

## Análisis

# Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap

## *Making Global Positioning System (GPS) accessible for people with visual impairment: the HaptiMap Project*

J. A. Muñoz Sevilla,<sup>1</sup> C. Blocona Santos<sup>2</sup>

---

### Resumen

Se analizan la utilidad y fiabilidad de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para los usuarios con discapacidad visual, señalando sus deficiencias y las posibles soluciones a los problemas que plantean. Se presenta la situación actual del Proyecto HaptiMap (Haptic, Audio and Visual Interfaces for Maps and Location Based Services), un proyecto integrado de ámbito europeo cuyo objetivo esencial es facilitar herramientas de desarrollo que permitan a la industria optimizar la accesibilidad de los Sistemas de Posicionamiento Global. Se describen las principales herramientas disponibles (acceso a datos geográficos en formato vectorial, adquisición de datos geográficos de otras fuentes, representación cartográfica), así como los diferentes métodos de diseño y la aportación de la ONCE en las fases de desarrollo y pruebas del navegador NavEscort. Se valoran los resultados de estas pruebas, se sintetizan los logros obtenidos y se indican las futuras líneas de actuación en este proyecto.

---

1 **José A. Muñoz Sevilla.** Instructor de Tiflotecnología y Braille y Técnico Asesor de la Dirección de Autonomía Personal, Atención al Mayor, Ocio y Deporte de la ONCE. Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica (Cidat). Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE). Camino de Hormigueras, 172; 28031 Madrid (España). Correo electrónico: [jmsv@once.es](mailto:jmsv@once.es).

2 **Concepción Blocona Santos.** Técnico de Rehabilitación Integral y Técnico Asesor de la Dirección de Autonomía Personal, Bienestar Social, Ocio y Deporte de la ONCE. Delegación Territorial de la ONCE en Madrid. Prim, 3; 28004 Madrid (España). Correo electrónico: [cbs@once.es](mailto:cbs@once.es).

## Palabras clave

Accesibilidad del entorno. Sistemas de Posicionamiento Global. Desplazamiento. Movilidad. Percepción háptica. Interfaces de localización. Proyecto HaptiMap.

## Abstract

The article analyses the utility and reliability of Global Positioning Systems (GPS) for people with visual impairment, identifying shortcomings and possible solutions to the problems identified. It describes the current state of HaptiMap (Haptic, Audio and Visual Interfaces for Maps and Location Based Services), a Europe-wide project designed essentially to provide development tools that will enable the industry to optimise Global Positioning Systems. The tools presently available (access to geographic data in vectorial format, geographic data acquisition from other sources, cartographic representation) are discussed, along with the design methods in use and ONCE's contribution both during the development phases and in the NavEscort navigator trials. The test results are assessed, the achievements obtained are summarised and the future lines of action are listed.

## Key words

Accessibility. Environmental accessibility. Global Positioning System. Travel. Mobility. Localisation interfaces. HaptiMap Project.

---

## Introducción

Tradicionalmente, las ayudas básicas para movilidad en personas con discapacidad visual han sido el bastón y el perro guía, y —en menor medida— se han auxiliado de mapas táctiles. Estas ayudas son menos utilizadas por razones variadas: necesidad de tener una buena percepción táctil y un entrenamiento para interpretar los mapas, su producción es onerosa, requieren de tiempo para su confección, etc. (Ungar, Jehoel, McCallum y Rowell, 2005). Estos auxiliares para la movilidad ayudan a evitar los obstáculos, pero no les permite saber dónde se encuentran.

La tecnología añade una alternativa que se pone en juego cada vez con mayor profusión. Concretamente, los servicios basados en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) están alcanzando cotas de desarrollo importantes para todos los usuarios, no solo

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

por el precio, sino —quizá más importante— por el cada vez mayor acierto en el diseño para todas las personas. Investigaciones y propuestas metodológicas en este campo no faltan. Una de ellas se detalla en este artículo, en el que se analiza el contenido del proyecto europeo HaptiMap en el que la ONCE participa, y que intenta dar respuesta a las dificultades existentes en la actualidad para que las personas con discapacidad visual puedan interaccionar con estos sistemas y beneficiarse de su utilidad.

## ¿Son útiles y fiables los sistemas GPS actuales para personas con discapacidad visual?

Aunque el diseño para todos va calando cada vez más en la sociedad y en los desarrolladores/productores de tecnología, existen aún condicionantes para que las personas con discapacidad visual puedan beneficiarse de los servicios basados en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Estos están relacionados fundamentalmente con las características visuales de cada persona, su forma de interaccionar con el dispositivo, la deficiente cartografía digital y la imprecisión de los receptores de satélites, así como con la forma en que se representan la información geográfica y el contexto para ser entendidos por el usuario.

Hasta hace aproximadamente tres, cuatro años, los fabricantes y desarrolladores de *software* no han tenido en cuenta estas características. Sin embargo, cada vez más, van apareciendo en el mercado —y, sobre todo, como objeto de proyectos de investigación— servicios basados en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que entienden el desarrollo de estos productos desde un punto de vista integrador.<sup>3</sup>

Las distintas soluciones que podemos encontrar se pueden dividir en dos grupos: en primer lugar, se encuentran los sistemas diseñados específicamente para personas con discapacidad visual, como Trekker Breeze, de la firma [Humanware](#); Sense Navigation, de la firma coreana [Hims](#), o el Street Talk Vip desarrollado por [Freedom Scientific](#), que se ejecuta en su anotador parlante Pac Mate Omni.

El segundo grupo hace referencia a aplicaciones o dispositivos que, sin haber sido diseñados específicamente para uso de este colectivo, presentan un grado

---

<sup>3</sup> MAPPED: <<http://mapped-project.eu/>>; ASK-IT: <<http://www.ask-it.org/>>.

de accesibilidad suficiente como para que se puedan utilizar, de forma autónoma, la mayoría de sus funciones. Los ejemplos más significativos, por su posición en el mercado, son los sistemas Kaptan NG y Kaptan Plus de la firma [Kapsys](#), con cartografía de [Tele Atlas](#).

## ¿Qué deficiencias existen en los sistemas de navegación para considerarlos una alternativa real?

Para orientarse en el espacio, las personas ciegas necesitan que se describa con exactitud la ubicación, el tamaño, la forma y la posición relativa de todos los objetos de significación que tienen cerca. Por ello, para facilitar su desplazamiento tanto en situaciones conocidas como desconocidas, las personas con problemas visuales necesitan un sistema que les proporcione conocer o identificar:

- Los obstáculos más próximos.
- La posición dónde nos encontramos (latitud, longitud, y su correlación con el mapa almacenado).
- Las características de los objetos según la posición de la persona.
- Los grados concretos de giro del itinerario a realizar.
- Cómo llegar de un lugar a otro a través de la información dada por el sistema.
- Información sobre la localización y la orientación durante la ruta.
- Los posibles peligros existentes en el trayecto.
- La distancia existente entre el objeto y el sujeto.
- La distancia hasta el destino, la dirección, la altura, etc.
- Obtención de datos de navegación en tiempo real, como posición, velocidad, dirección, etc.
- Una imagen mental del entorno que le rodea.
- Información en tiempo real a medida que se desplaza a través de concisas y concretas instrucciones verbales.
- Un rutado alternativo, si, por cualquier evento, se debe alterar la ruta inicial.
- Itinerarios óptimos hacia los destinos deseados.
- Repetir el itinerario o destino tantas veces como se solicite.
- El tipo de ruta elegida o seleccionada (la más corta, la menos peligrosa, con transporte público, andando, con dispositivos sonoros en los semáforos, etc.).
- Un manejo de fácil y corto aprendizaje.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

En las propuestas actuales —tanto en desarrollos centrados en diseños específicos para personas con discapacidad visual como si no— todos los Sistemas de Posicionamiento Global adolecen en mayor o menor grado de alguno o varios de los siguientes problemas:

- Poca precisión de los Sistemas de Posicionamiento Global.
- Cartografía diseñada fundamentalmente para desplazamientos en vehículos a motor.
- Dificultad de interacción con los dispositivos del mercado actual.
- Mantenimiento de datos geográficos cuando las situaciones cambian; por su inmediatez, resulta difícil actualizarlos en tiempo real.
- Presentación de la información de forma comprensible para el usuario.
- Diseño no multimodal.

## ¿Qué se puede hacer para soslayar estos problemas?

En primer lugar, es preciso que los desarrollos —tanto de cartografía como de dispositivos— contemplen medios de desplazamiento distintos al automóvil, como, por ejemplo, a pie, en bicicleta, etc. Esto ya ocurre en algunos dispositivos, como el Kaptan, que contempla la posibilidad de peatón y de algún otro medio, pero con errores importantes. No cabe duda de que la información necesaria para un viandante o para un ciclista es cualitativa y —sobre todo— cuantitativamente diferente a la que necesita un conductor de automóvil o de motocicleta.

Los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) tienen limitada la precisión, y su corrección solo es posible con sistemas GPS diferenciales<sup>4</sup> (muy caros para el usuario). Si bien los errores actuales no son significativos para desplazamientos en automóvil, sí lo son para un peatón, para quien pueden llegar a ser críticos a la hora de realizar un desplazamiento seguro. Una magnitud de error superior a un metro es inaceptable.

La cartografía diseñada fundamentalmente para desplazamientos en coche debería tener muy en cuenta un conjunto de recomendaciones acerca de cómo se debe mapear una zona para que esta sea accesible para peatones con diversidad funcional (incluir escaleras, pasos de peatones, aceras, números de portales, bancos, etc.).

---

<sup>4</sup> El DGPS (Differential GPS), o GPS diferencial, es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada.

Por otra parte, la dificultad de interacción con los dispositivos actuales invita a pensar en un diseño de interfaces multimodales, que permitan diferentes modos de interacción con la aplicación: mediante sonidos, voz, háptico, etc. Igualmente, se debe reducir la complejidad de los mensajes que se transmiten al usuario, así como la representación e interpretación de la información geográfica<sup>5</sup> para una «percepción no visual», entendida esta como la representación de la ubicación de un referente geográfico. Por ejemplo, la posición de una parada de autobús cercana podría representarse mediante el uso de un sonido particular, una vibración codificada, síntesis de voz o algún otro medio, en lugar de presentarlo como un símbolo en un mapa cartográfico que se muestra en una pantalla.

Por lo que respecta al mantenimiento y a la actualización de los datos geográficos, aunque hay proyectos colaborativos —como *ViaBLE*<sup>6</sup> o *Vadeo*<sup>7</sup>— que pretenden que los ciudadanos aporten información sobre circunstancias cambiantes en la calle —tales como obras, elementos de mobiliario urbano, etc.—, se precisa que una institución pública realice las tareas de mantenimiento de la base de datos y ponga a punto el servidor que los albergue con la debida actualización. Esta función podría ser asumida perfectamente por un ayuntamiento interesado en dotar a su municipio de un servicio en el que se indiquen la localización de los principales problemas de accesibilidad, y se ofrezcan alternativas para salvarlos (bastante útil no solo para los ciudadanos, sino también, por ejemplo, para los turistas). Hasta la fecha, las iniciativas al respecto son escasas y no muy directamente relacionadas. Se circunscriben, básicamente, a la realización de planes de accesibilidad de ciudades, municipios y entornos naturales, como, por ejemplo, los que han llevado a cabo algunos ayuntamientos españoles y que ha materializado *Vía Libre*, del Grupo Fundosa (<<http://www.vialibre.es>>) mediante su Sistema de Información Geográfica GISEMAC (<<http://www.gisemac.com>>).

Todos estos problemas están aún por resolverse de manera satisfactoria para el usuario, y a algunos de ellos intenta dar respuesta el proyecto europeo HaptiMap.

---

5 Se han desarrollado multitud de estudios e investigaciones sobre cómo se ha de representar la información geográfica y su interpretación por personas con discapacidad visual (Poppinga, Magnusson, Pielot y Rasmus-Gröhn, 2011; Laakso, Sarjakoski y Sarjakoski, 2011). A esta documentación se puede acceder en el sitio web de HaptiMap: <<http://www.haptimap.org>>.

6 Plataforma integral para la vida independiente y la accesibilidad con el fin de conseguir el ideal de Accesibilidad Universal en las ciudades y entornos (<<http://www.proyectoviable.com/>>).

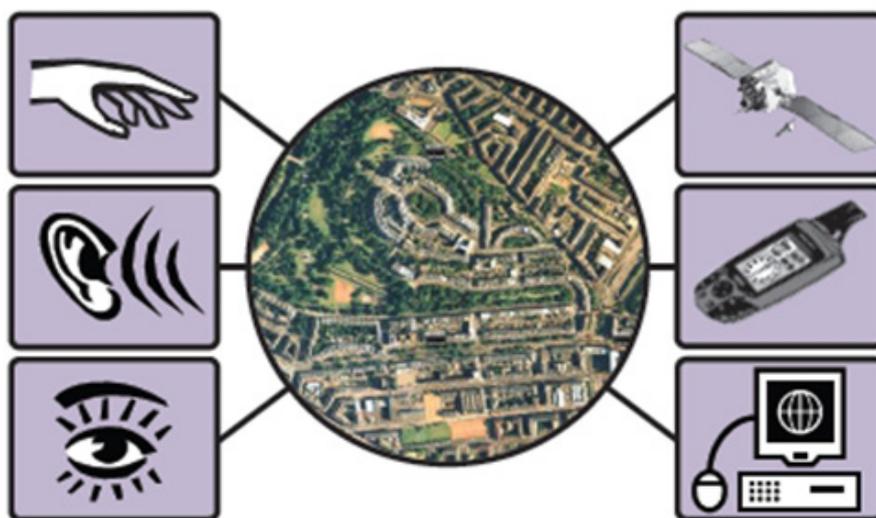
7 Red social donde personas con movilidad reducida comparten información sobre el nivel de accesibilidad de las calles y de los puntos de interés a su alrededor (<[www.vadeo.es](http://www.vadeo.es)>).

## El proyecto HaptiMap

HaptiMap (*Haptic, Audio and Visual Interfaces for Maps and Location Based Services*) (<<http://www.haptimap.org>>) es un proyecto integrado financiado por el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea, dentro del área de investigación: Tecnologías Accesibles e Inclusivas (ICT), con una duración de 48 meses (septiembre 2008—agosto 2012).<sup>8</sup>

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de directrices de diseño junto con un juego de herramientas de accesibilidad que sirva de ayuda a los desarrolladores de las principales aplicaciones y servicios basados en posicionamiento global (GPS), con el fin de que se diseñen mapas digitales en general más accesibles y fáciles de usar (no solo para personas con discapacidad sino para todos los usuarios). Junto a este juego de herramientas también se desarrollan métodos de diseño e instrumentos que apoyen prácticas de desarrollo existentes, de modo que se haga más fácil integrar el conocimiento y los principios de accesibilidad en el proceso de diseño, integrando estos aspectos desde el comienzo y no como parche una vez terminados.

Figura 1. Enfoque multimodal para hacer accesibles los mapas digitales



<sup>8</sup> El consorcio HaptiMap está compuesto por: Lunds Universitet (Suecia, coordinador del proyecto), Queen's University (Belfast, Reino Unido), University of Glasgow (Reino Unido), Fundación Tecnalía (España), OFFIS e. v. (Alemania), Commissariat à l'énergie atomique (Francia), Siemens AG (Alemania), Finish Geodetic Institute (Finlandia), BMT Group Ltd. (Reino Unido), Lunds Kommun (Suecia), Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) (España), Kreis Soest (Alemania), NAVTEQ B. v. (Holanda) y GeoMobile GmbH (Alemania).

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 2. Objetivos del proyecto HaptiMap



Concretamente, con este proyecto se pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿cuál es la información relevante para el usuario?, ¿cómo debe accederse a esta información y cómo representarla multimodalmente? Y, por último, pero no menos importante: ¿cómo diseñar prácticas para el apoyo a la industria y para que puedan estar al alcance de los desarrolladores?

Finalmente, y como marco práctico donde se prueben las principales aplicaciones y herramientas, se han realizado demostradores a modo de dispositivos portátiles con aplicaciones, en los que se han recreado, mediante el diseño de las interfaces apropiadas, escenarios reales de pruebas para ilustrar los distintos tipos de mapas y el tratamiento de los datos que proporcionan. Se pretende así mostrar el potencial de las herramientas, de los métodos de diseño y de las aplicaciones destinadas a favorecer diferentes dominios de aplicación y distintas situaciones de uso.

## Qué se ha hecho hasta ahora en el proyecto

### 1. Conjunto de herramientas de desarrollo

El Kit de herramientas desarrollado está destinado fundamentalmente a programadores y fabricantes de *software* y *hardware*, y ofrece ventajas que no están disponibles en otras bibliotecas de código fuente (ya sea de plataformas móviles o de escritorio). Son las siguientes:

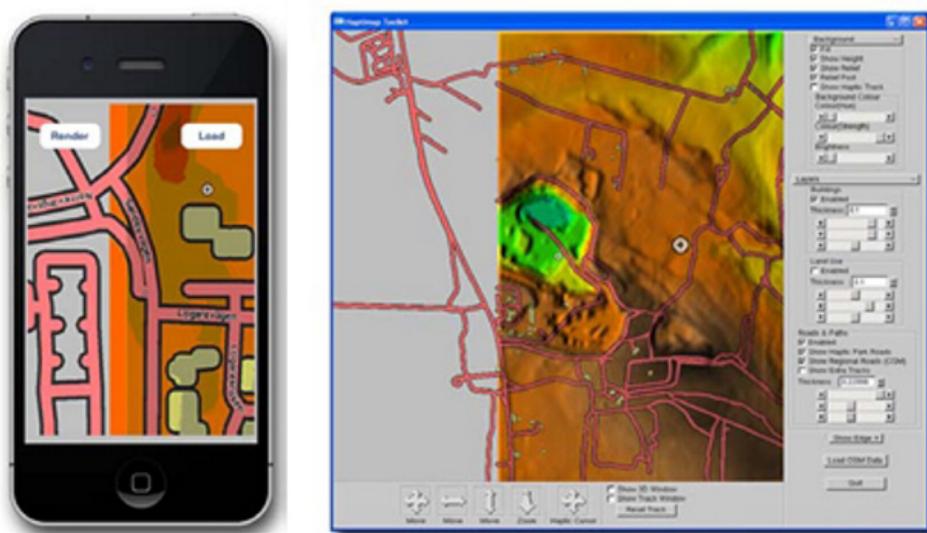
---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

### 1.1. Acceso a los datos geográficos en formato vectorial

La capacidad de interactuar con los datos del mapa hápticamente o en forma de audio requiere que los datos estén disponibles en una forma que no se base en la generación de una imagen a partir de un modelo (pre-renderizados). Esta es la principal ventaja del juego de herramientas, en contraste con las aplicaciones que son puramente monosensoriales (es decir, visuales). Por ejemplo, los datos que representan rutas de senderismo en un parque nacional deben estar disponibles en un formato vectorial y diferenciable de las otras características (detalles) del plano. Esta capacidad para diferenciar entre un mapa con los datos (no solo con su aspecto visual) es esencial para las aplicaciones multimodales.

Figura 3. Datos vectoriales



La primera ilustración de la figura 3 muestra cómo los datos vectoriales se pueden representar en los dispositivos móviles con mayor flexibilidad que cuando se utilizan datos «raster».<sup>9</sup> Además, los datos vectoriales también se pueden combinar con otros datos, por ejemplo, con los datos sobre altitud de diferentes fuentes.

<sup>9</sup> El modelo «raster» es un método para el almacenamiento, el procesado y la visualización de datos geográficos. Cada superficie a representar se divide en filas y columnas, formando una malla o rejilla regular. Cada celda de la rejilla guarda tanto las coordenadas de la localización como el valor temático. La localización de cada celda es implícita, dependiendo directamente del orden que ocupa en la rejilla, a diferencia de la estructura vectorial, en la que se almacena de forma explícita la topología. Las áreas que contienen idéntico atributo temático son reconocidas como tal, aunque las estructuras raster no identifican los límites de esas áreas como polígonos en sí.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

## 1.2. Infraestructura para la adquisición de datos geográficos procedentes de múltiples fuentes

Una aplicación típica HaptiMap requiere el uso de datos geográficos provenientes de múltiples fuentes en un momento dado. Por ejemplo:

- Detalles de las características topográficas, tales como carreteras, caminos, vallas y características de la naturaleza que puedan provenir de un servidor proporcionado por una agencia nacional de cartografía.
- Detalles de las rutas de senderismo recomendadas, que pueden adquirirse como una representación de cadena lineal de la trayectoria sugerida y que pueden ser obtenidos a partir de un servicio de Internet de planificación de rutas.
- Información sobre puntos de interés locales proporcionados por una fuente de información adicional suministrada por una agencia de turismo local o autogenerada.
- La arquitectura de la herramienta consta de varios *plug-ins* de datos geográficos conectables a diferentes fuentes de datos. Esto permite combinar todo en un único sistema y un único formato común de almacenamiento para facilitar el acceso de los usuarios de la herramienta.

## 1.3. Representación dinámica de mapas contextualizados

A veces es necesario contar con un mapa visual, y, como tal, puede resultar útil aumentarlo en una pantalla para los usuarios que no tienen problemas de visión. También puede ser útil para las personas con visión parcial. El aspecto predeterminado en el que se muestra (presentación en parrilla) puede no ser adecuado para estos usuarios. Por ejemplo, pueden necesitar un mayor contraste y un mayor tamaño de la fuente para las etiquetas y para los nombres de calles que se muestran en el mapa.

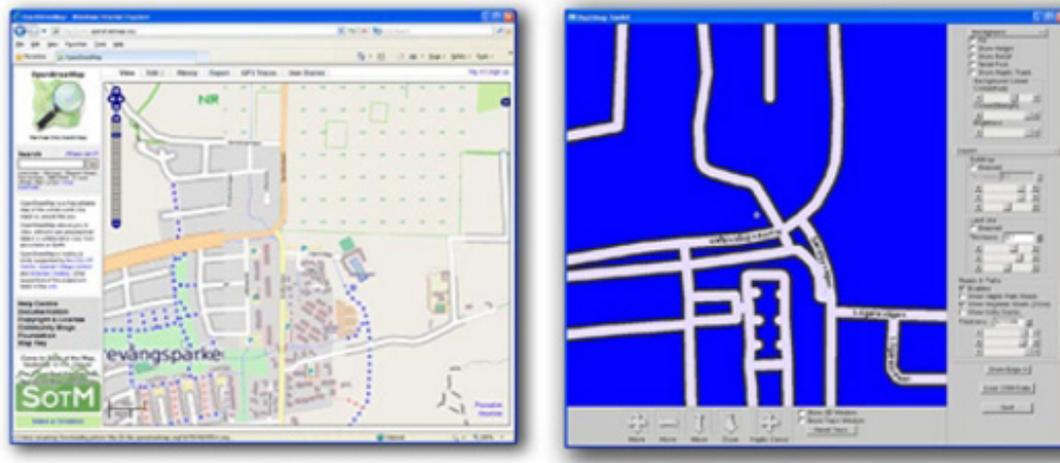
## 1.4. Desarrollo multiplataforma para dispositivos móviles y de escritorio

El mercado de dispositivos móviles está bastante fragmentado, y la utilidad del «kit de herramientas» desarrollado por el proyecto HaptiMap sería limitada si su uso estuviera dirigido a una sola plataforma. Por tanto, se ha desarrollado para dar respuesta a una amplia gama de plataformas.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 4. Mapa elaborado como parrilla y mapa personalizado a partir de datos contextualizados derivados de los datos obtenidos en bruto



Plataformas móviles contempladas:

- Android
- iPhone OS 3.x y 4.x
- Windows Mobile 6.x
- Symbian tercera y quinta ediciones
- Linux (OpenMoko y Maemo 4 y 5)

Las plataformas de escritorio incluyen:

- Windows (XP, Vista y Windows 7)
- Linux
- Mac OS X (Leopard 10.5 y Snow Leopard 10.6)

El núcleo del kit de herramientas y el encapsulado de funciones pueden compilarse y ejecutarse en todas estas plataformas. Un aspecto importante de este sistema multiplataforma es que proporciona soporte para el *hardware* táctil utilizado a menudo en los entornos de salida multimodal.

### 1.5. Módulo HCI conectable a plataformas específicas

La herramienta ofrece gran cantidad de funcionalidad útil para las plataformas soportadas, lo que permite desarrollar aplicaciones basadas en el kit.

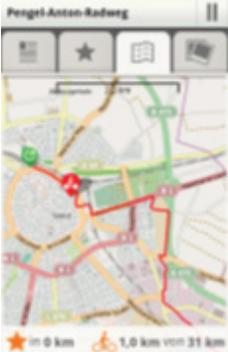
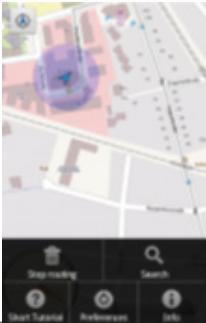
MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

## 2. Demostradores

Como dijimos anteriormente, se han desarrollado una serie de «demostradores», cuya finalidad es mostrar las herramientas y aplicaciones realizadas a lo largo del proyecto para apreciar, de forma práctica, su utilidad para los usuarios. A continuación hacemos una breve reseña de los mismos:

<b>Joined</b>	
	<p>Es una aplicación para localizar a los amigos en aglomeraciones de eventos al aire libre. Además de mostrar su ubicación en un mapa, proporciona la distancia y la dirección mediante sonidos y vibraciones. Es totalmente accesible para personas con discapacidad visual.</p>
<b>Discover Cities</b>	
	<p>Discover Cities es una ayuda para la navegación que utiliza mapas de NAVTEQ con un conjunto de 52 atributos especialmente dedicados a la navegación peatonal. Proporciona un diseño de ruta multimodal, contemplando el transporte público y los medios para explorar entornos no conocidos con presentación de los mapas en 2D y 3D. Proporciona accesibilidad, así como características de movilidad para personas con movilidad reducida.</p>
<b>Juicy Beats</b>	
	<p>Este demostrador se ha desarrollado como utilidad para los asistentes al festival alemán al aire libre «Juicy Beats» que aglutina a 25000 visitantes cada año. La aplicación proporciona de manera accesible información para...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Encontrar zonas de las instalaciones en un mapa interactivo,</li><li>• Obtener información sobre las actuaciones y artistas.</li><li>• Seleccionar actuaciones y artistas favoritos.</li><li>• Encontrar amigos que se encuentren en el festival y localizarlos mediante sonido y vibración.</li></ul>

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

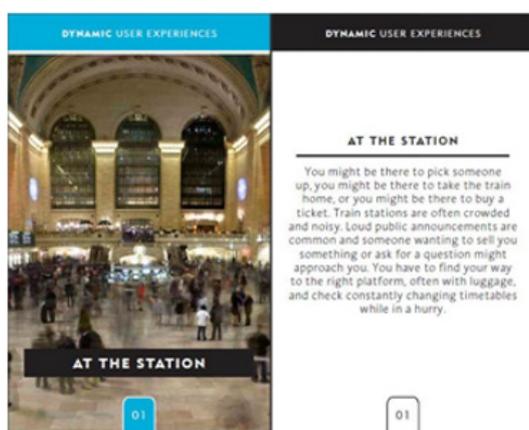
<b>Tandem Tour Guide</b>	
	Guía de turismo dirigida a los ciclistas sin o con discapacidad visual. Proporciona ayuda a la navegación, así como información multimedia sobre los puntos de interés a lo largo de la ruta elegida. Mediante la herramienta de texto a voz «Tandem Tour Guide», esta puede comunicar lo que está sucediendo en la ruta elegida, incluyendo la duración y los obstáculos, como colinas próximas, la necesidad de reducir la velocidad, próximos giros a realizar, etc.
<b>Pocket Navigator</b>	
	Ofrece orientación para la navegación de peatones en entornos urbanos sin necesidad de estar mirando continuamente a la pantalla del Smartphone. Hay dos modos de interacción: modo bolsillo, que permite su utilización independizando las manos; y el modo exploración, que requiere llevar el dispositivo en la mano y ayudarse de la brújula que contiene para explorar el entorno.
<b>NavEscort</b>	
	Este demostrador es el que se ha desarrollado en España a través de la ONCE y de la Fundación TECNALIA y cuyas características se describen más adelante.

### 3. Métodos de diseño

Dentro del proyecto también se han desarrollado herramientas de diseño y métodos adecuados para que sean utilizados por la industria. La base de este trabajo ha sido el concepto de «experiencias de usuario dinámicas», que hace referencia a que nuestras capacidades físicas, sensoriales y cognitivas no son estáticas, sino que cambian continuamente en función de los contextos y situaciones en las que estamos inmersos. El resultado ha sido la elaboración de un libro práctico que se ha

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

desarrollado con el objetivo clave de que los profesionales de la industria integren la experiencia de usuario dinámica, y, por lo tanto, las consideraciones de accesibilidad y las prácticas en el diseño diario y en el trabajo de desarrollo. El libro incluye una baraja de cartas con contextos o situaciones, un póster de cada contexto y un póster de prueba de contexto. Todos juntos describen los métodos y enfoques para crear y comunicar ideas en todo el proceso de diseño y desarrollo. Además, se ha recopilado la información existente, las directrices, las listas de verificación, otras herramientas para la simulación de procesos y la evaluación, facilitando así que los diseñadores y los desarrolladores accedan a información relevante sobre accesibilidad.



## El papel de la ONCE en HaptiMap

El papel de ONCE-Cidat, en colaboración con la Dirección de Autonomía Personal, Atención al Mayor, Ocio y Deporte en este proyecto, es el establecimiento de especificaciones y requerimientos de usuario, así como la evaluación de los productos desarrollados. Todo ello ha confluído en el primer diseño experimental del demostrador NavEscort.

## Trabajos preliminares para el desarrollo del demostrador NavEscort

La realización del demostrador ha exigido una serie de trabajos iniciales para el establecimiento de especificaciones de usuario que guiaran el posterior desarrollo del demostrador. Mediante una metodología de simulación experimental, pretendíamos obtener información acerca de qué necesita un usuario cuando realiza un desplazamiento, para lo cual se contó con la ayuda de usuarios con discapacidad visual que realizaron desplazamientos urbanos bajo distintas condiciones, registrándose todo aquello que el usuario requería en cada momento para resolver la ruta, tanto en voz como en vídeo.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Para conocer la capacidad de representar y procesar la información espacial, así como las preferencias y experiencias para la deambulaci3n de los usuarios que participaban en el estudio, fueron sometidos a evaluaci3n mediante la escala *Santa Barbara Sense of Direction Scale*.

La finalidad de este estudio previo era conocer las opiniones y experiencias de los usuarios al realizar una ruta no conocida y, concretamente, obtener informaci3n sobre:

- Estrategias y utilidades de que se valen los usuarios en sus desplazamientos.
- Identificaci3n de todo lo que los usuarios necesitan saber sobre una ruta para desplazarse de forma segura y eficaz.
- Detecci3n de la influencia (positiva / negativa) de utilizar distintas ayudas para realizar una ruta.
- Detecci3n de las necesidades que los usuarios tienen en cuanto a ayudas que podrían facilitar la deambulaci3n.
- Identificaci3n de las característic3s que les gustarí3a que tuviera una ayuda a la navegaci3n basada en Sistemas de Posicionamiento Global.

Recopilados estos datos, se pas3 a la **prueba piloto**, en la que al usuario se le facilitaban las instrucciones de la ruta de diferente forma:

Tabla 1. Situaciones experimentales a la que se sometió a los usuarios

USU	RUTA	AYUDA	S. VISUAL	SITUACI3N EXPERIMENTAL
4	3	Bast3n	Resto visual	<b>A1</b> Usuario al que se le habr3 explicado una ruta y a quien el T3cnico de Rehabilitaci3n prestar3 atenci3n en todas sus solicitudes, mediante mensajes de voz por tel3fono m3vil cada vez que lo requiera. Esta situaci3n precisa que el usuario lleve un tel3fono m3vil provisto de micr3fono y auricular, «sistema sin manos».

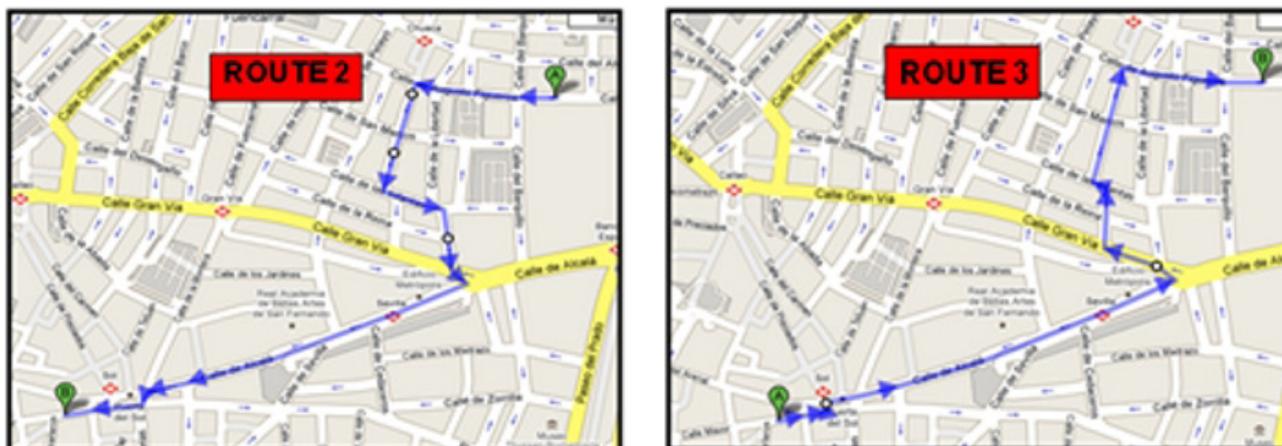
MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integraci3n: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

USU	RUTA	AYUDA	S. VISUAL	SITUACIÓN EXPERIMENTAL
1	1	Perro guía	Ciego	<b>A2</b> Usuario al que se le habrá explicado una ruta e irá acompañado de un Técnico de Rehabilitación, al que le podrá preguntar todo lo que quiera. El Técnico llevará una grabadora para registrar toda la conversación que se produzca entre ambos.
2	1	Gafas	Resto visual	<b>A3</b> Usuario al que no se le explicará la ruta y se le prestará atención mediante mensajes de voz por teléfono móvil cada vez que lo requiera. Esta situación precisa que el usuario lleve un teléfono móvil provisto de micrófono y auricular, «sistema sin manos».
3	2	Bastón	Ciego	<b>A4</b> Usuario al que no se le explicará la ruta y que llevará consigo un reproductor de audio con la descripción grabada de la ruta a modo de elemento de consulta.

Figura 5. Ejemplos de rutas que debían realizar los usuarios

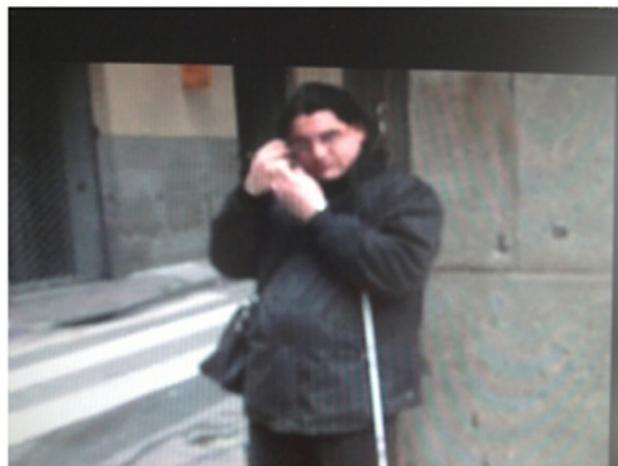


MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.



La revisión de los videos que se grabaron de los usuarios realizando las rutas y de sus comentarios, permitió extraer conclusiones que guiarían posteriormente la realización del demostrador NavEscort.

Figura 6. Usuarios realizando las rutas de la prueba piloto



## El demostrador NavEscort

Como ya hemos comentado, uno de los hitos del proyecto es el desarrollo de demostradores mediante los cuales se pueda probar la funcionalidad de las herramientas y los diseños abordados por el proyecto. NavEscort es el demostrador desarrollado por la ONCE en colaboración con la Fundación TECNALIA<sup>10</sup> de Bilbao.

<sup>10</sup> <<http://www.tecnalia.com>>.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

El demostrador NavEscort es una aplicación que puede ser utilizada por el usuario con independencia de sus características visuales, y que se ejecuta en dispositivos móviles (basados en Windows Mobile y Android). Su función es servir de guía al usuario con discapacidad visual para realizar una ruta previamente preparada por su Técnico de Rehabilitación Integral. El sistema proporciona información para la navegación y sobre puntos de interés (POI) mediante síntesis de voz, con la posibilidad de integrar, en futuras versiones, dispositivos hápticos, como cinturones vibrátiles o dispositivos de mano como Viflex (Commissariat à l'Énergie Atomique/CEA-LIST).

Figura 7. Menú principal y submenús de NavEscort



## Funcionalidad

Con el fin de determinar las principales funciones que debe tener el sistema desde el punto de vista del usuario final, se desarrollaron reuniones con usuarios con discapacidad visual, para, mediante la técnica de ordenación de tarjetas (*Card sorting*, D. Maurer, 2009), registrar y estructurar su conocimiento, y definir así qué tiene que hacer el sistema y cómo ha de hacerlo en opinión de los usuarios finales. En el caso de los usuarios ciegos se les permitió utilizar su sistema habitual de edición (netbook, braille hablado, etc.) para que escribieran su información. Posteriormente, cada ítem era transcrito a una tarjeta por un personal ayudante.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 8. Sesión para la definición de la funcionalidad mediante técnica de ordenación de tarjetas



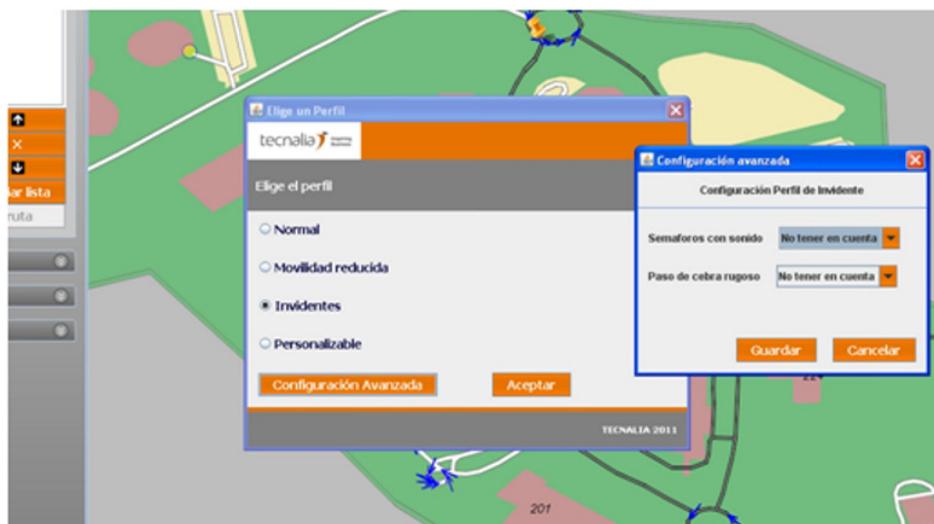
Esta técnica permitió agrupar las funciones en cuatro opciones de menú (Navegación, Configuración, Ayuda y Utilidades). El menú Navegación ofrece la posibilidad de definir y configurar rutas accesibles para personas con discapacidad visual. Para conseguir este requisito, se ha desarrollado paralelamente una aplicación para ordenador denominada TrainerTools. Se trata de una aplicación a medida para uso de los Técnicos de Rehabilitación Integral (TRI), como responsables de seleccionar las mejores opciones en el diseño de una ruta para un usuario ciego o deficiente visual. Identifican los obstáculos potenciales, así como las características y condiciones temporales que pueden afectar a una trayectoria, para que el usuario la realice con seguridad y eficacia. TrainerTools se compone de:

- *Un módulo de definición de perfil de usuario:* Permite la introducción de los datos del usuario, para que sea categorizado en un perfil, cuyas características serán tenidas en cuenta por el rutador a la hora de diseñar la ruta de forma automática. Este perfil se traspa al sistema mediante conexión al PC.
- *Un módulo de edición de rutas:* Permite la introducción del punto de origen y del punto de destino para un determinado trayecto. Una vez que el sistema diseña la ruta, el TRI puede introducir alguna excepción que no se haya contemplado por el sistema. Cuando se haya definido la ruta, será cargada en el sistema del usuario para que le guíe durante su recorrido.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 9. Opciones del menú de configuración de perfil de usuario



Dado que el «rutador» del sistema se encarga de confeccionar una ruta de manera automática, se requiere que tenga «argumentos» en los que basar la decisión del trayecto a realizar por el usuario. Uno de los más importantes es la existencia de elementos en el recorrido y su potencial peligrosidad. A este respecto se ha elaborado una *base de datos de elementos a representar (DBT)* que contiene todos los POI (elementos de la vía pública) más relevantes que se puede encontrar el usuario en su ruta, así como el nivel de peligrosidad en función de su perfil. Para su realización, se sometió a la consideración de un grupo de expertos (TRI) un cuestionario con todos los elementos, para que opinaran y asignaran un «*peso de peligrosidad*» en función de la variable *perfil* (ciego con bastón, resto de visión con perro guía, etc.). Tabulando todas las respuestas se consiguió establecer un baremo —medido en porcentajes de peligrosidad— para cada perfil, elemento y situación. Este porcentaje será el que utilizará el rutador a la hora de diseñar la ruta del usuario, de forma que si esta tuviera elementos con un porcentaje alto de peligrosidad, procederá a modificar la ruta para evitarlos y proponer una alternativa si existiera.

Otro aspecto importante a la hora de explicar la ruta al usuario por parte del TRI, son las instrucciones sobre el desarrollo de la misma, para que el usuario sepa anticipar el «siguiente movimiento que deberá hacer». Estas instrucciones pueden grabarse para se conozcan previamente o pueden ir conociéndose a medida que se va avanzando por el recorrido. Para simplificar este proceso, una vez identificados los descriptores de ruta que utilizan de manera estándar los Técnicos de Rehabilitación para «contar» una ruta a un usuario («con el tráfico a tu espalda», «con la pared a tu

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

derecha», etc.), se procedió a desarrollar una *Herramienta de asignación de etiquetas a los POI (TAT)*. Para ello, como en el caso anterior, se sometió un cuestionario de iconos representativos de cada descriptor a un grupo de expertos (TRI) y a un grupo control de no expertos con la finalidad de determinar el nivel de representatividad del icono respecto del descriptor al que representa. Después de analizar los datos e introducir los cambios sugeridos por los expertos, se confeccionó una tabla de iconos, que constituirán una base de datos para que tanto el TRI como cualquier otra persona (familiar) puedan situar sobre el plano de la ruta un icono en cada lugar que requiera un descriptor para realizarla. Esta base de datos se ha incorporado al menú principal de [OpenStreetMap<sup>11</sup>](#) para poder situar cada icono en el lugar de la ruta que corresponda, de forma que al trasladar el fichero resultante al dispositivo del usuario, aparezca en pantalla y se verbalice la instrucción adecuada en función de su código.

Figura 10. Muestra parcial del cuestionario cumplimentado por expertos (TRI)

CATEGORÍA	ELEMENTO	DISCAPACIDAD VISUAL																			
		Ceguera total con perro guía				Ceguera total con bastón				Resto de visión sin ayudas				Resto de visión con bastón o perro guía				Sordo-ceguera			
		A	M	B	N	A	M	B	N	A	M	B	N	A	M	B	N	A	M	B	N
	Acera sin bordillo																				
	Alcorque de árbol.																				
	Bolardos																				
	Bordillo con altura excesiva																				
	Buzón																				

Figura 11. Porcentajes de peligrosidad de cada elemento para cada perfil (C1: ciego con perro guía, C2: ciego con bastón, RV1: resto de visión sin ayudas, RV2: resto de visión con bastón, RV3: resto de visión con perro guía, SC: sordo-ciegos)

CATEGORÍA	ELEMENTO	DISCAPACIDAD VISUAL					
		C1	C2	RV1	RV2	RV3	SC
		% peligrosidad					
	Acera sin bordillo	73	93	68	64	61	100
	Alcorque de árbol.	55	73	84	59	63	83
	Bolardos	57	73	91	66	65	83
	Bordillo con altura excesiva	64	70	86	61	68	92
	Buzón	77	52	59	50	57	50
	Carril bici	86	93	86	86	80	100
	Cartel publicitario	66	77	70	93	79	92
	Escalera	66	73	89	68	73	83
	Escalera sin barandilla	70	77	91	73	72	83
	Zanja	82	93	98	84	78	100

11 OSM es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables.

Figura 12. Elementos e instrucciones para editar en una ruta utilizando OSM

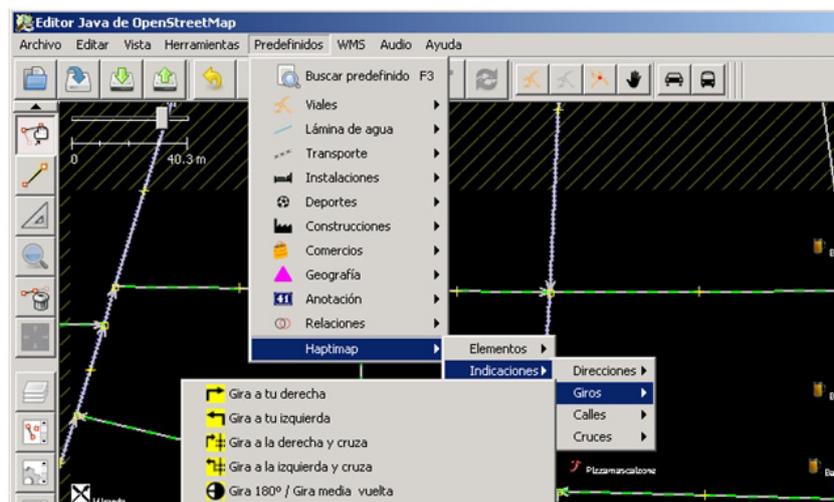


Figura 13. Vista parcial del cuestionario de asignación de iconos

	CODIGO	INSTRUCCION	ICONO
ALINEAMIENTOS / DIRECCION	1	Pared a la derecha	→
	2	Pared a la izquierda	←
	3	Caminar en la misma dirección del tráfico	↑
	4	Caminar en sentido contrario del tráfico	↓
	5	Tráfico a tu derecha	↘
	6	Tráfico a tu izquierda	↙
	7	Tráfico a tu espalda	↖
	8	Tráfico frente a ti	↗
	9	Alinearse con la pared	↑
	10	Alinearse con el tráfico	↔

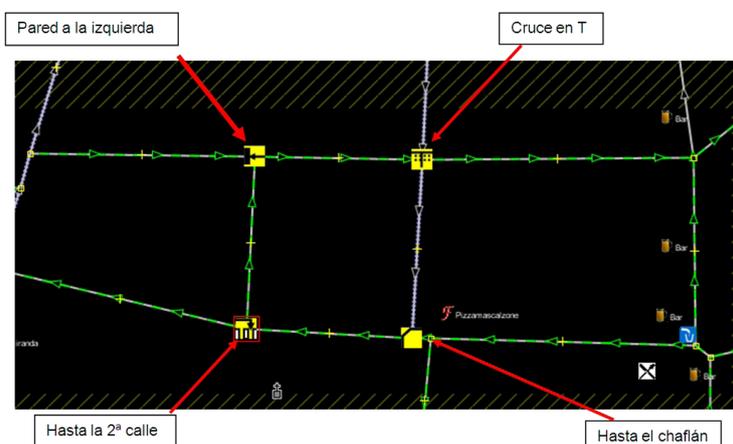
Además de la función de guiado, NavEscort incluye otras funcionalidades, como la de proporcionar información sobre el punto de la ruta en que se encuentra el usuario en cada momento, información sobre puntos de interés alrededor de su posición e información general sobre la ruta, como, por ejemplo, la distancia total, la distancia recorrida, la distancia restante, instrucciones próximas para hacer la ruta, etc.

También se contempla la posibilidad de inclusión por parte del TRI de elementos (POI) que pueden ser de interés para el usuario, así como una utilidad para la detección

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

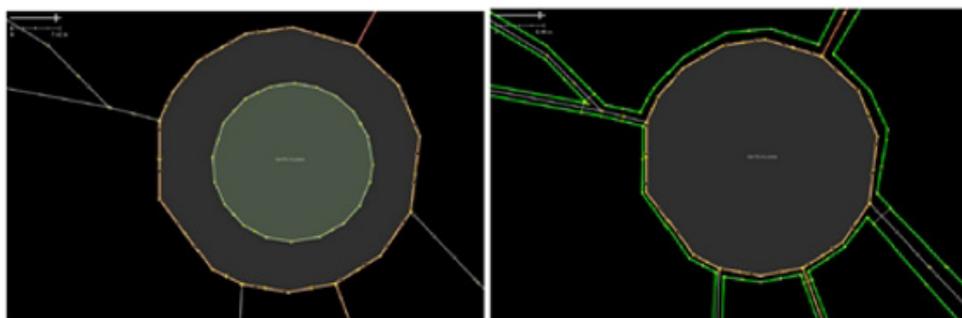
de desvíos significativos de la ruta, proporcionando información para que el usuario vuelva a retomar la posición correcta, incluso en entornos semiurbanos o no urbanos.

Figura 14. Inserción de iconos de instrucciones y elementos en la edición del mapa



Tanto la utilidad TrainerTools como el demostrador NavEscort se utilizan sobre OpenStreetMap, y la estructura de datos generados internamente se aprovecha para crear rutas accesibles para usuarios con discapacidad visual.

Figura 15. Edición de rutas en OpenStreetMap



## Evaluación de NavEscort (*El mago de Oz nos ilustró*)

Debido a que uno de los principales problemas de los sistemas de navegación por satélite es su falta de fiabilidad, para evaluar el demostrador nos propusimos diseñar un experimento en el que se controlara esta variable y no interfiriera en el objetivo de la evaluación, que era el de comprobar la funcionalidad y la accesibilidad al dispositivo y el comportamiento de las aplicaciones. Además, nos

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

propusimos poner en práctica las características que, a nuestro juicio, debían tener una cartografía y el sistema que lo utiliza para que pudieran ser de utilidad para el usuario con discapacidad visual. Las características de este experimento parecían sugerir un tipo de metodología similar a la de *El mago de Oz*,<sup>12</sup> por lo que, con alguna variante, nos pusimos a la tarea de simular por parte de un experimentador la función de un GPS, para lo cual debía llevar un dispositivo que se comunicara con el del usuario y le proporcionara información sobre su localización, POI próximos, explicaciones de los POI, etc. El usuario desconocía esta simulación, y creía que era el propio dispositivo que llevaba el que le estaba guiando en su desplazamiento.

## Las rutas

Antes de diseñar la ruta que debían realizar los usuarios para evaluar el demostrador y debido a la falta de precisión de la cartografía existente para GPS, nos vimos obligados a diseñar una estrategia que, prescindiendo del receptor GPS, permitiera establecer la situación geográfica de los distintos elementos con cierta precisión. Esta estrategia consistió en utilizar un topómetro digital con precisiones de  $\pm 0,5$  % para obtener datos más fiables (v. figura 16).

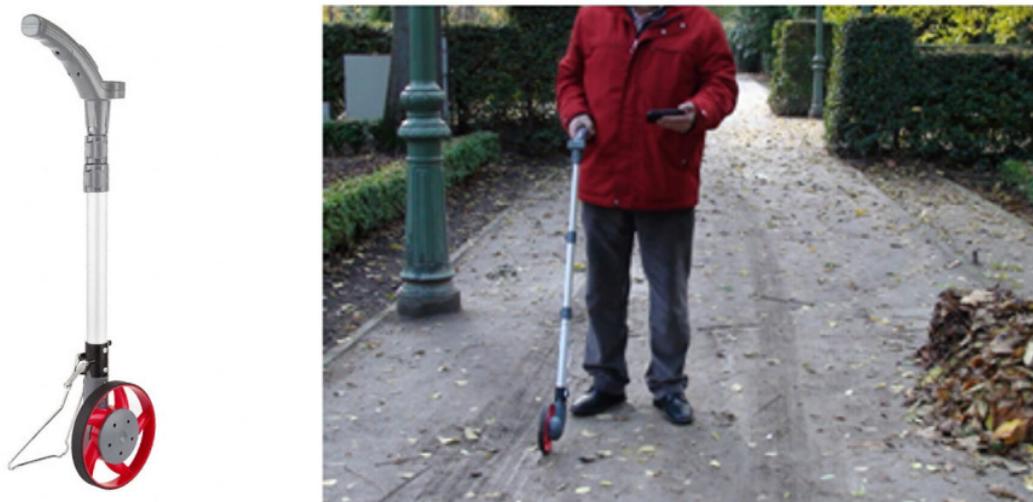
Para desarrollar esta estrategia, dos personas procedieron a referenciar los elementos de la ruta partiendo del comienzo de la calle del trayecto diseñado. El punto óptimo que se considera para la medición depende del objeto. En el caso de portales o entradas de peatones se considera el punto central, de forma que sea indiferente el lado por el que el usuario se aproxime al portal. Esta consideración será distinta para otros POI, como los cruces, por ejemplo, que tendrán referencias acordes con la forma de aproximación del usuario a los mismos.

Las referencias de la medición se realizan en las dos aceras de las calles, par e impar, y se anotan en una hoja Excel con los siguientes datos: código de objeto, nombre, familia de clasificación, distancia desde el último elemento, distancia total desde el comienzo de la calle y observaciones. Este procedimiento nos permitió obtener una base de datos indexada de objetos (mobiliario urbano, referentes geográficos, referentes catastrales).

---

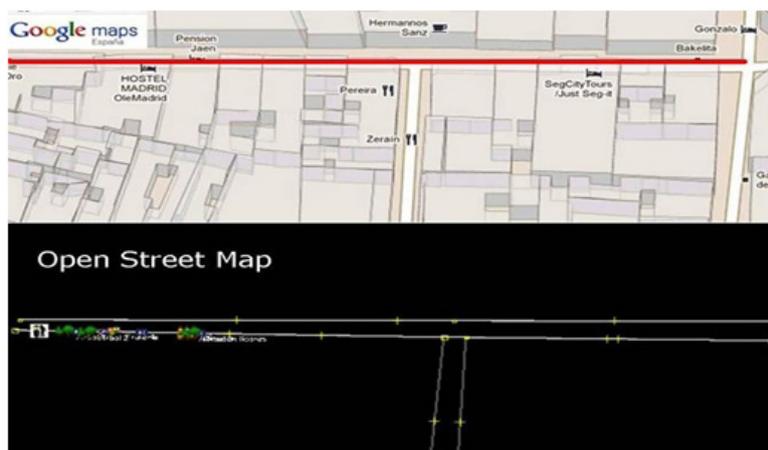
12 La técnica de *El mago de Oz* se utiliza en los experimentos de tipo interacción humano-computador. Esta técnica funciona con un humano que toma el lugar del computador, y al que se conoce como *mago* o *cómplice*. El participante que hará la prueba no sabe de la existencia del mago o cómplice.

Figura 16. Uso del topómetro digital para referenciar elementos



*Edición en Open Street Map:* Una vez tomadas las referencias en metros, se trasladaron al mapa, construyendo un vector por cada acera (par, impar) de la calle. Al trasladar en el mapa las referencias en metros, se obtienen automáticamente las coordenadas geográficas (latitud y longitud), que se pasan a un fichero con formato «gpx» que será leído e interpretado posteriormente por el dispositivo de navegación del usuario.

Figura 17. Mapa original y plano modificado por el editor OSM



*Descripción de la ruta:* Una vez fueron referenciados geográficamente todos los elementos, las rutas diseñadas fueron descritas siguiendo la metodología que utilizan los TRI cuando entrenan a un usuario para realizar una ruta determinada. Incluye,

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

además de las secuencias e instrucciones para desarrollarla, los POI de tipo cultural, que, a su vez, han sido descritos también para ser grabados en voz, de forma que puedan reproducirse cuando el usuario lo requiera.

## ¿Cómo se puso en práctica el experimento de evaluación?

El usuario llevaba un dispositivo y el experimentador otro que se comunicaban inalámbricamente. El dispositivo del **usuario** era un teléfono móvil con sistema operativo Windows Mobile, al que se le ha implementado una interfaz sensible a la pulsación en pantalla táctil y también a las órdenes por voz. La salida de información se proporciona mediante síntesis de voz.

El **experimentador** acompañaba al usuario a una distancia prudencial y llevaba otro dispositivo móvil con Windows Mobile con las mismas aplicaciones de mapas que el usuario, para que cuando este requiriese alguna información, fuera el experimentador quien lanzara el evento por vía inalámbrica, imitando la acción que haría el dispositivo móvil que llevaría el usuario si el GPS tuviera la precisión adecuada.

Figura 18. Usuario realizando la ruta y experimentador próximo a él



## Las rutas

Nos planteamos que para demostrar las utilidades desarrolladas no es imprescindible someter al usuario y al sistema a rutas extremadamente complejas, ya que no debemos olvidar que el Sistema de Posicionamiento Global ayudará al usuario con

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

discapacidad visual a orientarse y a obtener un trayecto seguro desde un punto A a un punto B. Sobre todo, le será de gran utilidad conocer previamente cómo es la ruta que tiene que hacer, cuál es el nivel de accesibilidad y cuáles son los obstáculos o POI más peligrosos en cuanto a seguridad, así como los elementos significativos —como, por ejemplo, los de tipo cultural— por los que podrá pasar a lo largo de su trayecto. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que la autonomía para el desplazamiento de los ciegos no depende del Sistema de Posicionamiento Global, sino de la formación que hayan recibido en técnicas para la movilidad y la orientación, utilizando ayudas de apoyo como el bastón o el perro guía.

Figura 19. Comunicación usuario/experimentador



Figura 20. La autonomía en el desplazamiento no depende del GPS, sino de las técnicas y ayudas que utilice el usuario



Se seleccionaron dos tipos de rutas: una urbana y otra semiurbana. En el desarrollo de la ejecución de ambas rutas, nos planteamos cuáles serían las condiciones adecuadas para que el sistema fuera útil y eficaz para el usuario.

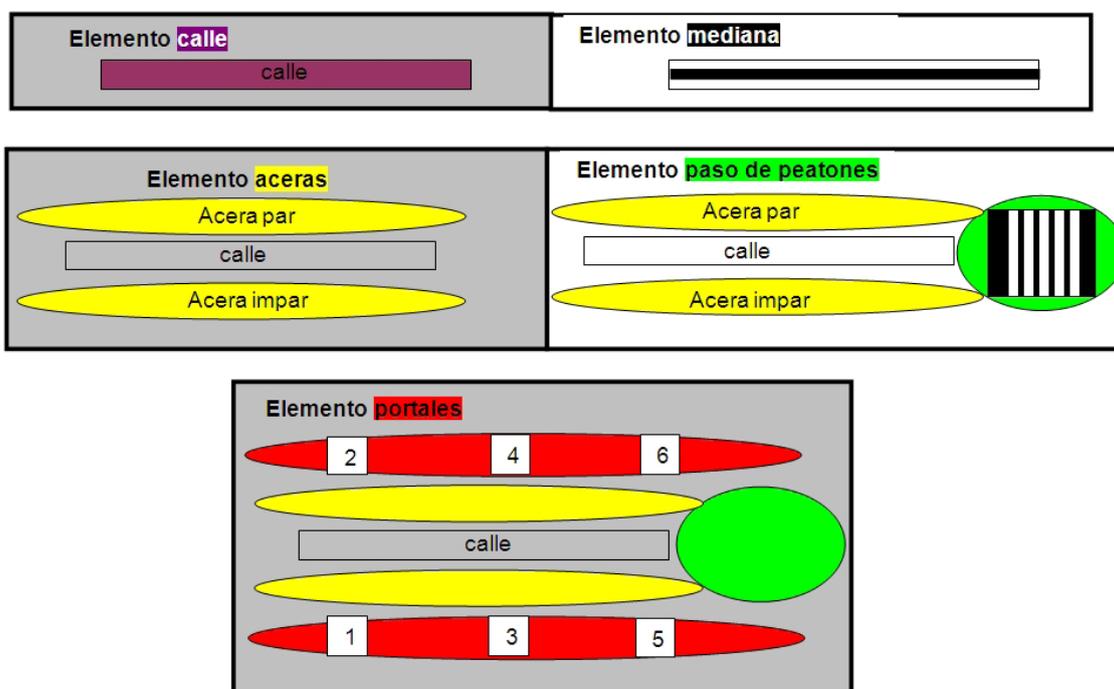
MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 21. Evaluación de NavEscort en entorno urbano



Como ya hemos comentado anteriormente, para realizar correctamente y con seguridad el trazado de una **ruta urbana**, lo fundamental es **un buen GPS con gran precisión**, una **buena metodología para representar y transmitir al usuario la información geográfica** y una **buena cartografía, con descripción a distintos niveles de concreción**, como los siguientes:

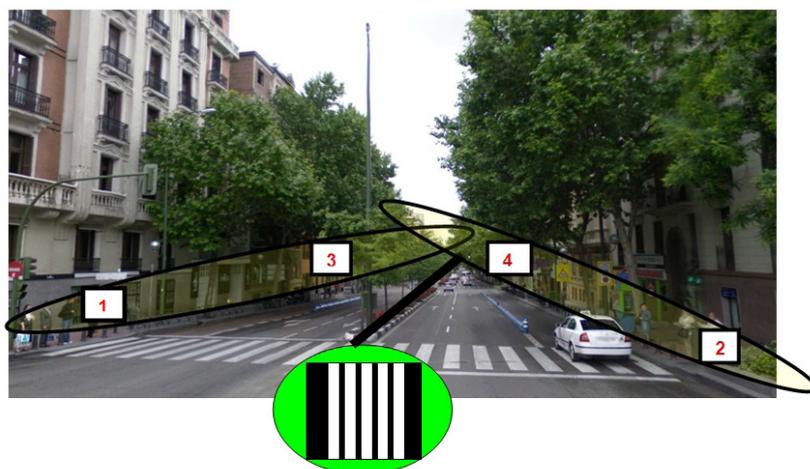
Figura 22. Esquema de elementos a representar en la cartografía digital



MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

- Elemento **calle**.
- Elemento **mediana**.
- Elemento **acera** (par e impar).
- Elemento **paso de peatones** (unirá dos aceras).
- Elemento número de **portal**.
- **Elementos fijos y móviles en la vía pública** e información sobre ellos, sobre todo la peligrosidad que pueden suponer para el usuario en función de su perfil.

Figura 23. Elementos de la vía pública que deberían estar cartografiados



## Resultados de la evaluación de NavEscort

La evaluación se realizó con cuatro usuarios, de los cuales dos eran ciegos y otros dos tenían un resto de visión funcional. Los dos tipos de rutas (urbana y semiurbana) fueron realizados por ambos usuarios con sus diferentes condiciones visuales.

**Condiciones de la prueba:** En todas las pruebas, al usuario le acompañaba un Técnico de Rehabilitación Integral para garantizar su seguridad. Además, iba un experimentador que seguía al usuario a escasos metros para registrar cualquier circunstancia de interés e informar al usuario mediante el dispositivo del experimentador, enviándole —mediante tecnología inalámbrica— las coordenadas exactas, haciendo la función que haría un GPS.

Todo el recorrido fue grabado en vídeo y observado por un experto en técnicas de estudios de usuarios.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Figura 24: Trazados urbano y semiurbano para la evaluación de NavEscort



## Cuestionarios que se han pasado a los usuarios

- Escala de Usabilidad.
- NASA-TLX task load test.
- Escala de Santa Bárbara.
- Entrevista semiestructurada.
- Cuestionario común diseñado *ex profeso* para HaptiMap.

En general, los usuarios mostraron satisfacción en cuanto a la facilidad de uso de las dos modalidades (voz y gestos táctiles en pantalla), aunque, debido al ruido ambiente, los comandos por voz no eran fácilmente identificados por el sistema. Respecto a las partes difíciles de utilizar, manifestaron que la interacción mediante gestos táctiles les obligaba a utilizar las dos manos, siendo esto molesto ya que en una debían portar el bastón.

Respecto a lo que añadirían al sistema/aplicación opinó un sujeto que sería bueno añadir una funda para llevar el dispositivo sujeto al cinturón de forma ergonómica, así como utilidades para regular la velocidad de verbalización de mensajes y la indicación en forma de horas de reloj para mostrar la orientación y la dirección.

Cuando se preguntó a los usuarios qué partes eliminarían del sistema, un usuario contestó que «los comandos de voz», por el ruido ambiente de la calle, que los hacía inútiles. Además, debían eliminarse los mensajes reiterativos o redundantes, así como información intermedia innecesaria que tiende a saturar la atención auditiva, muy necesaria para prestar atención a los ruidos del ambiente.

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Tres de los cuatro usuarios terminaron la tarea (realización del recorrido). El usuario que no consiguió finalizar fue por problemas técnicos (batería del dispositivo agotada).

Cuando se les presentó algún problema para la realización de la ruta, este se solventó mediante la «utilización de la intuición», «escuchar la información del dispositivo y actuar en consecuencia», «volver a repetir la orden y, cuando se bloqueaba, pedir ayuda al experimentador», o «utilizando como ayuda el bastón y técnicas de orientación».

En general, la satisfacción con la realización de la prueba fue valorada como alta, excepto en un caso, en el que, por problemas del dispositivo, se valoró de forma deficiente.

Sobre la preferencia de realizar la ruta con el dispositivo/aplicación o sin él, todos se manifestaron en sentido positivo. Además, recomendarían su uso en otros contextos y a sus amigos, siempre y cuando técnicamente funcionara bien. Se manifestaron favorables a volver a utilizar el sistema.

Preguntados sobre si habían prestado más atención al entorno o al dispositivo/aplicación, dos usuarios manifestaron que a la aplicación, uno al entorno, y uno a ambos.

A la pregunta de si habían prestado más atención a las personas del entorno o a su propio pensamiento, los cuatro manifestaron que a su propio pensamiento.

## Conclusiones

Quizá la conclusión más destacada es que la estrategia utilizada<sup>13</sup> para solventar los problemas existentes, tanto en la cartografía como en la precisión de los GPS, se ha revelado como adecuada para mostrar gráficamente cómo podrían mejorarse los procesos que inciden en la ejecución de una ruta por parte de una persona con discapacidad visual. Esta afirmación está avalada por los resultados de las pruebas, en las que —cuando los dispositivos funcionaron correctamente— los usuarios se mostraron muy satisfechos por la ayuda que les habían proporcionado.

---

13 Registro de referencias en metros de cada objeto de la ruta (POI) utilizando el topómetro digital, obtención de las coordenadas mediante uso de planos digitales *online*, edición en Open Street Map para trasladar los objetos y participación del experimentador simulando el uso de un GPS, proporcionando al usuario las coordenadas a través de comunicación inalámbrica y no por la información proporcionada por satélites.

Aun habiendo realizado pruebas pretest, durante las pruebas reales se presentaron variables no controladas, como, por ejemplo, ruido excesivo por presencia de obras en la vía pública o el hecho de que los equipos y aplicaciones diseñadas tuvieron un comportamiento no muy bueno durante el primer día. Estas deficiencias de funcionamiento fueron resueltas para el segundo día de las pruebas.

La interfaz de voz requiere un micrófono capaz de registrar los sonidos de los usuarios y de aislar del ruido ambiente. De lo contrario, no es posible obtener buenos resultados.

La interfaz por gestos táctiles puede entorpecer —cuando se requiera ejecutar un número alto de acciones— el normal desarrollo de la realización de la ruta, y puede dificultar el manejo del bastón como ayuda de apoyo para el usuario.

El itinerario semiurbano elegido para la evaluación (Jardín Botánico) fue sometido a prueba en invierno, mientras que las pruebas reales se han realizado en primavera con condiciones —tanto ambientales como de público asistente— muy diferentes, dificultando la realización de las pruebas reales por exceso de luz (deslumbramientos solares), problemas sanitarios (al padecer un usuario de alergia a las gramíneas) y un exceso de visitantes al recinto que dificultaban la marcha del usuario.

Por lo que respecta a la ruta urbana, debemos aceptar que su elección no estuvo acertada, ya que al ser de uso mixto —peatonal-tráfico— se presentaron situaciones de verdadero peligro que debieron ser resueltas con la intervención del TRI, contaminando de esta forma la prueba.

La experiencia fue satisfactoria para los usuarios que encontraron ventajas en el sistema utilizado, sobre todo en la prueba de la ruta por el Real Jardín Botánico, ya que, aun siendo en campo abierto y carecer de referencias para la orientación y el desplazamiento, no obstante pudieron realizarla sin demasiadas dificultades.

## Conclusiones de los logros alcanzados por HaptiMap

Se ha conseguido identificar qué información de las suministradas por los sistemas de posicionamiento global es relevante para el usuario en distintas situaciones y tareas, mostrándose técnicas para representar y hacer accesible esta información multimodalmente, y sobre cómo implementarla a través de *software*. Además se ha

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

especificado cómo debería ser filtrada y presentada la información en función del contexto y de la tarea a realizar.

Se ha conseguido mejorar las prácticas de diseño mediante la sensibilización de la industria y el desarrollo de métodos que supongan un apoyo a iniciativas de inclusión en los problemas de accesibilidad. También se ha logrado que esté presente en las prácticas de diseño industrial, dentro del campo de los Sistemas de Posicionamiento Global. Con los nuevos métodos y directrices de diseño desarrollados en este proyecto se pretende contribuir a que los futuros diseñadores y desarrolladores de productos estén más preparados para el diseño de sistemas accesibles.

Los productos obtenidos ayudarán a los desarrolladores de sistemas geoespaciales, proporcionando un conjunto de herramientas que contienen módulos de *software* y *hardware* utilizables directamente, contribuyendo al diseño accesible en el desarrollo de sistemas geoespaciales (a través de directrices básicas de diseño).

## Conclusiones del demostrador NavEscort

El demostrador NavEscort es un prototipo experimental que persigue dos objetivos: por un lado, servir de plataforma para mostrar las herramientas y aplicaciones desarrolladas, y, por otra, como trabajo experimental que se erija en referente de lo que debería ser un Sistema Integral de Posicionamiento Global que pudiera ser utilizado por personas con discapacidad visual.

La estrategia utilizada para solventar los problemas existentes, tanto en la cartografía como en la precisión de los GPS, se ha revelado como adecuada para mostrar gráficamente cómo y qué debería mejorarse en los procesos que inciden en la ejecución de una ruta por parte de una persona con discapacidad visual. Esta afirmación está avalada por los resultados de las pruebas, de las que —cuando los dispositivos funcionaron correctamente— los usuarios se mostraron muy satisfechos por la ayuda que les habían proporcionado.

El enfoque multimodal en la interacción usuario/dispositivo es una solución que puede ofrecer buenos resultados para todas las personas. La interfaz de voz requiere un micrófono capaz de registrar los sonidos de los usuarios y aislar del ruido ambiente. De lo contrario, no es posible obtener buenos resultados.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

Cuando se requiera ejecutar un número alto de acciones utilizando la interfaz por gestos táctiles en pantalla, se puede entorpecer el normal desarrollo de la realización de la ruta y puede dificultar el manejo del bastón como ayuda de apoyo para el usuario, por lo que debe ser contemplado como un recurso de apoyo a la interfaz por voz.

La técnica utilizada para resolver rutas semiurbanas (Jardín Botánico) —consistente en la emisión de un sonido selectivo en cada oído en función del desvío producido por el usuario respecto al eje imaginario de la ruta— parece ser eficaz en la orientación del usuario cuando no se dispone de referentes geográficos, tal y como ocurre en campo abierto. Sin embargo, debido a que la evaluación se realizó en condiciones de ruido ambiente elevado, requiere ser sometido a nuevas pruebas con procedimientos que eviten la contaminación de la evaluación por esta variable.

Los auriculares clásicos de botón limitan en los usuarios la capacidad de audición de fuentes externas de sonido, por lo cual se realizaron pruebas con el auricular especial Audio Bone,<sup>14</sup> que no requiere que se introduzca en el pabellón auditivo, sino que se sitúa cerca de la oreja y transmite el sonido de forma ósea, siendo compatible con la escucha de sonidos externos. Sin embargo, las opiniones de los usuarios que los probaron no arrojaron resultados positivos ni diferenciadores respecto a los auriculares clásicos de botón.

## Referencias bibliográficas

HÄHNEL, D., BURGARD, W., FOX, D., FISHKIN, K. P., y PHILIPPOSE, M. (2003). *Mapping and localization with RFID technology* [formato PDF]. Informe técnico IRS-TR-03-014, Seattle (EE. UU.): Intel Corporation.

KETTUNEN, P., y SARJAKOSKI, L. T. (2011). A context-sensitive wayfinding ontology for hiking based on an empirical study. En: R. MORATZ, y N. GIUDICE (eds.), *Extended abstracts from the Poster Session of the Conference on Spatial Information Theory: COSIT'11*, 12-16 de septiembre de 2011, Belfast, Maine, EE. UU.

KOVANEN, J., KELLY, P., FERGUSON, S., y SARJAKOSKI, T. (2011). Assessment of geospatial data access and operations of the multi-platform open-source HaptiMap Toolkit. En: *Proceedings of the GI Norden Conference 2011*, Turku, Finlandia, 7-9 de junio de 2011.

---

14 <<http://www.audioboneheadphones.com/>>.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.

- LAAKSO, M., SARJAKOSKI, T., y SARJAKOSKI, L. T. (2011). Improving accessibility information in pedestrian maps and databases. *Cartographica*, 46(2), p. 101-108.
- LAHAV, O., y MIODUSER, O. (2008). Haptic-feedback support for cognitive mapping of unknown spaces by people who are blind. *Int. J. Human-Computer Studies* 66, 23-35.
- POPPINGA, B., MAGNUSSON, Ch., PIELOT, M., y RASSMUS-GRÖHN, K. (2011). *TouchOver Map: audio-tactile exploration of interactive maps* [formato PDF]. Ponencia presentada en MobileHCI 2011, 20 de agosto-2 de septiembre de 2011, Estocolmo, Suecia.
- RENTERÍA, A., y DOMÍNGUEZ, A. (2010). Making location based services and mobile devices accessible to dependant people: the HaptiMap project. En: *Proceedings. 1<sup>st</sup> International ÆGIS Conference*, Sevilla, 7-8 octubre de 2010, p. 136-142.
- RENTERÍA, A., DOMÍNGUEZ, A., MUÑOZ, J. A., y LORENTE, J. L. (2009). *Mobile Systems and services for guidance of dependant people* [formato PDF]. En: *Proceedings of AALIANCE Conference*, Málaga, España.
- TSUJI, B., LINDGAARD, G., y PARUSH, A. (2005). *Landmarks for navigators who are visually impaired* [formato PDF]. Ponencia presentada en la 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, 9-16 de julio, La Coruña, España.
- UNGAR, S., JEHOEL, S., MCCALLUM, D., y ROWELL, J. (2005). *«Tactualization» of spatial information: towards a perceptual-cognitive approach to tactile map design* [formato PDF]. Ponencia presentada en la 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, 9-16 de julio, La Coruña, España.

---

MUÑOZ, J. A., y BLOCONA, C. (2011). Haciendo accesibles a las personas con discapacidad visual los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS): el Proyecto HaptiMap. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 7-41.