

UnderGuide

Manuel Albacete Krenn, *Universitat Autònoma de Barcelona*

Resumen—MASS Factory es una empresa que desarrolla software para la accesibilidad urbana y la movilidad. Su aplicación móvil App&Town guía y acompaña, con indicaciones visuales y auditivas, de la forma más eficiente y segura, a cualquier usuario de transporte público, ofreciendo el mejor itinerario entre un punto de origen y un punto de destino. Dado que la empresa desea hacer esta aplicación lo más accesible posible, se pretendía mejorarla con la capacidad de dar indicaciones también en entornos subterráneos. El objetivo de este proyecto era dotar a la aplicación App&Town de un nuevo módulo que permitiera, a partir de dos paradas de metro y con información del recorrido a realizar, dar unas instrucciones lo más detalladas posibles, de manera que fuera posible guiar al usuario durante todo el recorrido subterráneo. Se ha desarrollado un sistema que completa la información que dispone App&Town sobre las paradas de metro de una ruta y que añade las indicaciones necesarias para un guiado subterráneo por los túneles del metro.

Palabras clave—accesibilidad, guía, metro, movilidad, subterráneo, transporte público

Abstract—MASS Factory is a company that develops software for urban accessibility and mobility. Its mobile application App&Town guides and accompanies, with visual and audible indications, in the most efficient and safest way, any public transport user, offering the best itinerary between an origin and a destination point. Given that the company desires to make this app as most accessible as possible, the idea was to improve it with the capability of giving directions also in underground environments. The objective of this project was to endow the App&Town app with a new module that allowed, given two subway stops and with information about the route to take, to give very detailed instructions so that it would be possible to guide the user along the whole underground journey. A system was developed that completes the information that App&Town has about the subway stops in a route and adds the necessary directions for an underground guide through the subway tunnels.

Index Terms—accessibility, guide, mobility, public transport, subway, underground

1 INTRODUCCIÓN

SABER dónde encontrar el medio de transporte público más cercano o planificar una ruta para llegar a un destino ya no requiere de mapas o un amplio conocimiento de la ciudad. En los últimos años, la apertura de los datos de transporte público de las grandes ciudades ha fomentado la aparición de aplicaciones dedicadas a hacer más sencillo el uso del transporte urbano. Más concretamente, la liberación de datos GTFS [1] ha permitido crear planificadores de rutas a nivel mundial bajo el paradigma de la intermodalidad: autobús, tren, metro, tranvía, etc.

Hace unos años, la empresa MASS Factory desarrolló la aplicación móvil App&Town [2], que ofrece el mejor itinerario entre un punto de origen y un punto de destino

utilizando el transporte público. La aplicación guía y acompaña al usuario durante todo el recorrido, con indicaciones visuales y auditivas paso a paso. Dado que la empresa desea que esta aplicación sea lo más accesible posible, ha querido mejorarla con la capacidad de dar indicaciones también en entornos subterráneos. Para ello me propusieron llevar a cabo el proyecto UnderGuide.



Fig. 1. App&Town surgió a partir de OnTheBus, una aplicación diseñada para invidentes, por lo que su tecnología y nivel de usabilidad es muy superior al resto de apps. De hecho, una persona invidente puede utilizarla.

- E-mail de contacto: manuel.albacete@gmail.com
- Mención realizada: Ingeniería del Software.
- Trabajo tutorizado por: Jordi Roig de Zárate (Departamento de Microelectrónica y Sistemas Electrónicos) y Marc Vallribera Ros (MASS Factory)
- Curso 2014/15

Este artículo pretende explicar, por un lado, qué ha motivado la realización de este proyecto y, por otro lado, en qué ha consistido el trabajo realizado.

Comenzaré haciendo un breve estudio del estado del arte y exponiendo los objetivos que se fijaron para el proyecto. A continuación, explicaré la metodología utilizada, la planificación seguida y las herramientas empleadas para alcanzar los objetivos propuestos. Finalmente, presentaré los resultados obtenidos y cerraré el artículo con una conclusión del trabajo.

2 ESTADO DEL ARTE

A día de hoy, los usuarios de dispositivos móviles disponen de una oferta variada de aplicaciones que utilizan la información Open Data de las agencias de transporte público para planificar sus trayectos en transporte urbano. Más allá de las aplicaciones locales que existen para ciudades y medios de transporte en particular, actualmente están destacando especialmente aquellas que incluyen varias ciudades y que engloban todos los medios de transporte en una misma aplicación. Éste es el caso de soluciones como Moovit [3], CityMapper [4] o el mismísimo Google Maps [5]. Todas ellas son capaces de mostrar la mejor manera de ir del punto A al punto B usando el transporte público. Sin embargo, todas ellas tienen carencias importantes.

Ninguna de estas aplicaciones ofrece a sus usuarios indicaciones en entornos subterráneos, tales como estaciones de metro, donde no llega la señal GPS. Además, en el caso del transporte en metro, la información que proporcionan es incompleta e imprecisa: incompleta porque no incluyen datos sobre la accesibilidad de las paradas, e imprecisa porque las ubicaciones que designan a las estaciones de metro son aproximadas y no corresponden a las ubicaciones exactas de las bocas de metro.

Estas carencias perjudican especialmente a aquellos usuarios con limitaciones funcionales, como las personas con movilidad reducida o dificultades de visión, lectura o comprensión. En estos casos, resulta imprescindible contar con toda la información necesaria para poder desplazarse en transporte público de manera autónoma.

Con el sistema UnderGuide, la empresa MASS Factory pretende mejorar su aplicación App&Town cubriendo estas necesidades y convertirse así en la primera en ofrecer a sus usuarios indicaciones en entornos subterráneos.

3 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto era dotar a la aplicación App&Town de un nuevo módulo que permitiera, a partir de dos paradas de metro y con información del recorrido a realizar, dar unas instrucciones lo más detalladas posibles, de manera que fuera posible guiar al usuario durante todo el recorrido subterráneo. Inicialmente el sistema se ha implementado para el metro de Barcelona.

Para ello se definieron los siguientes objetivos, más específicos, en cuanto a los requisitos del sistema:

- Determinar qué bocas de metro de entrada y salida son las más adecuadas para el usuario.
- Determinar por qué lado del vagón ha de apearse el usuario.
- Indicar en qué posición del andén se encuentra la salida más adecuada para el usuario.
- Ofrecer indicaciones sobre cómo desplazarse por los túneles del metro para acceder, salir o hacer un transbordo subterráneo.
- Especificar, para cada boca de metro y salida de andén, si es accesible y si dispone de ascensor y/o escaleras mecánicas.

4 METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir los objetivos propuestos, se ha optado por gestionar el proyecto siguiendo una versión adaptada de la metodología ágil Scrum [6]. Puesto que este proyecto se enmarca en el desarrollo de la asignatura universitaria ‘Trabajo de Fin de Grado’ [7], tanto el rol de *Team* como el de *Scrum Master* han estado representados por mí mismo, mientras que el papel de *Product Owner* lo ha ejercido el tutor en la empresa, Marc Vallribera.

Los ciclos de trabajo se han organizado en iteraciones o *sprints*, que han venido determinados, principalmente, por los hitos de la asignatura ‘Trabajo de Fin de Grado’. Durante cada *sprint*, se llevaban a cabo unas tareas específicas (*sprint backlog*) para alcanzar los objetivos establecidos previamente (*product backlog*), generando un incremento de software potencialmente entregable. Al final de cada *sprint* se hacían reuniones de seguimiento, en las que exponía el trabajo realizado hasta la fecha y a planteaba las dudas surgidas sobre las necesidades del sistema. Los tutores, por su parte, se encargaban de valorar mi trabajo

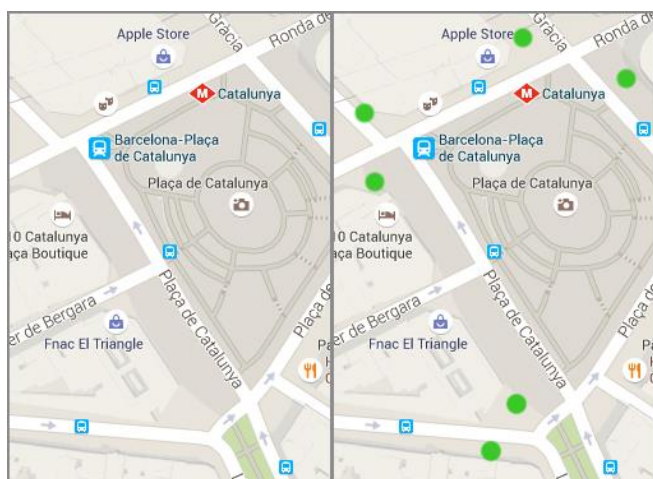


Fig. 2. En la imagen izquierda, la ubicación de la parada de metro ‘Catalunya’ tal y como aparece en la aplicación CityMapper. En la imagen derecha, las ubicaciones reales de las distintas bocas de metro (en verde).

y de señalar las mejoras o cambios a aplicar. Al final de cada reunión, acordábamos las tareas a realizar para el siguiente *sprint*. De forma paralela y menos formal, hemos ido manteniendo una comunicación permanente vía email, gracias a la cual he podido resolver dudas puntuales o solucionar problemas que requerían la intervención de los tutores.

La figura 3 muestra de forma esquemática el proceso de desarrollo de Scrum.



Fig. 3. En la metodología de desarrollo Scrum, un proyecto se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (15 o 30 días), donde cada iteración tiene que proporcionar un incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite. Este proceso parte de la lista de objetivos priorizada del producto, que actúa como plan de proyecto.

Esta metodología de desarrollo ha sido de gran utilidad, ya que he podido obtener un *feedback* rápido por parte de los tutores, lo cual ha permitido una gestión regular de las expectativas de la empresa, así como mitigar los posibles riesgos. Además, la entrega frecuente del trabajo realizado ha hecho posible que la empresa pudiera empezar a utilizar los resultados más importantes del proyecto antes de que estuviera finalizado por completo.

5 PLANIFICACIÓN Y EVOLUCIÓN

Este proyecto se ha desarrollado desde febrero de 2015 hasta junio de 2015, con una dedicación aproximada de 15 horas semanales y 300 horas totales. El trabajo se dividió en 4 *sprints*, que pasaré a detallar a continuación.

En la figura 4 podemos observar el diagrama de Gantt que representa la planificación temporal del proyecto.

Actividad	Inicio	Final	Feb 2015	Mar 2015	Abr 2015	Mayo 2015	Jun 2015	Jul 2015	
UnderGuide	16-02-15	03-07-15	[Barra de actividad]						
Sprint 0	16-02-15	13-03-15	[Barra]						
Sprint 1	16-03-15	24-04-15		[Barra]					
Sprint 2	27-04-15	29-05-15			[Barra]				
Sprint 3	01-06-15	19-06-15				[Barra]			
Defensa	22-06-15	03-07-15					[Barra]		

Fig. 4. Planificación temporal del proyecto estructurada en *sprints*.

En el *sprint 0*, se investigó el estado del arte y se especificaron los requisitos preliminares del sistema. Con el objetivo de establecer una propuesta detallada del proyecto, se elaboró un Informe Inicial.

Durante el *sprint 1* se hizo un estudio de los *feeds* GTFS y del funcionamiento de la aplicación App&Town, para después proceder a diseñar la base de datos del sis-

tema UnderGuide. También se desarrolló una pequeña aplicación web *responsive* para facilitar a la empresa la gestión de las indicaciones subterráneas almacenadas en la base de datos. Además, se redactó el Informe de Progreso I, en el que se consignaban los avances efectuados en el desarrollo del proyecto.

En el *sprint 2* se procedió, en primer lugar, a introducir en la base de datos la información *Open Data* sobre las bocas de metro de Barcelona y, en segundo lugar, a desarrollar el código del sistema. Se cerró esta fase con la elaboración del Informe de Progreso II, en el que se especificaba el trabajo efectuado en esta etapa y se exponían los primeros resultados y conclusiones.

El *sprint 3* se dedicó a la realización de pruebas de unidad y a la depuración de errores. Además, se comenzó el proceso de integración del módulo UnderGuide en la aplicación App&Town. El presente artículo se redactó al concluir esta fase.

Las últimas dos semanas se reservaron para elaborar el dossier del TFG, un compendio de todo el trabajo realizado, y para preparar la defensa pública del proyecto mediante una presentación ante un comité evaluador.

La planificación establecida en la fase inicial se ha podido cumplir con satisfacción y sin desviaciones importantes. No obstante, la tarea de integrar el sistema UnderGuide en App&Town, que inicialmente se había previsto realizar en el *sprint 2*, tuvo que ser pospuesta y reubicada en el *sprint 3*. Este pequeño cambio en la planificación se debió a que el proceso era más complejo de lo esperado, puesto que yo no estaba familiarizado con el código de la aplicación App&Town, y requería para esta tarea la asistencia de terceras personas involucradas en el diseño de dicha aplicación.

6 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la realización de este proyecto se han utilizado las herramientas que se comentan a continuación.

6.1 AWK

La obtención de los datos necesarios sobre las paradas de metro de la ciudad de Barcelona y de sus accesos o bocas se ha realizado a partir de información Open Data, así como mediante la visita a algunas estaciones de metro in situ.

En cuanto a la información Open Data, en algunos casos estaba contenida en tablas de Excel. Ha sido necesario convertir los ficheros Excel en ficheros de texto con valores separados por comas (CSV) [8], para que pudieran ser importados fácilmente a la base de datos de UnderGuide. No obstante, las tablas Excel contenían campos innecesarios para el proyecto, y además era necesario adaptar el formato de las coordenadas geográficas de las bocas de metro al formato utilizado en la base de datos.

AWK [9] es un lenguaje de programación creado para el procesamiento de datos basados en texto, tanto ficheros como flujos de datos. Su nombre deriva de los apellidos de sus creadores, Alfred Aho, Peter Weinberger y Brian Kernighan. Su densa notación hace de AWK una herra-

mienta potente pero compleja, de manera que habitualmente es utilizado para la creación de programas de una línea. En el desarrollo de este proyecto, fue utilizado para diseñar un script que permitiera, de forma automática, seleccionar los campos necesarios de algunas tablas Excel, descartar de estos ficheros la información que no era de interés para el proyecto y adaptar el formato de algunos campos.

6.2 Notepad++

Notepad++ es un editor de texto y de código fuente optimizado para el trabajo en entorno Windows que es utilizado por una amplia comunidad de programadores.

Se ha utilizado para abrir y editar los distintos ficheros de texto que se han utilizado en el proyecto. Ha resultado especialmente útil el plugin JSONViewer, un complemento para Notepad++ que permite visualizar ficheros JSON [10] en forma de árbol. Este plugin ha sido la principal herramienta de debugación de errores, puesto que el *input* y el *output* del sistema UnderGuide son ficheros JSON.

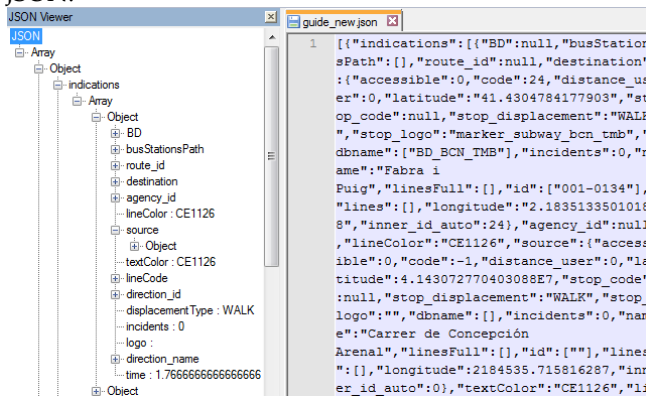


Fig. 5. Ejemplo del fichero JSON que genera UnderGuide (derecha) junto con su visualización en forma de árbol mediante el plugin JSONViewer (izquierda).

Además, Notepad++ ha sido la herramienta empleada para editar el código fuente de la aplicación web diseñada durante el *sprint* 1.

6.3 MySQL

MySQL [11] es un sistema gestor de bases de datos (SGBD) muy conocido y ampliamente usado por su simplicidad y notable rendimiento. Aunque carece de algunas características avanzadas disponibles en otros SGBD del mercado, es una opción atractiva tanto para aplicaciones comerciales como de entretenimiento, precisamente por su facilidad de uso y tiempo reducido de puesta en marcha. Esto y su libre distribución en Internet bajo licencia GPL le otorgan como beneficios adicionales (no menos importantes) contar con un alto grado de estabilidad y un rápido desarrollo.

En este proyecto se ha utilizado para crear una base de datos relacional para el sistema UnderGuide, así como para importar en ella la información Open Data sobre las paradas y bocas del metro de Barcelona. La base de datos consta de nueve tablas relacionadas entre sí, tal y como puede observarse en la figura 6.

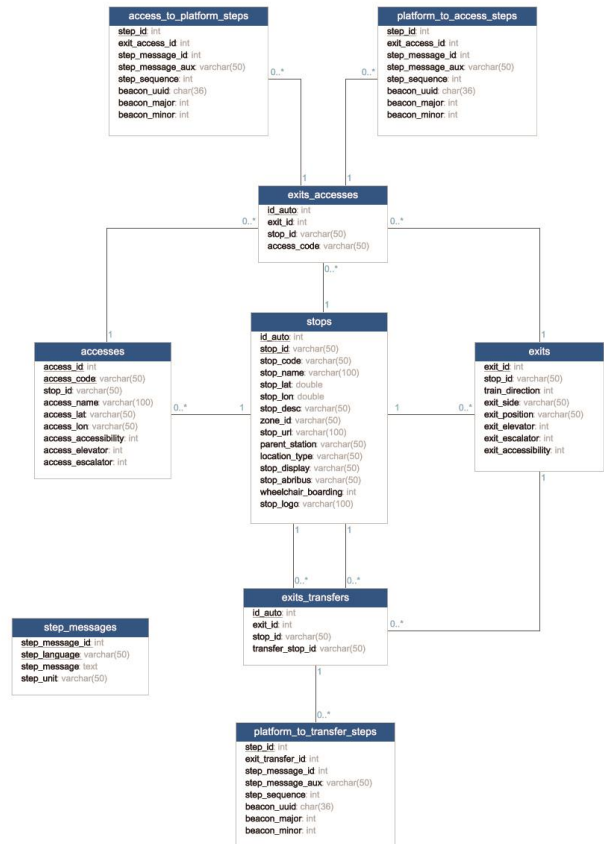


Fig. 6. Esquema de la base de datos del sistema UnderGuide.

Las tablas que conforman la base de datos son las siguientes:

- *stops*: Contiene las paradas de metro.
- *accesses*: Contiene las bocas de metro.
- *exits*: Contiene las salidas de andén.
- *exits_accesses*: Relaciona las salidas de andén con las bocas de metro.
- *exits_transfers*: Relaciona las salidas de andén con el transbordo a otras paradas.
- *access_to_platform_steps*: Contiene las indicaciones para desplazarse desde las bocas hasta los andenes.
- *platform_to_access_steps*: Contiene las indicaciones para desplazarse desde los andenes hasta las bocas.
- *platform_to_transfer_steps*: Contiene las indicaciones para hacer un transbordo subterráneo de una parada a otra.
- *step_messages*: Contiene los mensajes de las indicaciones en diferentes idiomas

6.4 Eclipse

Eclipse es un entorno de desarrollo integrado (IDE), de código abierto y multiplataforma. Es uno de los entornos Java más utilizados a nivel profesional, gracias a que incluye, entre muchos otros complementos, las Herramientas de Desarrollo de Java (JDT). El paquete básico de Eclipse se puede expandir mediante la instalación de plugins para añadir funcionalidades a medida que se vayan necesitando.

He recurrido a este IDE debido a que ya había traba-

jado con él anteriormente y mi experiencia de uso había sido positiva.



Fig. 7. Se ha utilizado la versión más reciente de Eclipse (Luna).

6.5 Java

Java [12] es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo, lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra.



Fig. 7. Plataforma de desarrollo Java.

El sistema UnderGuide se ha desarrollado con tecnología Java para que el módulo pudiera integrarse fácilmente en el código de la aplicación App&Town, que está escrito en este lenguaje.

6.5.1 JSON.simple

JSON.simple [13] es una sencilla biblioteca para trabajar JSON con Java, y se puede utilizar para codificar y decodificar texto JSON.

Ha sido útil para, en primer lugar, parsear el fichero JSON que genera App&Town con las indicaciones de las rutas, y, en segundo lugar, generar un nuevo fichero JSON con las indicaciones corregidas y ampliadas. Su simplicidad es su principal característica, e implementarla ha consistido en añadirla al *classpath* del proyecto.

6.6 PHP y HTML

PHP [14] es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML [15]. El código PHP es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, sin posibilidad de conocer el código subyacente.

En este proyecto se han utilizado estas herramientas para diseñar la pequeña aplicación web que permitirá a la empresa MASS Factory gestionar las indicaciones subterráneas almacenadas en la base de datos.

7 RESULTADOS

7.1 UnderGuide

A continuación se muestran los resultados que produce el sistema UnderGuide y el efecto que éstos tienen en App&Town.

Cabe mencionar que, dado que la empresa todavía no ha completado la integración de UnderGuide en su aplicación App&Town, algunas de las ilustraciones expuestas a continuación no son imágenes reales de dicha aplicación, sino que corresponden a una simulación de su interfaz.

7.1.2 Ruta en metro sin transbordo

En este ejemplo, el usuario desea planificar una ruta en metro con origen “Via Favència, 21” y destino “Calle de Montserrat, 19” (en Barcelona).

App&Town responde a esta solicitud ofreciendo las mejores rutas que existen para el trayecto, de acuerdo con las preferencias que ha especificado el usuario.

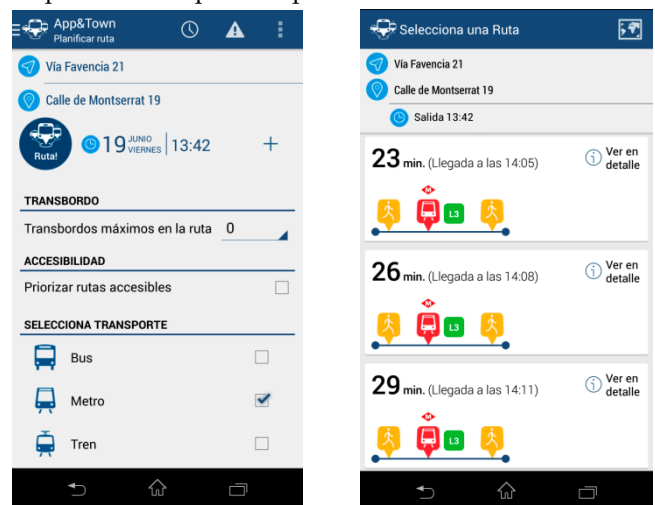


Fig. 9. Izquierda: Pantalla para introducir los puntos de origen y destino de la ruta, y escoger si se desea priorizar o no las rutas accesibles. Derecha: Pantalla que muestra las mejores rutas para el trayecto especificado.

En este punto, internamente, la aplicación genera un fichero JSON que contiene todas estas rutas y, para cada una de ellas, la secuencia de indicaciones que permite un guiado desde el punto de origen hasta el punto de destino especificado. Cada paso de una ruta incluye atributos como el tipo de desplazamiento (caminar, esperar, metro, bus o tren), las coordenadas de origen y de destino del desplazamiento y, en caso de un desplazamiento en transporte público, el código identificador de la parada.

Se ha desarrollado un *parser* capaz de leer este fichero JSON y de extraer los datos que precisa el sistema UnderGuide para poder corregir y ampliar estas indicaciones. Veamos a continuación por qué esto es necesario.

El primer paso en las indicaciones que genera App&Town consiste en un desplazamiento a pie desde el punto de origen hasta la parada de metro “Canyelles” (línea L3).

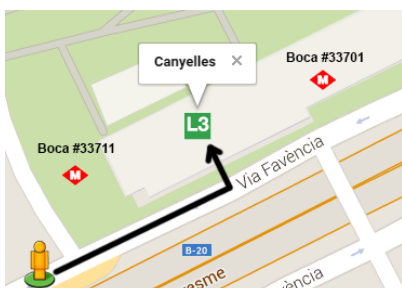


Fig. 10. Trazado del trayecto a pie desde el punto de origen del usuario hasta la parada de metro que debería utilizar.

Sin embargo, la ubicación que App&Town designa a una parada de metro no es más que el punto intermedio entre todas las bocas de dicha parada, y, por tanto, no corresponde con la ubicación real de ninguno de sus accesos.

Aquí es donde entra en juego el sistema UnderGuide. A partir de la información que dispone en su base de datos, UnderGuide busca la boca de acceso más adecuada: la que esté más cerca del usuario o, si así se ha solicitado, la que sea accesible.

```
Boca más cercana:
código = 33711
latitud = 41.44169463348886
longitud = 2.1651883230251405
accesible = false
distancia = 40.04918 m
```

Fig. 11. Información que obtiene UnderGuide sobre la boca de entrada más adecuada para el usuario.

Con la información obtenida, el sistema corrige las indicaciones generada por App&Town modificando el fichero JSON de forma conveniente.

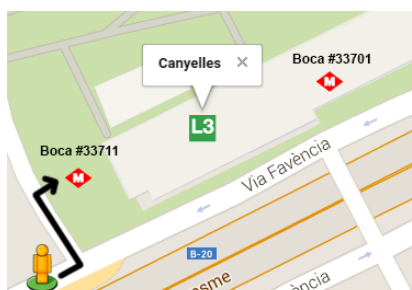


Fig. 12. Trazado del trayecto a pie desde el punto de origen del usuario hasta la boca de metro más adecuada.

Además, UnderGuide añade las indicaciones para el guiado subterráneo desde la boca de acceso hasta el andén.

```
Indicaciones:
Bajar escaleras (12 escalones)
Caminar (5 pasos)
Girar a la izquierda
Caminar (10 pasos)
Pasar por el tornio
Caminar (5 pasos)
Bajar escaleras (10 escalones)
Caminar (5 pasos)
```

Fig. 13. Indicaciones subterráneas que obtiene UnderGuide de su base de datos, para acceder al metro desde la boca más adecuada.

El siguiente paso en las indicaciones generadas por App&Town consiste en un desplazamiento en metro hasta la parada “Drassanes”. Una vez allí, el usuario ha de abandonar la parada de metro y desplazarse a pie hasta el punto de destino.

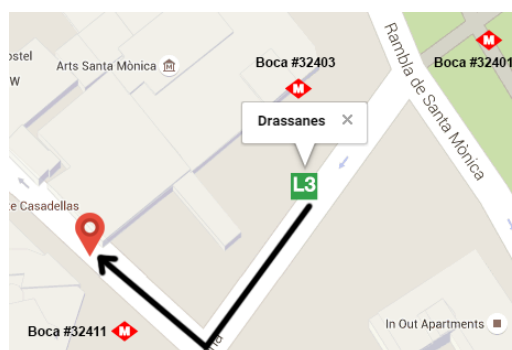


Fig. 14. Trazado del trayecto a pie desde la parada de metro en la que ha de apearse el usuario hasta el punto de destino.

Análogamente a lo que sucedía con el acceso al metro, el punto de partida del usuario cuando sale a la calle no es el correcto y, consecuentemente, tampoco lo son las posteriores indicaciones a pie hasta el punto de destino.

UnderGuide soluciona este problema encontrando la boca de metro que esté más próxima al punto de destino y, si el usuario lo solicita, que sea accesible.

```
Boca más cercana:
código = 32411
latitud = 41.376587278422946
longitud = 2.1755586309970667
accesible = false
distancia = 40.434975 m
```

Fig. 15. Información sobre la boca de salida más adecuada.

Además, determina qué salida de andén conduce a dicha bocha y añade las indicaciones para el guiado subterráneo desde la salida de andén hasta la boca en cuestión.

```
Salida de andén:
cola

Indicaciones:
Caminar (10 pasos)
Coger ascensor para subir
Caminar (5 pasos)
Pasar por el tornio
Caminar (10 pasos)
Subir escaleras (12 escalones)
```

Fig. 16. Indicaciones para salir del metro por la boca más adecuada.

Con la información obtenida, el sistema vuelve a corregir las indicaciones generadas por App&Town haciendo la correspondiente modificación en el fichero JSON.

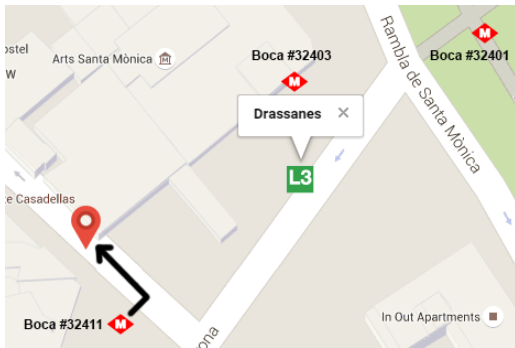


Fig. 17. Trazado del trayecto a pie desde la boca de salida más adecuada para el usuario hasta el punto de destino.

7.1.2 Ruta en metro con transbordo

Veamos ahora qué sucede en caso de que la ruta solicitada por el usuario contenga un transbordo entre paradas de metro.

En este segundo ejemplo, el usuario solicita una ruta desde “Calle Concepció Arenal, 211” hasta “Calle Maresme, 14”, y App&Town genera la ruta que muestra la figura 18.

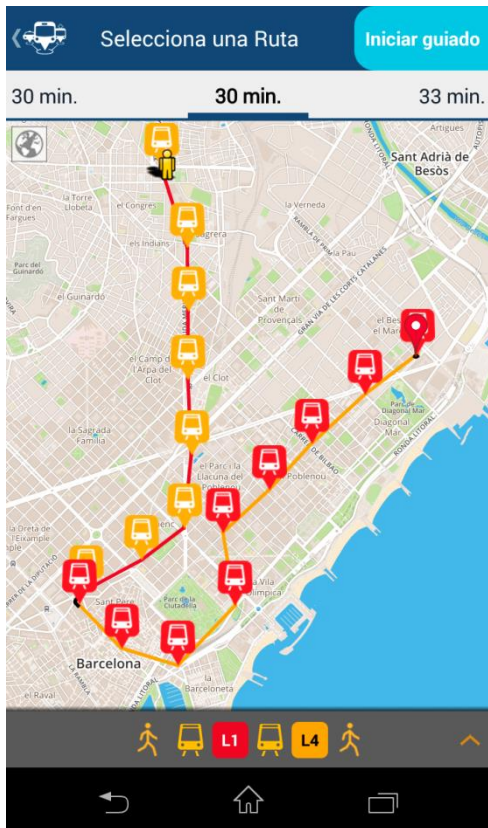


Fig. 18. Ruta en metro del trayecto especificado por el usuario.

Las indicaciones de App&Town contemplan realizar un transbordo en la parada “Urquinaona” de la línea L1 hacia la parada “Urquinaona” de la línea L4. Este transbordo puede realizarse sin necesidad de salir a la calle, ya

que los túneles subterráneos del metro comunican los andenes de ambas paradas. Sin embargo, como la aplicación no dispone de esta información, genera el siguiente desplazamiento exterior a pie.

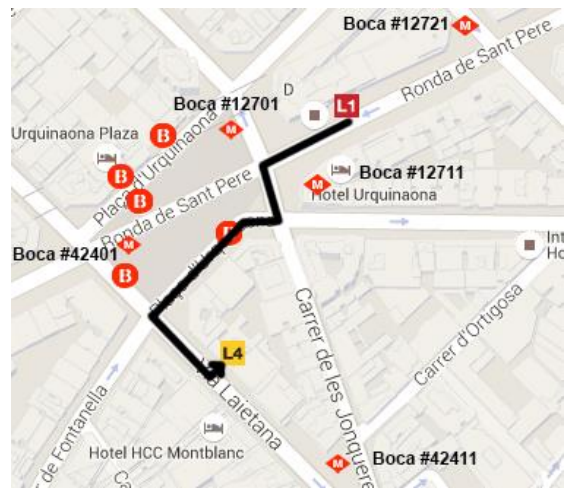


Fig. 19. Recorrido exterior para hacer un transbordo en la parada “Urquinaona” de la línea L1 a la línea L4.

Recordemos, además, que los puntos de inicio y destino de este recorrido no corresponden a ubicaciones reales de bocas de metro.

Para corregir estas indicaciones, el sistema UnderGuide detecta el transbordo presente en la ruta de App&Town y comprueba en su base de datos que es posible realizar un transbordo subterráneo entre ambas paradas.

A continuación, consulta qué salida de andén de la parada “Urquinaona” de la línea L1 conduce al andén de la parada “Urquinaona” de la línea L4, y obtiene las indicaciones que permiten guiar al usuario en este recorrido subterráneo.

Salida de andén:	cola
Indicaciones:	<ul style="list-style-type: none"> Caminar (9 pasos) Bajar escaleras (12 escalones) Caminar (2 pasos) Bajar escaleras (12 escalones) Caminar (2 pasos) Bajar escaleras (12 escalones) Caminar (8 pasos) Girar a la izquierda Caminar (10 pasos)

Fig. 20. Indicaciones para hacer el transbordo subterráneo entre las dos paradas.

7.2 Aplicación web

La base de datos de UnderGuide no dispone aún de todos los recorridos subterráneos para acceder, salir o hacer un transbordo en el metro. Por este motivo, se diseñó una pequeña aplicación web *responsive* para facilitar a la empresa la tarea de ir añadiendo nuevas indicaciones para los diferentes desplazamientos entre bocas y andenes o entre andenes de paradas con transbordo.

Esta aplicación consta de un menú desde el cual se

puede consultar, por un lado, la tabla que relaciona bocas de metro y salidas de andén, y por otro lado, la tabla que relaciona salidas de andén con paradas de transbordo. Para cada tipo de consulta, es posible filtrar los resultados por la línea de metro asociada a las paradas en cuestión. Incluso existe la posibilidad de utilizar un buscador para dar más rápidamente con la parada, boca o salida que se desea gestionar.

Salidas ↔ Bocas:
L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L9 | L10 | L11
Salidas ↔ Paradas de transbordo:
L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L9 | L10 | L11

Salidas ↔ Paradas de transbordo: L4

Buscar: Urquinaona

Parada origen	Dirección parada origen	Salida	Parada destino	Dirección parada destino
[001-0424] Urquinaona	La Pau	cola	[001-0127] Urquinaona	Fondo
[001-0424] Urquinaona	Trinitat Nova	cabeza	[001-0127] Urquinaona	Hospital de Bellvitge
[001-0424] Urquinaona	La Pau	cola	[001-0127] Urquinaona	Hospital de Bellvitge
[001-0424] Urquinaona	Trinitat Nova	cabeza	[001-0127] Urquinaona	Fondo

Fig. 21. Tabla que relaciona las salidas de andén de la parada “Urquinaona” (L4) con sus paradas de transbordo, en función de la dirección de la línea.

Observamos en la figura 21 que, al seleccionar una fila, ésta se despliega verticalmente mostrando las indicaciones (si existen) para el recorrido en cuestión. Con la opción “editar” se accede a la página que permite añadir, modificar o eliminar estas indicaciones.

Salidas ↔ Bocas:
L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L9 | L10 | L11
Salidas ↔ Paradas de transbordo:
L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L9 | L10 | L11

Parada origen:
[001-0424] Urquinaona

Dirección para origen:
La Pau

Salida de andén:
cola

Parada destino:
[001-0127] Urquinaona

Dirección para destino:
Fondo

Indicaciones para transbordo
(Salida de andén → Parada):
(no hay indicaciones)

[Añadir nuevo paso](#)

Fig. 22. Página para editar las indicaciones subterráneas de la fila en cuestión.

Las indicaciones constan de una secuencia ordenada de acciones que el usuario ha de realizar. En el caso retratado en la figura 23, todavía no se han introducido indicaciones para un guiado desde la salida situada en la cola del andén de la parada “Urquinaona L4” hasta el andén de la parada de “Urquinaona L1”. La opción “Añadir nuevo paso” muestra un pequeño formulario para realizar la inserción de una nueva acción, tal y como se ve en la figura 24.

Parada origen:
[001-0424] Urquinaona

Dirección para origen:
La Pau

Salida de andén:
cola

Parada destino:
[001-0127] Urquinaona

Dirección para destino:
Fondo

Indicaciones para transbordo
(Salida de andén → Parada):
(no hay indicaciones)

Acción: Subir escaleras

Nº de pasos/escalones: 10

[Añadir este paso](#)

Fig. 24. Izquierda: Algunas de las acciones disponibles. Derecha: Especificación del número de pasos o escalones asociados a la acción seleccionada (opcional).

Una vez se añade un nuevo paso, éste queda registrado en la base de datos con su correspondiente número de secuencia y ya es accesible por el sistema UnderGuide para ofrecer las indicaciones subterráneas al usuario de App&Town.

En caso de detectarse un error en las indicaciones, es posible eliminarlas todas o eliminar sólo el último paso introducido mediante los botones que aparecen debajo.

Paso añadido!

Parada origen:
[001-0424] Urquinaona

Dirección para origen:
La Pau

Salida de andén:
cola

Parada destino:
[001-0127] Urquinaona

Dirección para destino:
Fondo

Indicaciones para transbordo
(Salida de andén → Parada):
1) Bajar escaleras (10 escalones)

[Eliminar indicaciones](#)

[Eliminar último paso](#)

[Añadir nuevo paso](#)

Fig. 25. Los botones de eliminación aparecen en cuanto la aplicación detecta que ya se han introducido indicaciones.

8 CONCLUSIÓN

En líneas generales, el Trabajo de Fin de Grado se ha realizado sin retrasos en la planificación establecida, aunque sí se ha tenido que reubicar temporalmente alguna tarea (véase el apartado 5).

Además, se han alcanzado todos los objetivos que se propusieron en la fase inicial del proyecto, por lo que el sistema UnderGuide ya es totalmente funcional.

UnderGuide proporciona a la empresa MASS Factory una notable mejora para su aplicación App&Town, lo cual le permitirá destacar entre la competencia y diferenciarse del resto de aplicaciones de guiado y navegación GPS, convirtiéndose en la primera en ofrecer a sus usuarios indicaciones en entornos subterráneos.

Sin duda alguna, el servicio que ofrece App&Town tendrá un impacto positivo en la persona que lo utilice. Por ejemplo, permitirá a una persona ciega desplazarse por sitios donde nunca haya estado antes, ayudará a turistas a moverse por una ciudad desconocida o a personas con discapacidad de movilidad realizar recorridos accesibles en transporte público.

En cuanto a las posibles extensiones del proyecto, MASS Factory baraja la posibilidad de implantar *iBeacons* [16] en las estaciones de metro con el objetivo de ayudar a los discapacitados visuales a orientarse aún mejor en los espacios subterráneos del metro. Esta idea consiste en una serie de etiquetas Bluetooth colocadas estratégicamente en las paredes del metro, que se comunican con la aplicación App&Town, guiando al usuario con las indicaciones de UnderGuide. La base de datos ya está preparada para ello.

Por otro lado, el sistema es escalable a otras ciudades y a otros medios de transporte subterráneo. Para ello, bastaría tan solo con incorporar a la base de datos la información relativa a las bocas de metro de la ciudad en cuestión.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi reconocimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han contribuido a llevar a buen puerto este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a Jordi Roig, tutor académico de este proyecto, y a Marc Vallribera, tutor en la empresa MASS Factory, por tener siempre la puerta abierta a mis dudas y por sus valiosos consejos durante toda esta etapa.

A mis compañeros en MASS Factory, Jordi López, Daniel del Arco, Daniel González y Faustino Cuadrado, por el trato recibido durante mi estancia de prácticas.

Por último, agradezco a mi familia todo el apoyo y cariño que me han dado durante toda la carrera y, en especial, durante el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Google, "Google Transit", 2013. [Online]. Disponible en: <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=es>. [Accedido: 28/06/2015].
- [2] Mass Factory Urban Accessible Mobility S.L., "Características

- de App&Town", 2014. [Online]. Disponible en: http://www.appandtown.com/?page_id=3466. [Accedido: 28/06/2015].
- [3] TranzMate Ltd., "Prestaciones de Moovit", 2014. [Online]. Disponible en: <http://moovitapp.com/es/prestaciones/>. [Accedido: 28/06/2015].
- [4] Citymapper Ltd., "Sobre Citymapper", 2014. [Online]. Disponible en: <https://citymapper.com/apps>. [Accedido: 28/06/2015].
- [5] Google, "Acerca de Google Maps", 2014. [Online]. Disponible en: <http://www.google.com/maps/about/>. [Accedido: 28/06/2015].
- [6] J. Sutherland y K. Schwaber, "The Scrum Guide", 2013. [Online]. Disponible en: <http://www.scrumguides.org/scrum-guide.html>. [Accedido: 28/06/2015].
- [7] Universitat Autònoma de Barcelona, "Triball de fi de grau: Grau d'enginyeria informàtica", 2014. [Online]. Disponible en: <http://www.uab.cat/web/estudiar/llistat-de-graus/pla-d-estudis/triball-de-fi-de-grau/enginyeria-informatica-1345468416862.html?param1=1263367146646>. [Accedido: 28/06/2015].
- [8] IETF, "Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files", 2005. [Online]. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc4180>. [Accedido: 28/06/2015].
- [9] D. Close, A. Robbins, P. Rubin, R. Stallman y P. Van Oostrum, "The AWK Manual", 1995. [Online]. Disponible en: <http://www.cs.unibo.it/~renzo/doc/awk/nawkA4.pdf>. [Accedido: 28/06/2015].
- [10] IETF, "The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)", 2006. [Online]. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc4627>. [Accedido: 28/06/2015].
- [11] Oracle Corporation, "MySQL 5.7 Reference Manual", 2015. [Online]. Disponible en: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/index.html>. [Accedido: 28/06/2015].
- [12] Oracle Corporation, "Java™ Platform, Standard Edition 8 API Specification", 2015. [Online]. Disponible en: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/index.html>. [Accedido: 28/06/2015].
- [13] Yidong Fang, "JSON.simple - A simple Java toolkit for JSON", 2012. [Online]. Disponible en: <https://code.google.com/p/json-simple/>. [Accedido: 28/06/2015].
- [14] The PHP Group, "PHP Manual", 2015. [Online]. Disponible en: <https://secure.php.net/manual/en/index.php>. [Accedido: 28/06/2015].
- [15] W3Schools, "HTML Tutorial", 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.w3schools.com/html/>. [Accedido: 28/06/2015].
- [16] Apple Inc., "Getting started with iBeacon", 2014. [Online]. Disponible en: <https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>. [Accedido: 28/06/2015].