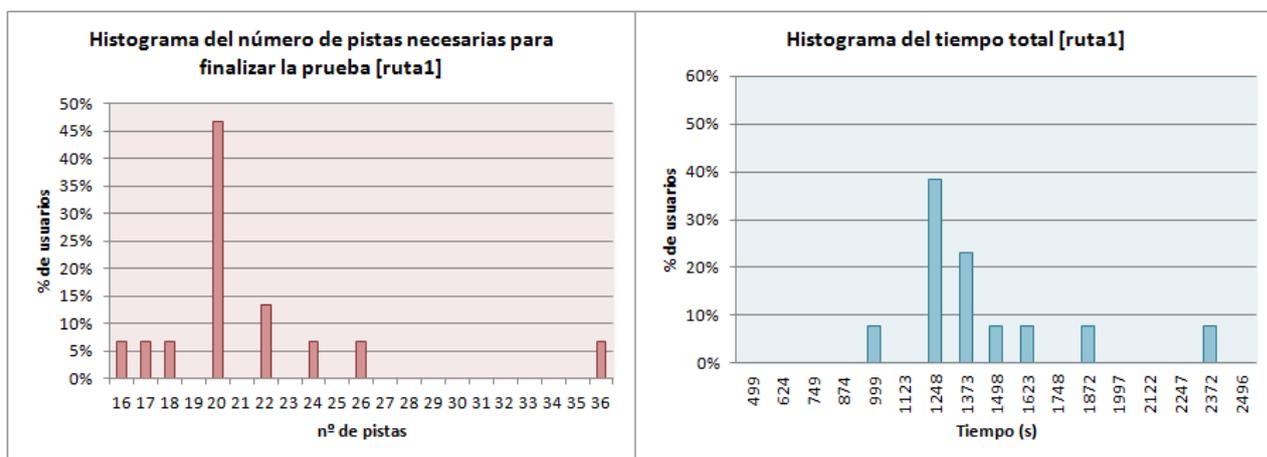


Figura 50: Histogramas del número de pistas y tiempo total para la ruta1

La gráfica de la derecha de la **Figura 50**, nos presenta el histograma del tiempo total. Para evaluarlo debemos comparar la mediana con la media del tiempo que tardaron dos participantes sin discapacidad intelectual y que conocían el edificio pero no la ruta.

Los tiempos de estos participantes del grupo de control para la ruta 1 fueron: 525s (8:45) y 556s (9:16). El 79% de los participantes tardaron menos de 1248s (20:48) en finalizar, un tiempo que estaría entre 2,37 y 2,24 veces más que el que emplearon las dos personas del grupo de control. Además, el 93% tardó menos de tres veces el tiempo empleado por el participante más rápido del grupo de control (objetivo que nos planteamos).

Esto quiere decir que tan sólo uno de los participantes no logró cumplir con los objetivos propuesto de alcanzar el destino en un tiempo razonable. De hecho no finalizó la prueba por exceder los 40 minutos máximos. Los motivos para explicar este fracaso pueden ser varios. Manejo ineficaz del teléfono inteligente, problemas motores que dificultaron la captura y escasa atención al entorno entre otros.

Ruta2

La ruta 2 se componía de 34 pistas, que es número de pistas que recorrieron más del 90% de los participantes. Esto supone una gran diferencia con respecto a los resultados de la ruta 1. La explicación que podemos darle a esta diferencia la encontramos en el trazado mismo de las rutas.

Tal como dijimos la ruta 1 hacía uso de un ascensor para subir una planta. Esto hacía la ruta considerablemente más corta pero a la vez aumentaba la dificultad. Con relativa frecuencia los participantes salían del ascensor algo desorientados. El trazado de la ruta 2 era mucho más regular, lo que permitía que muchos participantes hacia el final del recorrido, fueran capaces de anticipar la posición que iban a ocupar las siguientes pistas. De este hecho podemos resaltar la importancia que tiene establecer y seguir un criterio de colocación de pistas.

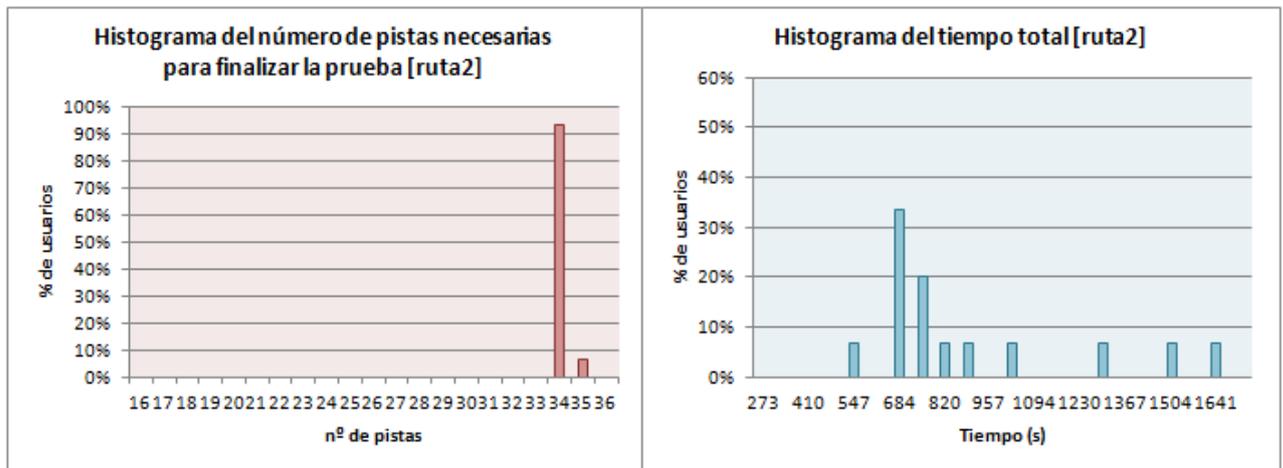


Figura 51: Histogramas del número de pistas y tiempo total para la ruta2

En cuanto a los tiempos, los participantes del grupo de control tardaron 535s (8:55) y 571s (9:31). Por su parte, el 60% de los usuarios tardaron menos de 752 segundos en hacer el mismo recorrido. Por tanto emplearon entre 1,4 y 1,3 veces el tiempo que los usuarios del grupo de control. El peor de los tiempos obtenidos por los participantes de la segunda ruta es 1641s. Este tiempo se encuentra en el límite de lo que considerábamos aceptable pero si de nuevo recordamos las características del grupo de control, concluimos que no es un dato tan negativo. Este resultado es mucho mejor que el obtenido para la ruta 1. De nuevo debemos pensar en el trazado de la ruta 1 y más concretamente en el uso del ascensor, para justificar las diferencias.

Podemos concluir que los resultados son mejores cuanto más sencillas sean las instrucciones y más regular sea la distribución. También concluimos que los resultados han sido muy buenos pues el 77% de los participantes finalizó las pruebas en menos de 2 veces el tiempo del usuario más rápido del grupo de control. De todos los participantes, el 93% realizó las pruebas dentro de lo que definimos como un tiempo aceptable. Es decir, menos de tres veces el tiempo empleado por el grupo de control.

5.5.2 Encuesta de satisfacción

Tal como dijimos en el apartado de diseño de las pruebas, aparte de la encuesta de satisfacción, de cada usuario tenemos también la encuesta que cumplimentó su supervisor correspondiente. Estos resultados los hemos incluido en todas las tablas donde ha correspondido en forma de coeficiente de correlación de Pearson. De este modo podemos valorar la fiabilidad de las respuestas.

- Aprendizaje y manejo:

A la vista de ambas gráficas podemos concluir que entorno al 90% de los participantes ha alcanzado buen manejo de la aplicación. El aprendizaje, si bien ha sido algo peor, también se puede considerar positivo. En cuanto a la baja correlación entre la encuesta de los usuarios y la de los supervisores, consideramos que puede deberse a que el conocimiento acerca del propio conocimiento (metaconocimiento) que poseen las personas con discapacidad intelectual suele ser escaso.

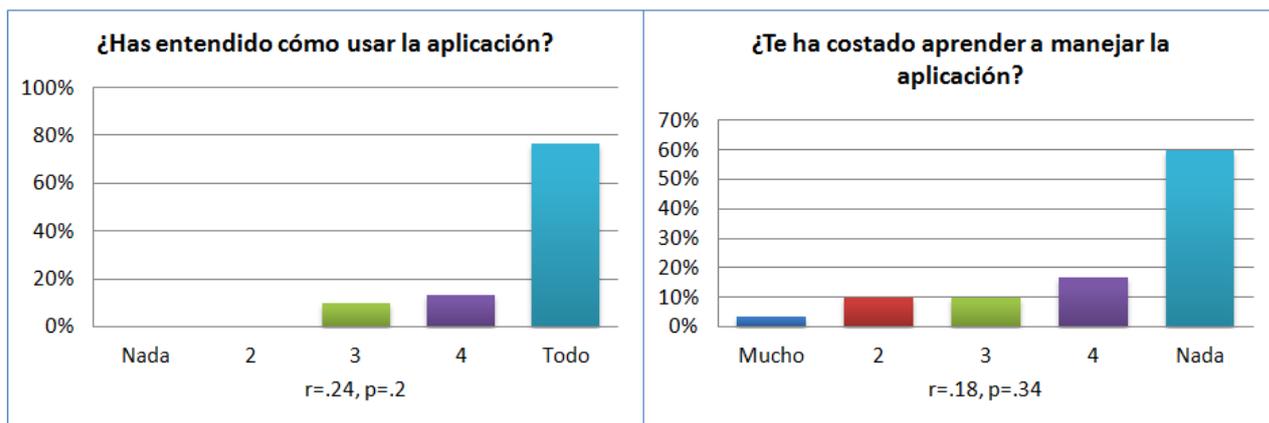


Figura 52: Resultados de la encuesta en las cuestiones referidas al aprendizaje y manejo de la aplicación

- Seguimiento de pistas:

Tanto la identificación de las imágenes con el entorno así como la localización de las pistas, han sido positivas (90-100%). El número de pistas también ofrece buenos resultados: por encima del 70% de los participantes consideraron adecuado el número de pistas. Además se ve reflejada la facilidad para capturar las pistas (códigos QR) con el teléfono inteligente. Los resultados de esta gráfica muestran unos datos algo peores pero razonables que además, en general coincidió con las opiniones de los supervisores.

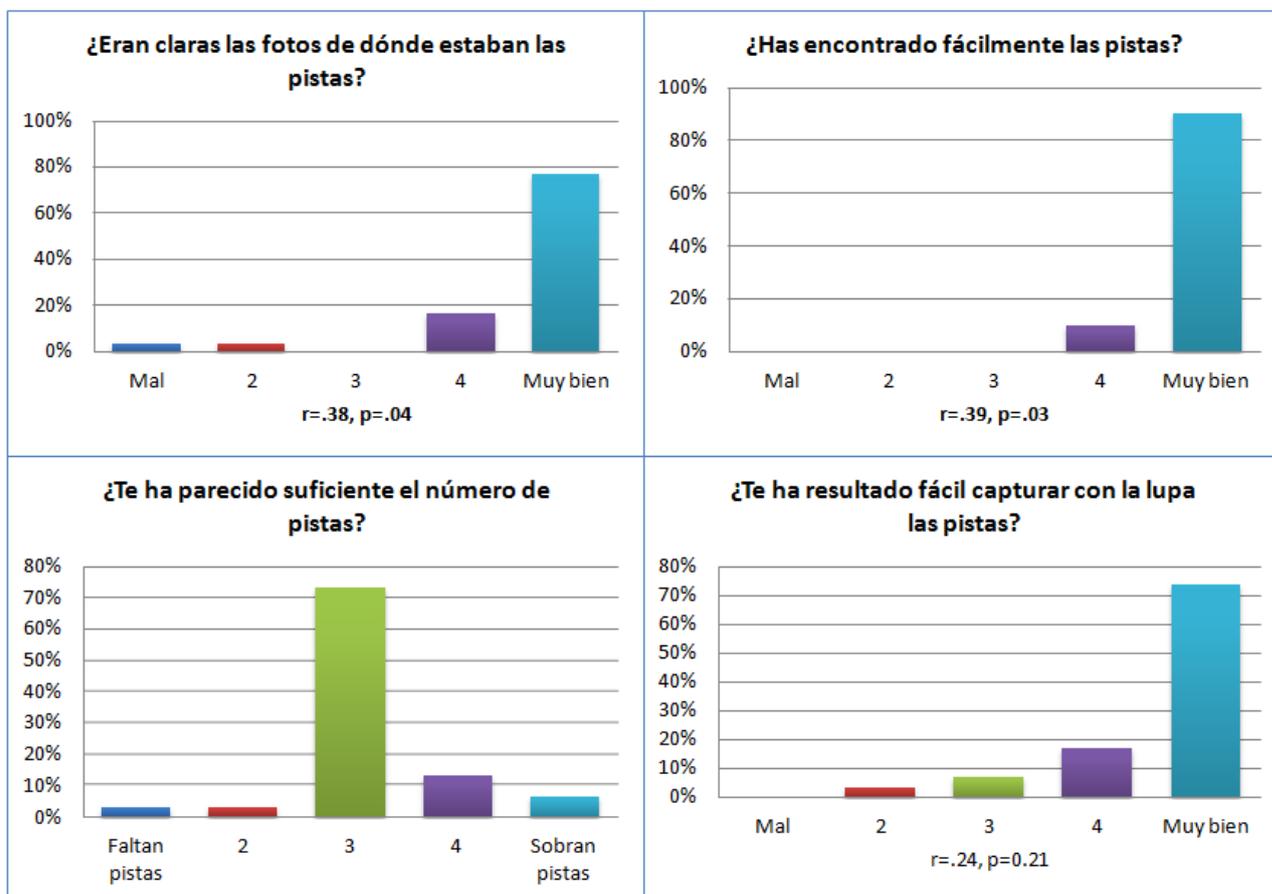


Figura 53: Resultados de la encuesta en las cuestiones referidas a las pistas de la aplicación

Para algunos usuarios era relativamente difícil capturar códigos QR debido a sus circunstancias sensorio-motoras. Esto producía un sentimiento de frustración peligroso, por conducir al abandono, que debe reducirse en la medida de lo posible.

Un factor crucial que observamos durante las pruebas para una captura adecuada de códigos QR es la iluminación. Los lugares con escasa luz o con sólo una parte de la etiqueta QR iluminada añadían una dificultad extra a la captura.

El otro factor que también identificamos como importante es la ausencia de otros estímulos gráficos en las inmediaciones del código QR a capturar. Si por ejemplo, la etiqueta QR se encontraba pegada en un tablón de anuncios, la localización se complicaba. En general los participantes eran capaces de identificar la foto con el lugar donde se encontraba el tablón pero luego se despistaban viendo otros carteles de colores y diseños más llamativos.

- **Desempeño del participante:**

Como podemos observar en las gráficas de la **Figura 54**, los resultados son muy positivos. Otra vez podemos comprobar que existe una correlación relativamente baja entre las respuestas de los supervisores y las de los usuarios. Como dijimos antes, creemos que puede deberse al bajo metaconocimiento de los participantes. La gráfica que pregunta acerca de la necesidad de la asistencia durante la prueba sí que tiene un dato de correlación excelente.

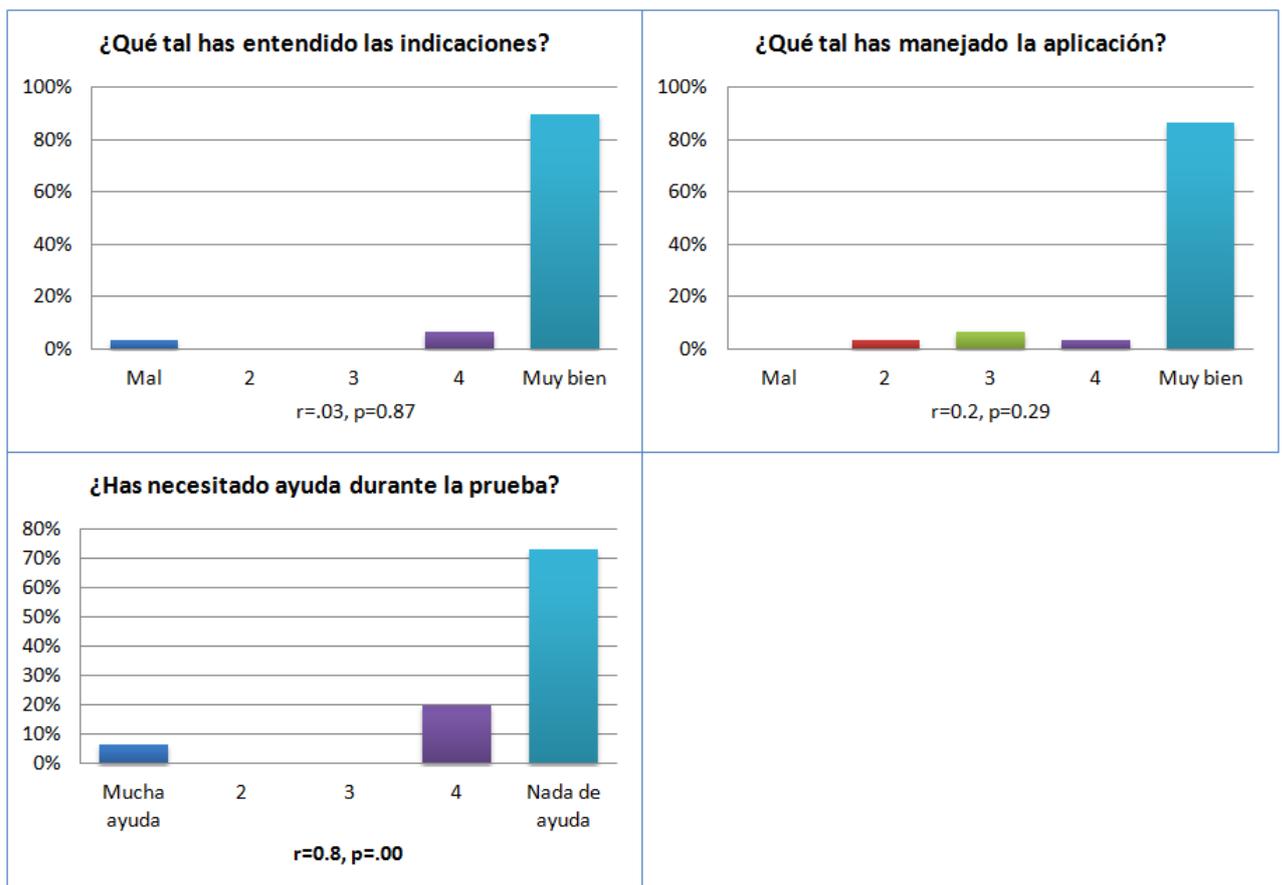


Figura 54: Resultados de la encuesta en las cuestiones referidas al desempeño del usuario

Por tanto podemos afirmar que si bien los participantes no son muy conscientes de su propio conocimiento de la aplicación, sí son conscientes de la asistencia recibida. Esta afirmación podría tenerse en cuenta en una implantación real de la aplicación. Dado que el usuario es consciente de la necesidad de recibir ayuda, podría solicitarla en el caso de que fuera necesario. Tan sólo un 2% de los participantes consideró que había recibido mucha ayuda durante la prueba.

- **Opinión del usuario:**

De la **Figura 55** podemos extraer dos conclusiones a la vista de las dos primeras gráficas. Por un lado la mayoría de los participantes (87%) recomendaría la aplicación a un amigo y la utilizaría para moverse por un lugar desconocido. Por otro lado, hay un pequeño grupo de participantes que se muestra completamente en desacuerdo (13-14%) y no recomendaría la aplicación ni la emplearía en un lugar desconocido. Esto es algo comprensible pero que parece chocar con los resultados de la tercera gráfica: casi el 97% de los participantes reconocieron haberse divertido usando la aplicación.

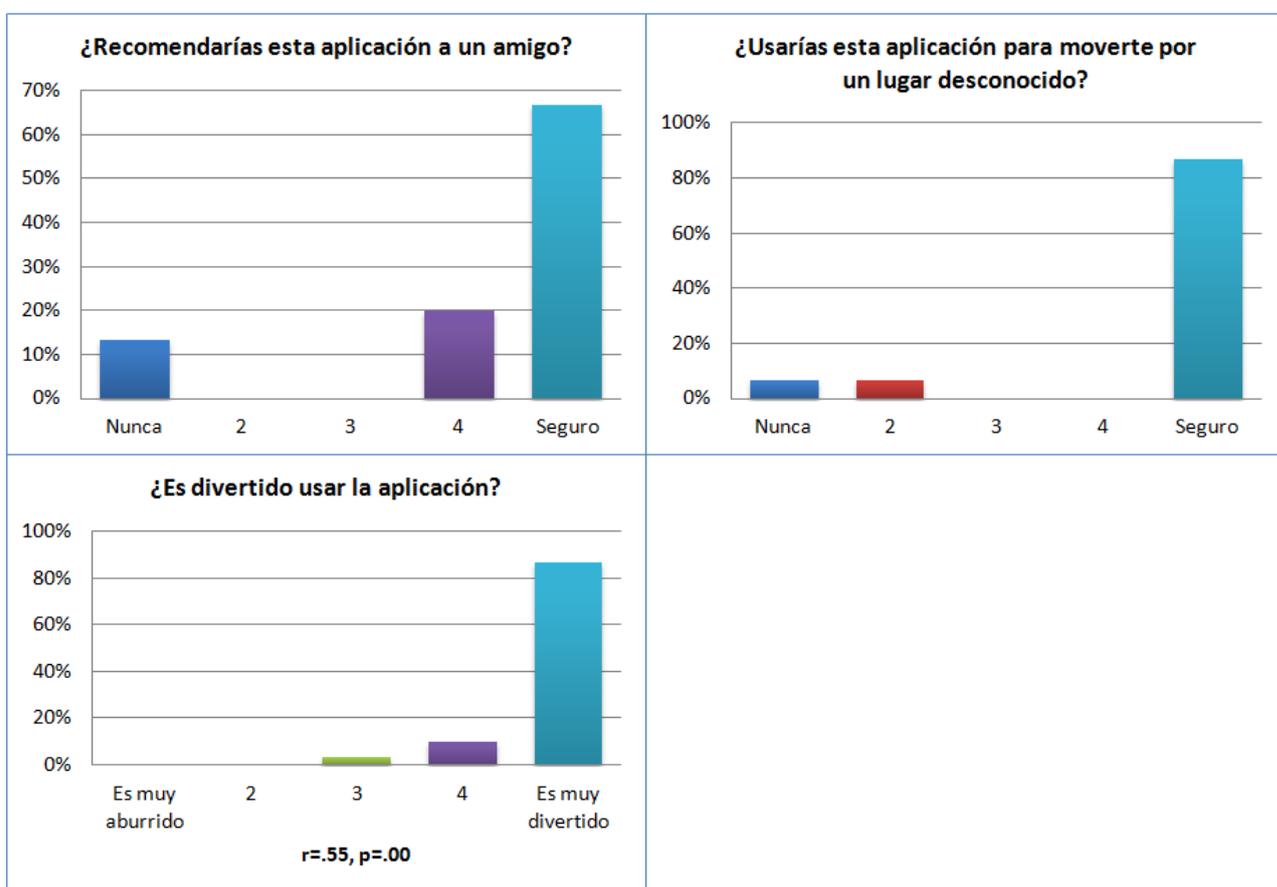


Figura 55: Resultados de la encuesta en las cuestiones referidas a la satisfacción del usuario sobre la aplicación

Bajo nuestro punto de vista estos resultados nos indican que hay un pequeño grupo de participantes que no considera útil la aplicación y por ello ni la recomendarían ni la utilizarían en un lugar desconocido. Esto se puede deber a que algunos de estos participantes son capaces de moverse con gran independencia o a que les ha parecido que la aplicación era más un juego que un sistema de navegación para personas con discapacidad intelectual. En cualquier caso la aplicación no parece generar rechazo.

- **Apariencia:**

En la **Figura 56** encontramos las gráficas con las respuestas acerca de las preguntas referidas a la interfaz gráfica de la aplicación. El resultado es muy positivo en las tres, sin embargo habría que señalar que el asistente produjo rechazo en uno de los participantes.

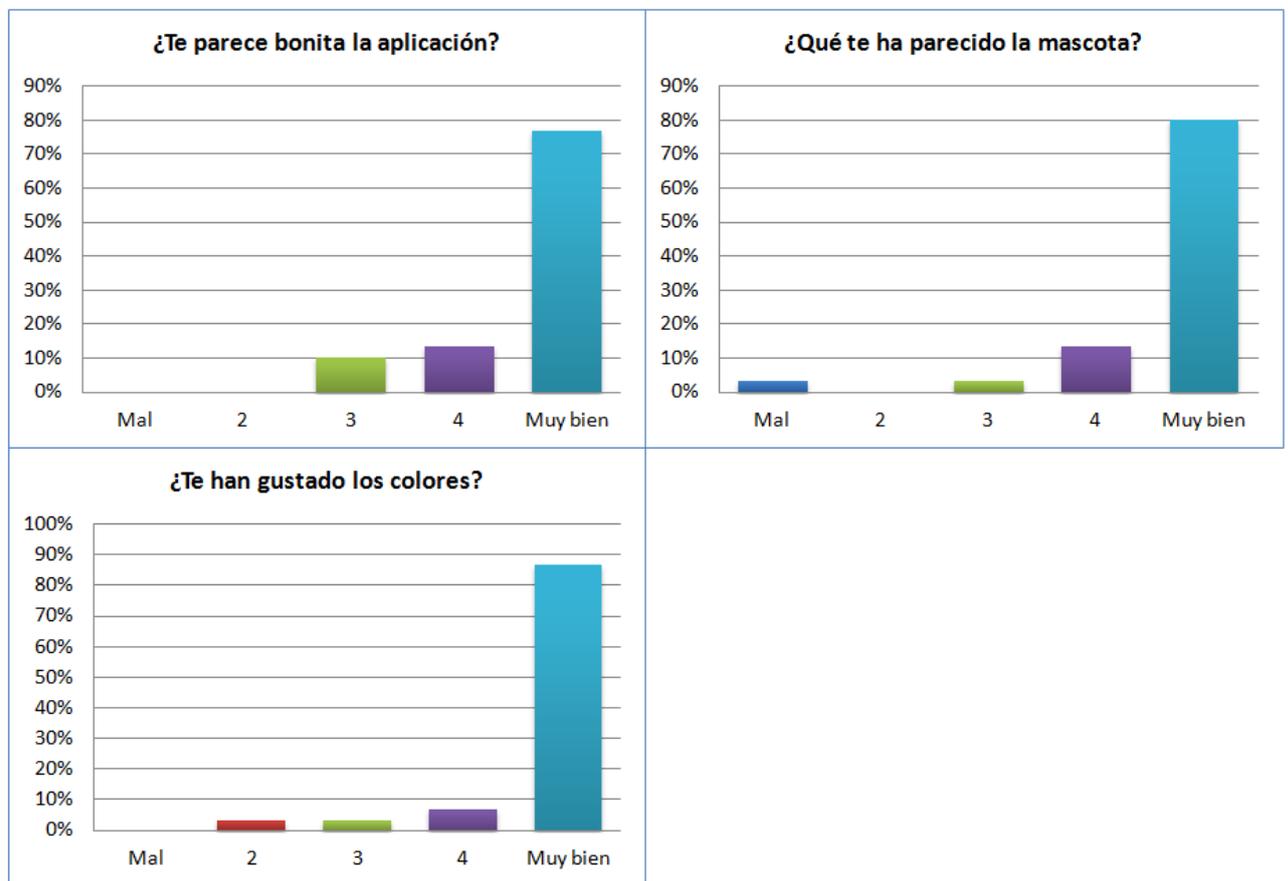


Figura 56: Resultados de la encuesta en las cuestiones referidas a la apariencia de la aplicación

A pesar de que desde el primer diseño optamos por incluir un asistente en la aplicación, algunos autores de la literatura mostraban opiniones contrarias a su inclusión. El motivo es que las personas con discapacidad intelectual suelen rechazar las interfaces gráficas “infantiloides”. Sin embargo creímos que cuidando el diseño gráfico del asistente podríamos obtener las ventajas de su uso (lenguaje directo y sencillo, comunicación gestual, contexto asociado...) sin sufrir la desventaja anteriormente comentada. El éxito de series de televisión de dibujos animados pero dirigidas a personas mayores de edad es una muestra de que es posible combinar una estética amable y colorista con un contenido adulto (véase **Figura 57**). Por tanto podemos considerar un éxito la inclusión y el diseño del asistente.

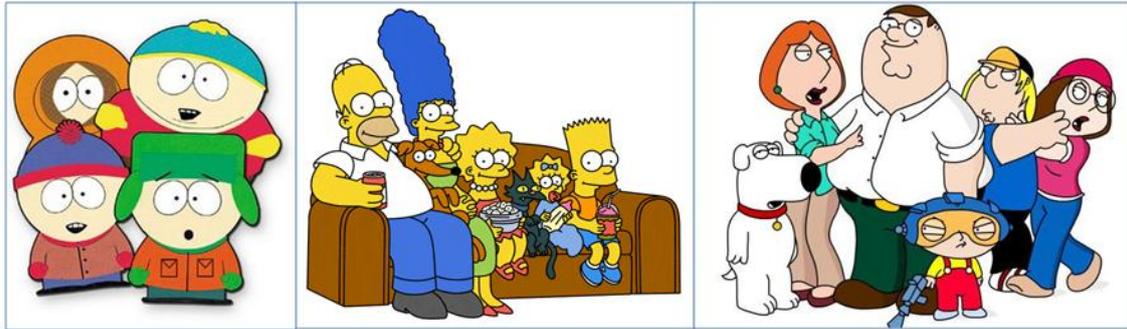


Figura 57: Personajes de series de animación para adultos. South Park, Los Simpsons y Padre de familia

- Opinión general sobre las pruebas:

En la **Figura 58** tenemos dos gráficos que se corresponden a las preguntas abiertas sobre lo que había supuesto lo mejor y lo peor de las pruebas en opinión de los participantes. Como suele suceder, muchos de los participantes se limitaron a contestar que les había gustado “todo” y que “nada” había sido negativo. Sin embargo estos resultados están en consonancia con las conclusiones extraídas de las anteriores gráficas. Es decir, la aplicación es divertida, la mecánica de búsqueda y captura de pistas funciona y el asistente ha gustado. Por el lado de las opiniones negativas encontramos una conclusión anticipada: la captura de códigos QR es especialmente difícil para algunos usuarios y esto genera frustraciones. El color de fondo (gris azulado) tampoco ha gustado a algunos participantes, pero nos pareció el que menos distractor al permitir resaltar el asistente y las fotos donde predominaba el color blanco.

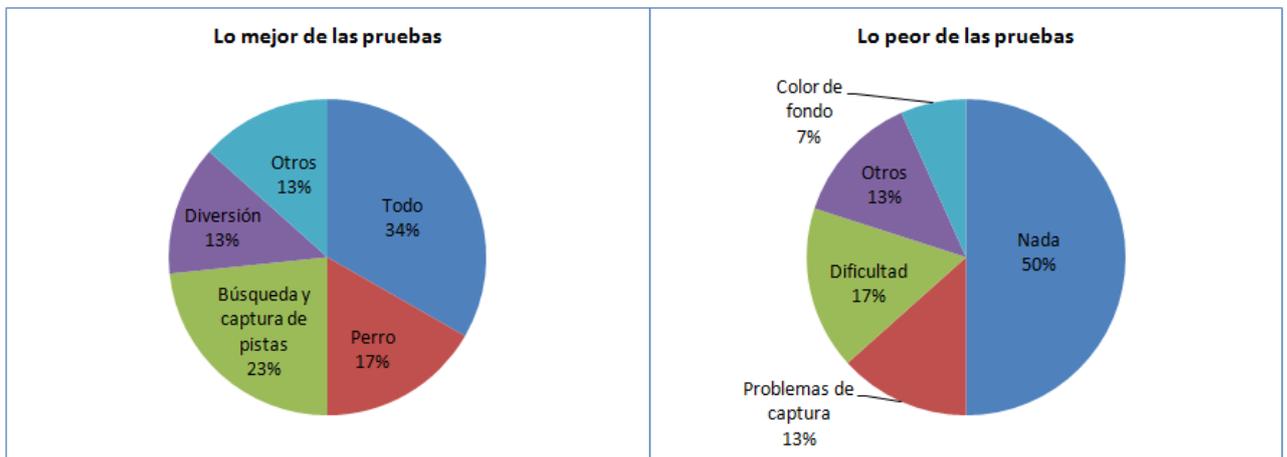


Figura 58: Resultados de la encuesta en las preguntas acerca de la opinión general de las pruebas

A la vista de todos los resultados obtenidos con las encuestas, podemos afirmar que el trabajo realizado ha sido bueno. Algunos aspectos deben mejorarse para obtener unos mejores resultados en temas como el aprendizaje, la colocación de códigos QR para facilitar su captura o la percepción de la aplicación como una utilidad válida para la navegación.

Habría que discutir si la interfaz gráfica es válida para un colectivo más amplio, pues hay que recordar que el grupo de usuarios que realizó las pruebas son, por su formación y experiencia, tan sólo una muestra muy pequeña del colectivo de discapacitados. Serían necesarias más pruebas con personas con niveles de discapacidad intelectual mayores así

como pruebas sin supervisión directa etc. En términos generales, sin embargo, podemos estar muy satisfechos.

5.6 Resumen del capítulo

Durante este capítulo hemos llegado a una serie de conclusiones que comentamos a continuación:

- Para la realización de las pruebas simplificamos la aplicación para convertirla en una “búsqueda del tesoro”. De manera que las pantallas de selección de usuario, origen y destino fueron eliminadas.
- Trazamos dos rutas diferentes. Cada una empezaba en un punto distinto pero ambas finalizaban en el mismo lugar. Ambas rutas contenían tramos de escalera, numerosos giros y obstáculos tales como distractores visuales o columnas.
- La actividad de cada usuario durante la prueba quedó registrada y almacenada en un fichero interno.
- Los participantes de la prueba fueron los alumnos de programa Mentor, un programa de dos cursos impartido en la UAM por la Fundación Prodis. El programa está dirigido a personas con una discapacidad intelectual igual o superior al 33%, con edades entre los 18 y los 30 años y con conducta social ajustada, competencias básicas y autonomía en los desplazamientos.
- El objeto del programa es la capacitación laboral de los alumnos para la consecución mantenimiento y promoción de un puesto de trabajo.
- En las pruebas participaron 30 alumnos de los cuales el 40% fueron mujeres. En cuanto a la edad, el 80% eran menores de 25 años. La mediana del CI se encuentra en 60.
- En cuanto a la alfabetización tecnológica, todos disponían de teléfono móvil y la gran mayoría hacía uso del correo electrónico. El uso del Facebook era mucho menor, tal vez por los riesgos asociados a las redes sociales.
- Para la realización de las pruebas empleamos dos teléfonos inteligentes: dos HTC Desire y etiquetas QR impresas sobre folios.
- Redactamos protocolos de actuación para la toma de datos por parte del supervisor (persona encargada de tomar notas que no interactúa con el usuario), para la demostración realizada por el tutor (persona encargada de acompañar y ayudar al usuario cuando se le solicite) y para el desarrollo de la prueba también para el tutor.
- También realizamos dos encuestas a completar tras la prueba de cada usuario. La primera para obtener las valoraciones del usuario y la segunda para validar la fiabilidad de la anterior, a completar por el supervisor que había acompañado a dicho usuario.

- El desempeño de los participantes puede considerarse positivo al compararlo con el grupo de control. El 77% de los participantes finalizó las pruebas en menos de 2 veces el tiempo del usuario más rápido del grupo de control y el 93% realizó las pruebas dentro de lo que definimos como un tiempo razonable.
- La diferencia de entre el desempeño de ambas rutas consideramos que se encuentra en el trazado de las mismas. De tal manera que una ruta que tenga tramos con una dificultad añadida (uso de ascensor) obtendrá peores resultados. Por otro lado, un trazado regular y sistemático favorece el desplazamiento por el entorno al permitir que los usuarios anticipen la posición de nuevas pistas.
- Del análisis de las encuestas podemos extraer varias conclusiones:
 - Cerca del 90% de los participantes consideró que entendieron la aplicación correctamente a pesar de que algunos encontraron algo más complicado el aprendizaje
 - La identificación de las fotos con el entorno, la localización de las pistas y el número de las mismas también fue valorado muy positivamente. Algunos participantes encontraron dificultades en la captura de códigos.
 - La comprensión y el manejo han sido muy buenos. Señalar que un pequeño grupo de participantes requirieron mucha ayuda para realizar la prueba. Con todo, el elevado índice de correlación entre la percepción de los participantes y la de los supervisores nos permite vislumbrar una conclusión para trabajar más adelante. Dado que los usuarios son plenamente conscientes de su necesidad de ayuda, podrían solicitar la misma cuando fuera necesario evitando la presencia de un tutor.
 - La aplicación ha resultado divertida para los participantes y la mayoría considera apropiado utilizarla en un lugar desconocido. Sin embargo hay un grupo de participantes que descarta por completo recomendar la aplicación a un amigo. Creemos que puede deberse a una percepción equivocada de la utilidad de la aplicación. Es decir, estos participantes consideraron la prueba un juego.
 - Los participantes valoraron como muy buenos el diseño de la aplicación. Esto mismo sucedió con el asistente. Esto nos empuja a pensar que un adecuado diseño del mismo permite aprovecharse de sus ventajas sin generar rechazo en los usuarios.
- Podemos considerar muy buenos los resultados obtenidos en las pruebas.

6 Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

Hemos presentado una aplicación para la navegación por interiores que hace un uso combinado de un teléfono inteligente así como de etiquetas QR dispuestas por el entorno. A diferencia de otras opciones planteadas en la literatura, hemos optado por un sistema considerablemente económico de implantar y fácilmente escalable. Este sistema nos proporciona además, una temporización muy precisa.

Uno de los objetivos principales de nuestra aplicación ha sido alentar la independencia del usuario sobre el sistema. Es decir, reducir en la medida de lo posible la necesidad de emplear la aplicación para poder desplazarse. Para ello la aplicación proporciona la información estrictamente necesaria para que sea el usuario el responsable de reconocer el entorno y localizar las etiquetas QR necesarias para llegar a su destino.

A pesar de lo dicho somos conscientes de que cometer errores es algo frecuente, especialmente en las primeras etapas de aprendizaje. Por ello la aplicación reconfigura el recorrido siempre que el usuario capture un código QR que no se corresponda con el esperado. Para mantener la premisa de hacer al usuario consciente y participe de la evolución de su desplazamiento, la aplicación le comunica el resultado de la captura cada vez que toma la imagen de un código QR.

En lugar de tener una interfaz adaptable que combinara distintos modos de interacción con el usuario, hemos preferido hacer una sola que emplea imágenes y en contadas ocasiones texto. Además hemos incluido un asistente virtual que nos ha permitido desarrollar un lenguaje más sencillo. Esto es especialmente útil en los momentos en los que la aplicación le comunica al usuario los resultados de las capturas.

Las imágenes que empleamos para indicar al usuario la siguiente etiqueta QR a la que debe encaminarse no poseen más información añadida que un recuadro rojo en torno al código QR para resaltar su posición. Esto reduce considerablemente la complejidad de las indicaciones a la vez que obliga a que desde la posición de una etiqueta QR determinada, sea posible visualizar la siguiente.

El uso del texto se reduce a lugares que presentan una complejidad adicional. Este es el caso, por ejemplo, de puertas que se cierran automáticamente o de ascensores. Bajo nuestro punto de vista es preferible emplear más etiquetas QR antes que hacer uso de instrucciones escritas que por su naturaleza, tienden a ser más complicadas de entender.

A lo largo del texto hemos revisado las dificultades que encuentran las personas con discapacidad intelectual para lograr una integración eficaz en todos los ámbitos de la sociedad. Nuestra aplicación pretende cubrir una necesidad concreta: la navegación en el entorno laboral (aunque esto no implica que no pueda ser usado en otros escenarios ni por personas sin discapacidad intelectual).

La importancia de la inserción laboral de este colectivo queda evidenciada en la misma legislación española: las empresas con 50 trabajadores o más deben tener en nómina al menos a un 2% de personas con una discapacidad acreditada de un 33% o más.

Las restricciones presupuestarias, especialmente asociadas al entorno empresarial, han sido determinantes a la hora de elegir las etiquetas QR y los teléfonos inteligentes como elementos para desarrollar la solución propuesta por este proyecto. Los códigos QR son los códigos bidimensionales que mejores prestaciones presentan entre ellas su bajo coste de producción. Por otro lado, los teléfonos inteligentes están cada vez más presentes en la sociedad lo que está permitiendo una reducción de precio en los mismos a la vez que una mayor alfabetización entre todos los sectores de la población, pero especialmente en la juventud.

El diseño para teléfonos inteligentes presenta limitaciones tales como un número de controles limitado y un tamaño de pantalla pequeño. Para solventar estas limitaciones así como las asociadas a las características del colectivo de discapacitados intelectuales, optamos por hacer uso de prototipos. A través de un proceso de desarrollo iterativo alcanzamos el diseño definitivo de la aplicación en el tercer prototipo.

Bajo la premisa de convertir la navegación con la aplicación en un reto entretenido y accesible optamos por ambientar la aplicación en un contexto de tipo “detectivesco”. Así, de cara a los participantes, las etiquetas QR se llaman ‘pistas’, la aplicación de capturas se llama ‘lupa’ y el asistente tiene la forma de un perro.

Las pruebas de la aplicación las realizamos con 30 alumnos del programa Mentor de la fundación Prodis. De ellos el 60% fueron hombres y el 80% menores de 25 años. Podemos considerar que la alfabetización tecnológica de este grupo de participantes es media-alta pues todos disponían de teléfono móvil y casi todos hacían un uso frecuente del correo electrónico.

El desempeño de los participantes en las pruebas se encontró dentro de lo que inicialmente consideramos aceptable: que el tiempo de navegación sea menor que tres veces el tiempo empleado por un grupo de control sin discapacidad intelectual. Esto se cumplió para el 93% de los participantes. Un 77% de ellos realizó el recorrido en menos de dos veces el tiempo empleado por el grupo de control.

En concreto el desempeño de los participantes fue mucho mejor en la ruta 2 que en la ruta 1. Las diferencias principales entre ambas rutas residen en el número de pistas y la complejidad de algunas de ellas. De tal forma que la ruta 1 tenía 20 pistas y una de ellas entrañaba una dificultad adicional: usar de ascensor. La ruta 2 tenía 34 pistas con un trazado muy sistemático.

De estos hechos podemos concluir por tanto que para obtener mejores resultados en la navegación por interiores será preferible hacer una distribución regular de las pistas a la vez que limitar tanto como sea posible los tramos que requieran de instrucciones adicionales para seguir el recorrido.

Los resultados de las encuestas fueron muy positivos en todos los aspectos valorados por los participantes. Esto es, tuvieron una buena comprensión de la aplicación, una identificación adecuada de las imágenes con el entorno, una buena opinión del diseño de la interfaz de usuario...

También podemos extraer algunos aspectos a mejorar. Algunos participantes encontraron dificultades para capturar las etiquetas QR probablemente a consecuencia de sus capacidades sensorio-motoras. Un pequeño grupo de participantes no recomendaría la aplicación a un amigo a pesar de encontrarla divertida, lo que nos induce a pensar que tal vez no les ha parecido suficientemente útil.

Las conclusiones más destacadas de las encuestas son las siguientes. Primera, dado que los participantes demostraron ser plenamente conscientes de las ocasiones en las que necesitaron ayuda, se postula como posible que el tutor no esté presente durante el uso de la aplicación y sólo por el usuario cuando sea necesario. A esto hay que añadir el hecho de que la mayoría de ellos pidieron nada de ayuda o muy poca. Segunda, el uso de asistentes puede dar muy buenos resultados si el diseño del mismo es adecuado para los usuarios de la aplicación.

6.2 Trabajo futuro

A la vista de las conclusiones extraídas del trabajo aquí presentado, podemos sugerir las siguientes líneas de trabajo futuro:

Pruebas para medir el aprendizaje

- Tal como estudiamos en la literatura, Carmein et al. (2005) proponían un sistema de secuenciación de tareas para el entrenamiento de personas con diversidades funcionales. Actualmente una de las líneas de trabajo del Laboratorio de Inteligencia Ambiental de la UAM (AMILAB) es el desarrollo de manuales adaptados a personas con discapacidad intelectual para la realización de actividades concretas. La combinación de trabajos de este tipo con la aplicación aquí expuesta, permitiría crear una herramienta de entrenamiento y soporte mucho más ambiciosa.
- Otro aspecto que señalaban los estudios de Carmein et al. es la inclusión de una granularidad adaptativa en lo referente al número de instrucciones suministradas en función del aprendizaje del usuario. Nuestra aplicación sienta las bases para hacer esto, pero no lo hemos llegado a desarrollar completamente. Dotar al sistema de herramientas para valorar el aprendizaje de los usuarios y actuar en consecuencia es un trabajo que queda pendiente.
- El tipo y el alcance de las pruebas podría ampliarse para ahondar en algunas de las conclusiones extraídas de este trabajo.
 - Pruebas para evaluar la importancia de la distribución de las pistas. Según nuestra experiencia seguir una distribución regular y sistemática que evite lugares “singulares” que requieran información adicional parece ser la mejor opción pero harían falta más pruebas para corroborar esto.
 - Pruebas con un mayor número de participantes y una distribución más cuidadosa de los mismos. Según uno de los trabajos de la literatura (Benson, 2010), en ocasiones, el tipo de discapacidad intelectual tiene gran relevancia para determinar las capacidades de navegación de las personas.

- Pruebas en entornos no controlados. Nuestras pruebas se han centrado en un edificio concreto con las pistas correspondientes a dos rutas desplegadas. Sería interesante evaluar el sistema al desplegarlo completamente en un edificio.
- Pruebas en escenarios alternativos. Tal como comentamos en uno de los apartados anteriores, la aplicación podría extender su uso a lugares tales como centros comerciales entre otros.

Tecnologías

- Existen otras tecnologías capaces de identificar la posición del usuario en el entorno para hacer posible la navegación. En concreto hemos encontrado tres alternativas que merecería la pena valorar.
 - IndoorAtlas²². Se trata de un sistema de posicionamiento en interiores por medio de los campos magnéticos. Para ello se ha de realizar un mapa del campo magnético del edificio y por medio de las variaciones del mismo, la brújula digital presente en gran parte de los teléfonos inteligentes, determinar la posición.
 - Aurasma²³. Es una tecnología que lanza realidad aumentada por medio del reconocimiento de imágenes. Para ello la aplicación almacena la información gráfica de los elementos que queremos que sirvan de disparadores y después la información que queremos asociar a los mismos.
 - InfinityVIEW²⁴. Se trata de una tecnología similar a los códigos QR pero que utiliza marcas de agua impresas para enlazar con información asociada a las mismas.
- La identificación de las imágenes mostradas por la aplicación con el entorno entraña una dificultad adicional cuando éste es especialmente uniforme y carece de estímulos que ayuden a diferenciar entre pasillos, habitaciones... Como solución se podría estudiar el uso de códigos QR con colores diferentes. Esto facilitaría la localización de los mismos a costa de obligar a hacer una distribución de etiquetas QR mucho más estudiada pues dos etiquetas adyacentes no deberían compartir color.

Interfaz de usuario

- El diseño de la interfaz de usuario se realizó pensando en hacerla accesible para el mayor número posible de personas simplificando textos, botones etc. A pesar de que en general resultó positiva para los participantes de las pruebas, sería interesante probar diseños alternativos e incluso adaptación:

²² <http://www.indooratlas.com>

²³ <http://www.aurasma.com/>

²⁴ <http://infinityview.es/>

- Diseños para colectivos con edades diferentes. El contexto utilizado de “detectives” probablemente encontraría más rechazo en sectores de la población distintos, tales como ancianos.
 - Diseño para personas con otros tipos de diversidades funcionales. Esto es, hacer la interfaz con respuesta sonora, con un diseño simplificado para personas con una discapacidad intelectual media o severa o con un control por voz para personas con problemas motores...
- El buen resultado obtenido con el uso del asistente virtual nos empuja a pensar que sería interesante estudiar qué hace que un asistente genere rechazo u aceptación.

Referencias

Benson M (2010) *The effects of landmark instruction on wayfinding in persons with down syndrome*. University of Alabama.

Carmein S, Dawe M, Fischer G, Gorman A, Kintsch A y Sullivan J (2005) *Socio-technical environments supporting people with cognitive disabilities using public transportation*. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 12, 2 (June 2005), 233-262.

Chang Y y Wang T (2010) *Comparing picture and video prompting in autonomous indoor wayfinding for individuals with cognitive impairments*. Personal Ubiquitous Comput. 14, 8 (December 2010), 737-747.

Clar M (2007) *Inteligencia Ambiental*. Bit 164: 51-54

Davies M (2011) *Paper Prototyping as a Core Tool in the Design of Cell Phone User Interfaces*. Case studies of Interaction Design: beyond human-computer interaction (2nd Edition) .

Dey A, Abowd G y Salber D (2001) *A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications*. Hum.-Comput. Interact. 16, 2 (December 2001)

Eames C (1972) *What is Design? An interview with Charles Eames*.

Fickas S, Lemoncello R y Moore M (2008). *Where am I: How travelers with a cognitive impairment ask for and use help*. In Workshop on User Modeling and Adaptation for Daily Routines: Providing Assistance to People with Special and Specific Needs , part of Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization, June 2010

Fling B (2009) *Mobile design and development*. O'Really.

Gillespie A, Best C y O'Neill B (2011) *Cognitive function and assistive technology for cognition: A systematic review*. J Int Neuropsychol Soc. 2012 Jan;18(1):1-19

Gómez J, Montoro G, Haya P, Alamán X, Alves S, Martínez M (2012). *Adaptive manuals as assistive technology to support and train*. Personal Ubiquitous Comput, In Press.

González-Pérez J (2003) *Discapacidad intelectual. Concepto, evaluación e intervención psicopedagógica*. Editorial CCS

Hale C A y Borkowski J G (1991) *Attention, memory, and cognition*. In J. Matson & J. Mulick (Eds.), *Comprehensive Handbook of Mental Retardation*, 2nd ed.

Hill K (1998) *The psychology of lost*.

Hutchins E (1995) *Cognition in the wild*. MIT Press.

Lemoncello R, Moore M, Fickas S (2010) *How best orient travelers with acquired brain injury: A comparison of three directional prompts*. Brain Inj. 2010;24(3):541-9

Liu A, Hile H, Borriello G, Brown P, Harniss M, Kautz H y Johnson K (2009) *Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment*. In Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (Assets '09). ACM, New York, NY, USA, 27-34.

Liu A, Kautz H, Borriello G, Brown P, Harniss M y Johnson K (2006) *Indoor wayfinding: Developing a functional interface for individuals with cognitive impairments*. In Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (Assets '06). ACM, New York, NY, USA, 95-102.

Luckasson R, Borthwick-Duffy S, Buntinx W, Coulter D, Craig E, Reeve A, Schalock R, Snell M, Spitalnik D, Spreat S, Tasse M (2002) *Mental Retardation: Definition, Classification and Systems of Supports*. Amer Assn on Mental Retardation

Madariaga A (2009) *Ocio y discapacidad: el reto de la inclusión*.

Montello D y Sas C (2008) *Human factors of wayfinding in navigation*. In: International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. CRC Press/Taylor & Francis, Ltd., pp. 2003-2008

Rogers Y, Sharp H y Preece J (2002) *Interaction design: Beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons Ltd.

Riley M y Richardson I (1998) *An introduction to Reed-Solomon codes: principles, architecture and implementation*.

Romañach J y Lobato M (2005) *Diversidad funcional, nuevo término para la lucha por la dignidad en la diversidad del ser humano*.

Schroeder R y Axelsson A (2006) *Avatars at Work and Play Collaboration and Interaction in Shared Virtual Environments*. Oxford University.

Tsai S (2009) *WADER: A novel wayfinding system with deviation recovery for individuals with cognitive impairments*. In Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (Assets '07). ACM, New York, NY, USA, 267-268.

Verdugo M A (2003) *Aportaciones de la definición de retraso mental (AAMR, 2002) a la corriente inclusiva de las personas con discapacidad*.

Vilà M, Pallisera M y Fullana Judit (2012) *La inclusión laboral de los jóvenes con discapacidad intelectual: un reto para la orientación psicopedagógica*.

Wilde E (2010) *Mobile application design and development*. Accesible (07/09/2012): <http://dret.net/lectures/mobapp-spring10/>

Glosario

AAMR. *American Association on Mental Retardation.*

Actualmente conocida como *American Association of Intellectual and Developmental Disabilities* (AAIDD). Asociación profesional estadounidense sin ánimo de lucro y fundada en 1876 que aboga por las personas con discapacidad intelectual.

AMILAB. *Ambient Intelligence Laboratory.*

Laboratorio de inteligencia ambiental de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid. Es además el laboratorio en el que se ha realizado este proyecto.

Android.

Sistema operativo móvil basado en Linux enfocado en dispositivos tales como teléfonos inteligentes y tabletas. Es desarrollado por la Open Handset Alliance, la cual se encuentra liderada por Google.

ASIES. *Adapting Social & Intelligent Environments to Support people with special needs.*

Proyecto de investigación multidisciplinar sobre el uso de las TIC aplicadas a las personas con discapacidad intelectual en el que participa el Grupo de Herramientas Interactivas Avanzadas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

ASPIMIP. *Asociación para la Integración e Igualdad de la persona con diversidad funcional.*

Se trata de una asociación fundada en octubre de 1986 en el municipio de Coslada que trabaja por medio de diversos servicios y programas por la integración social de las personas con discapacidad intelectual.

BOE. *Boletín Oficial del Estado.*

Diario oficial del Estado español dedicado a la publicación de determinadas leyes, disposiciones y actos de inserción obligatoria. Contiene además las leyes aprobadas por las Cortes Generales, las disposiciones emanadas del Gobierno de España y las disposiciones generales de las Comunidades Autónomas.

Google Play.

Tienda de software desarrollada por Google para dispositivos Android. Es una aplicación que suele incluirse preinstalada en los dispositivos que utilizan Android como sistema operativo. Permite a los usuarios buscar y descargar aplicaciones desarrolladas por terceros.

GPS. *Global Position System.*

Sistema global de navegación por satélite. Permite determinar la posición de un dispositivo habilitado en cualquier parte del mundo gracias a la red de 24 satélites de cubren en todo momento la superficie terrestre.

INE. *Instituto Nacional de Estadística.*

Organismo autónomo encargado de la coordinación de servicios estadísticos de la Administración General de Estado y de la vigilancia, control y supervisión de los procedimientos técnicos de los mismos. Destacan sus trabajos de estadísticos sobre demografía, economía y sociedad españolas.

iOS. *iPhone Operating System.*

Sistema operativo móvil desarrollado y distribuido por Apple. Su instalación está limitada a dispositivos de esta misma compañía tales como iPhone, iPod Touch o iPad entre otros.

ITU. *International Telecommunication Union.* Antes conocida como *International Telegraph Union.*

Agencia especial de las Naciones Unidas responsable de las tecnologías de la información y la comunicación. Se encarga de coordinar la compartición espectro de radio, promueve la cooperación internacional en la asignación de órbitas para los satélites, trabaja para mejorar la infraestructura de las telecomunicaciones en el mundo desarrollado y establece los estándares mundiales

NFC. *Near Field Communication.*

Grupo de estándares para teléfonos inteligentes y similares para establecer comunicación por radio entre ellos con tan sólo acercarlos entre sí a una distancia no mayor que unos centímetros.

RFID. *Radio Frequency Identification.*

Sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos. El propósito principal de esta tecnología es la transmisión de un código identificativo mediante el uso de ondas de radio.

OMS. *Organización Mundial de la Salud.*

Organismo de las Naciones Unidas especializado en la gestión de políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.

PDA. *Personal Digital Assistant.*

Ordenador de mano diseñado como agenda electrónica con un sistema de reconocimiento de escritura.

TIC. *Tecnologías de la Información y la Comunicación.*

Agrupan los elementos y las técnicas empleadas para el tratamiento de los datos y la transmisión de la información. Están formadas principalmente por la informática y las telecomunicaciones.

UML. *Unified Modeling Language.*

Lenguaje gráfico de modelado pensado para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software.

PRESUPUESTO

1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 900 €
- Compra de dos terminales HTC Desire libres..... 650 €
- Material de oficina 160 €
- Total de ejecución material 1.710 €

2) Gastos generales

- 21 % sobre Ejecución Material 359,10 €

3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material 102,6 €

4) Honorarios Proyecto

- 750 horas a 15 € / hora 11.250 €

5) Material fungible

- Gastos de impresión 60 €
- Encuadernación 200 €

6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto 13.220 €

7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto 2.776,2 €

8) Total presupuesto

- Total Presupuesto 15.996,2 €

Madrid, septiembre de 2012

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Javier Pérez Ávilas
Ingeniero Superior de Telecomunicación

PLIEGO DE CONDICIONES

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un sistema de navegación adaptado a personas con discapacidad intelectual sobre dispositivos móviles. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

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

Condiciones generales

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es

obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares

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

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

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