

# SmartMoving: una aplicación para peatones con movilidad reducida <sup>\*</sup>

Mónica Fatecha<sup>1</sup>, Patricia Fauvety<sup>1</sup>, Nathalie Aquino<sup>1</sup>, Magalí González<sup>1</sup>,  
Daniel Romero<sup>1</sup>, Luca Cernuzzi<sup>1</sup>, Javier Paniagua<sup>2</sup>, and Ronald  
Chenú-Abente<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”  
monica.fatecha@uc.edu.py, patyfauvety@gmail.com,  
nathalie.aquino@uc.edu.py, mgonzalez@uc.edu.py, lcernuzz@uc.edu.py

<sup>2</sup> Universidad de Trento  
jpaniagualaconich@gmail.com, chenu@disi.unitn.it

**Abstract.** En la ciudad de Asunción existen problemas de movilidad urbana. Uno de los problemas es el estado de las veredas, por falta de rampas, existencia de desniveles, obstrucciones, entre otros. En este trabajo presentamos la herramienta SmartMoving, que recolecta información sobre el estado de las veredas, con ayuda de la ciudadanía, y recomienda caminos peatonales con menos obstáculos. SmartMoving es una aplicación móvil que puede ser especialmente útil para personas con movilidad reducida. En ese sentido, la aplicación fue probada por personas que usan sillas de ruedas. La evaluación de usabilidad que realizaron arrojó resultados preliminares positivos.

**Keywords:** Movilidad peatonal, movilidad reducida, reporte ciudadano, visualización en mapa, recomendación de caminos.

## 1 Introducción y motivación

Caminar por las calles de Asunción implica encontrar veredas deterioradas, desperdicios, obras de construcción y actividades comerciales que bloquean el tránsito libre y seguro. Todo esto implica que, muchas veces, los peatones se ven obligados a transitar por la calzada vehicular, con la incomodidad y los peligros que ello conlleva. Según datos facilitados en una entrevista con actores de la Municipalidad de Asunción, en el año 2018 se recibieron un total de 1836 denuncias relacionadas a problemas en las veredas (749 por obstrucción y ocupación, 686 relacionadas a construcción y reparación, 213 por falta de rampas y 188 por desniveles). Cabe señalar que el trabajo de controlar el estado de las veredas está a cargo de solo seis funcionarios municipales, a quienes les lleva tiempo verificar las denuncias y notificar a los respectivos responsables.

---

<sup>\*</sup> Este trabajo es cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con recursos del FEEL, en el marco del proyecto “SmartTraffic: sistemas colectivos adaptativos para una ciudad inteligente” (PINV15-166).

Por otra parte, según una encuesta realizada en Paraguay en el año 2017, el 94% de los encuestados posee un smartphone y el 86% lo tiene conectado a Internet [7]. Por ende, aprovechando la disponibilidad local de smartphones conectados a Internet, este trabajo propone la utilización de dicha tecnología para recolectar datos relacionados al estado de las veredas para mejorar la movilidad peatonal en la ciudad de Asunción. Es así que proponemos la herramienta SmartMoving, una aplicación que utiliza tecnología para paliar la dificultad de circular por veredas en mal estado, con la ayuda de los mismos peatones que proporcionan información sobre el estado de las veredas. Cabe mencionar que SmartMoving no apunta a la reparación de las veredas en sí, sino en ayudar al peatón en el uso de las mismas, proporcionando información sobre caminos alternativos con menos dificultades para transitar por las calles. Este tipo de soluciones puede ser particularmente útil para personas con movilidad reducida (por ejemplo, personas que utilizan sillas de ruedas o bastones). Además, la información sobre el estado de las veredas puede ser útil para los funcionarios del sector de intervención en el dominio público de la municipalidad.

SmartMoving fue desarrollada siguiendo una metodología de diseño centrado en el usuario [2]. Sus principales funcionalidades permiten que los usuarios reporten problemas u obstáculos en las veredas y consulten caminos peatonales con menos dificultades. Este artículo se enfoca en presentar la herramienta SmartMoving, sus funcionalidades principales y algunas estrategias de la implementación. Se presenta también una validación de la usabilidad de la herramienta. Dicha validación fue llevada a cabo con la participación de usuarios con movilidad reducida.

El resto del documento tiene la siguiente estructura: en la sección 2 se presentan trabajos académicos y aplicaciones móviles relacionadas a SmartMoving; en la sección 3 se presenta la herramienta SmartMoving, incluyendo la descripción de sus características, la implementación y la evaluación de la misma; por último, en la sección 4 se presenta la conclusión del trabajo.

## 2 Trabajos relacionados

Entre los trabajos relacionados a SmartMoving, se identifican los siguientes trabajos académicos que ofrecen la posibilidad de identificar obstáculos en las veredas y/o de elegir caminos alternativos:

- *mPASS* [5,6] es un prototipo de un sistema que indica rutas personalizadas accesibles. Tiene tres tipos de reportes: de sensores, de usuarios y de autoridades. Para evaluar el prototipo en una primera fase involucraron a 60 usuarios con algún tipo de discapacidad, se utilizó un cuestionario y la presentación de la interfaz de *mPASS* a través de mockups. Luego desarrollaron la solución y, en la segunda fase, hicieron test del prototipo con 10 usuarios con algún tipo de discapacidad. La evaluación consistía en utilizar la funcionalidad de recomendación de camino, aplicando la técnica *thinking aloud*. A pesar de que actualmente la aplicación no está disponible para la

descarga, este proyecto muestra diversos aspectos positivos y en particular, en la primera etapa de validación ha contado con la participación de un importante número de usuarios. Sin embargo, las funcionalidades que implementaron y los tipos de incidentes que un usuario puede reportar, son distintos a los de SmartMoving.

- *CrowdWatch* [8] ayuda a peatones distraídos alertando acerca de obstáculos temporales (por ejemplo, auto, basura, etc.) de manera automática mediante los sensores de GPS, aceleración y orientación del dispositivo smartphone, y recomendando de qué lado de la vereda deben pasar. Al no tener forma de reconocer qué tipo de obstáculo está detectando, para confirmarlo se recurre a un segundo usuario que pasa por el mismo lugar y se le habilita la cámara del dispositivo para que tome una foto del obstáculo. Para evaluar las prestaciones de *CrowdWatch* se realizó un experimento con 30 voluntarios. La evaluación se enfocaba en la prueba de las funcionalidades, no en la respuesta y comportamiento que el usuario tenía al utilizar la aplicación.
- *ParticipAct* [1] es una plataforma que permite visualizar un mapa de una ciudad incluyendo información sobre puntos de interés y barreras arquitectónicas (por ejemplo, escaleras, andamios). Evaluaron la plataforma con respecto al consumo de recursos (memoria y CPU) de los dispositivos de los usuarios.

Por otra parte, también hemos explorado aplicaciones móviles, comerciales o no, relacionadas a SmartMoving. Hemos partido del objetivo de descargar, instalar y probar las aplicaciones, en especial lo relacionado a los reportes que puede hacer un usuario y la funcionalidad de recomendación de caminos peatonales, pero algunas aplicaciones no estaban disponibles en Paraguay, y las que sí lo estaban, no tenían usuarios ni datos cargados sobre las veredas de Paraguay.

- *CIT2ADM For Pedestrians*<sup>3</sup> permite al usuario reportar cualquier problema que encuentra cuando está caminando por la vereda (iluminación de las aceras, obstáculos, paso de cebra, etc.). Esta herramienta ayuda al municipio a simplificar y optimizar los procesos y filtrar toda urgencia en tiempo real. El uso de la misma, requiere de un pago por parte de la municipalidad.
- *Accessibility Plus*<sup>4</sup> permite consultar puntos de interés libres de barreras de accesibilidad (baños, gasolineras, etc.). El usuario puede reportar puntos de interés accesibles, incidencias, y programar viajes y rutas libres de barreras. La aplicación está disponible en España.
- *GoogleMaps*<sup>5</sup> es una aplicación de uso general. Uno de los servicios específicos que ofrece es la navegación para personas que utilizan silla de ruedas, en donde recomienda rutas que sean accesibles y libres de barreras. Sin embargo, este servicio específico está disponible solo en algunas ciudades del mundo.

<sup>3</sup> <https://www.cit2adm.com/p/cit2adm-for-pedestrians>

<sup>4</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.sdos.accessibility&hl=en>

<sup>5</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=en>

- *WheelMap*<sup>6</sup> muestra en un mapa los lugares (bares, baños, supermercados, etc.) accesibles y el usuario puede contribuir reportando si es completamente, parcialmente o no accesible. La aplicación está disponible en Paraguay.

SmartMoving ofrece servicios que no están disponibles en Paraguay: información sobre el estado de las veredas y navegación peatonal reduciendo la cantidad de obstáculos. Además, destacamos que el diseño y el desarrollo de la solución se ha basado en un proceso de participación continua de los usuarios, siguiendo la metodología de diseño centrado en el usuario.

### 3 La solución SmartMoving

Como ya se ha mencionado, SmartMoving tiene como objetivo proporcionar al usuario información sobre el estado de las veredas cerca de su ubicación actual y recomendar caminos peatonales con menos obstáculos hasta un destino. Los mismos usuarios serán los encargados de aportar información a SmartMoving sobre inconvenientes detectados en las veredas.

En ese contexto, sus funcionalidades principales son: 1) visualizar caminos peatonales con reportes de obstáculos; 2) crear y reubicar reportes de obstáculos; 3) recomendar caminos con menos obstáculos; y 4) configurar niveles de gravedad de obstáculos.

A la izquierda en la Figura 1 se presenta la pantalla principal de SmartMoving. En la misma se visualiza un mapa de los alrededores de la ubicación del usuario y los reportes POI (*Point Of Interest*) que ya fueron reportados previamente por distintos usuarios. Los reportes POI están representados con *markers* o marcadores de distintos colores y formas. Conforme la metáfora del semáforo, el marcador verde circular representa un reporte positivo, el amarillo triangular representa un reporte negativo leve y el rojo triangular representa un reporte negativo grave.

<sup>6</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.wheelmap.android.online&hl=en>



Fig. 1. Capturas de pantallas de la herramienta SmartMoving

Los diferentes tipos de reportes POI son incidencias comunes que un ciudadano puede encontrar al caminar por las veredas: rampa en esquina, parada en que pasa bus accesible, vereda en mal estado, vereda inexistente, pendiente, escalera o grada, vehículo en vereda, obstáculo, calle empedrada, sin rampa en esquina. Los íconos de algunos de estos tipos de reporte se visualizan tanto en el mapa como en la parte inferior de la primera pantalla de la Figura 1. Los de la parte inferior, permiten al usuario crear un nuevo reporte del tipo seleccionado.

Si el usuario presiona alguno de los reportes POI que se visualizan en el mapa de la primera pantalla de la Figura 1, pasará a visualizar la segunda pantalla, en la que se presentan más detalles sobre el reporte POI seleccionado. Además, el usuario podrá contribuir a la información de SmartMoving confirmando la existencia y persistencia del reporte POI (por ejemplo, un vehículo que sigue estacionado en una vereda) o bien, indicando que ese reporte POI ya está solucionado y ha dejado de ser un obstáculo (por ejemplo, el vehículo ya fue retirado de la vereda). Para estos fines, se presentan dos botones, uno para confirmar la existencia del incidente/evento y el otro para marcarlo como solucionado.

Por su parte, la pantalla de la derecha de la Figura 1 permite al usuario categorizar los reportes negativos como leves o graves, según su parecer.

En la Figura 2 se encuentra la secuencia de pantallas relacionada a la funcionalidad de recomendación de camino. Si el usuario presiona la barra que dice “Buscar Camino” que se encuentra en la parte superior de la primera pantalla, se habilitará el teclado para ingresar el destino deseado. Una vez escrito el nombre de la calle destino, aparecerá una lista de direcciones donde puede seleccionar una de ellas, como se puede visualizar en la segunda pantalla. Al seleccionar una dirección, pasará a la tercera pantalla, donde se visualiza el marcador de color rojo en el mapa, ubicado en la dirección que se haya seleccionado. En esta pantalla se le da la opción al usuario para reubicar el destino. Una vez que seleccione el botón “Iniciar”, pasará a visualizar la cuarta pantalla, donde se presenta el camino recomendado a través de líneas de color azul pintadas desde la ubicación del usuario hasta el destino. Durante el recorrido, el usuario puede crear y contribuir reportes POI. Cuando llega al destino, pasará a la quinta pantalla, donde se visualiza una ventana que indica que ha llegado al destino y se le pide una valoración sobre el camino recomendado, de 1 a 5 estrellas. Cuando el usuario presiona el botón “Aceptar”, pasa a la primera pantalla de la Figura 2.

### 3.1 Estrategias utilizadas en la implementación

En esta sección describimos un par de estrategias que definimos para la implementación de la aplicación SmartMoving.

**Verificación de reportes POI:** Para verificar los datos que obtenemos con la ayuda de los usuarios, creamos un sistema de puntuación de reportes POI con el objetivo de evitar la generación de datos falsos. Cada reporte POI recibe contribuciones de los usuarios, y definimos dos tipos de contribuciones: la primera es la confirmación de existencia o persistencia; y la segunda es de contribuciones

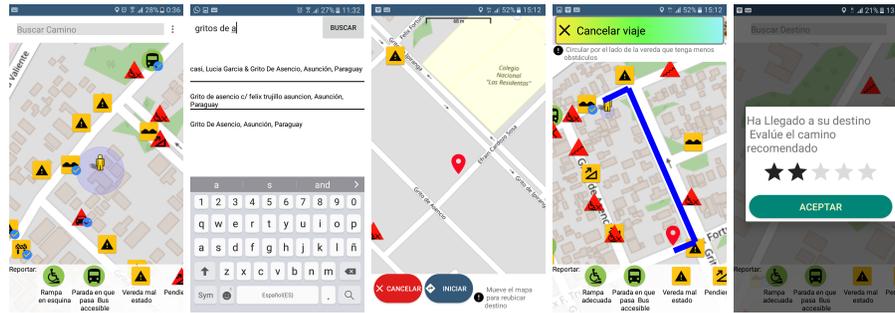


Fig. 2. Secuencia de pantallas para recomendación de camino

de inexistencia o ausencia de una incidencia. Cada reporte POI tiene un estado y definimos tres tipos de estados: *desconocido*, cuando la cantidad de contribuciones de existencia e inexistencia es menor a 3; *confirmado*, cuando tres o más usuarios hayan contribuido la existencia o persistencia del reporte POI; *resuelto*, cuando tres o más usuarios hayan contribuido la inexistencia o ausencia del reporte POI. Cuando un usuario crea un nuevo reporte POI, se le asigna el estado *desconocido*. Por un lado, los reportes POI que tienen estado desconocido y confirmado serán visibles en el mapa y por el otro lado, los que tengan estado resuelto no serán visibles en el mapa de la aplicación.

**Recomendación de caminos:** La herramienta SmartMoving utiliza los datos y varias de las herramientas ofrecidas por OpenStreetMap <sup>7</sup>. Para la funcionalidad de recomendación de caminos utilizamos la extensión *PgRouting*, que es un servicio que provee la funcionalidad geospacial de ruteo. Utilizamos el algoritmo *K-Shortest Path* que está basado en el algoritmo de Yen, donde “K” es el número de caminos más cortos deseados. En SmartMoving, la recomendación de caminos consiste en buscar tres rutas alternativas de un origen a un destino, donde se toma en cuenta los reportes POI que hay en la zona. Cada ruta posee un costo, que está definido por *PgRouting*, y al que le agregamos un costo adicional relacionado a los reportes POI que están en cada ruta. El costo adicional que definimos por cada reporte POI depende de cómo el usuario configuró los reportes POI en negativos leves y graves. Los reportes negativos leves tienen un costo adicional de 0.0001 y los reportes negativos graves tienen un costo adicional de 0.002. Definimos estos costos adicionales de tal manera que al calcular un nuevo camino, tome la ruta que contienen la menor cantidad de reporte negativos. Una vez que se obtienen los nuevos costos, se ordenan las 3 rutas alternativas según el nuevo costo. En la aplicación se visualizará la ruta con el menor costo.

SmartMoving ha sido implementado para el sistema operativo Android. El código fuente del servidor se encuentra en <https://github.com/SmartTrafficPY/>

<sup>7</sup> <https://www.openstreetmap.org/about>

[smartcity-asuncion](https://github.com/SmartTrafficPY/smartmoving). El código fuente del cliente se encuentra en <https://github.com/SmartTrafficPY/smartmoving>.

### 3.2 Evaluación de usabilidad

Se ha realizado una evaluación preliminar de SmartMoving, con el objetivo de obtener una percepción acerca de su utilidad, calidad de información y de interfaz, y usabilidad general, utilizando el cuestionario CSUQ (Computer System Usability Questionnaire) [3,4]. Para ello, se contó con la participación de tres usuarios de género masculino, dos de ellos se movilizan en silla de ruedas y uno se moviliza en una patineta. Los usuarios, acompañados por un evaluador, utilizaron SmartMoving en las veredas, para ir hasta un destino cercano (unos 400 metros). Cada usuario utilizó la aplicación SmartMoving emulada en un smartphone de sistema operativo Android (versión 23). Previamente, el evaluador había cargado la información acerca del estado de las veredas en la zona donde se realizó la evaluación. Una vez terminado el recorrido, el evaluador le entregó al usuario el cuestionario de usabilidad CSUQ. El cuestionario tiene un total de 16 preguntas (las mismas se pueden ver en <https://drive.google.com/file/d/1xB5XBb45ZH1BjfQfeAwB39Dbslqa8Zqw/view?usp=sharing>). Las preguntas se contestan usando una escala Likert de 7 puntos, siendo el 1 el mejor puntaje de conformidad del usuario (fuertemente de acuerdo) y el 7 el peor puntaje (fuertemente en desacuerdo).

Las preguntas del 1 al 6 se orientan a medir la percepción de utilidad del sistema, y obtuvimos un promedio de 1.55. Las preguntas del 7 al 12 fueron definidas para medir la percepción de la calidad de información, y obtuvimos un promedio de 1.61. En ambos casos, el puntaje obtenido implica que los tres usuarios están de acuerdo con una percepción positiva acerca de la utilidad del sistema y la calidad de la información. Las preguntas del 13 al 15 son para evaluar la calidad de las interfaces. En este caso obtuvimos un promedio de 1.16, lo que implica que los usuarios están fuertemente de acuerdo con una percepción positiva acerca de la calidad de las interfaces. Finalmente, al considerar en conjunto las preguntas de la 1 a la 16 se obtiene una percepción acerca de la usabilidad general de la aplicación. En este caso, obtuvimos un promedio de 1.47, lo que corresponde a estar de acuerdo con una percepción positiva acerca de la usabilidad general de SmartMoving.

Si bien esta evaluación ha involucrado a un número pequeño de usuarios, los resultados positivos que hemos obtenido nos alientan a realizar posteriormente otras evaluaciones de mayor envergadura. Cabe también señalar que el retorno de los usuarios acerca de la aplicación ha sido positivo.

## 4 Conclusión

En este trabajo presentamos la solución SmartMoving como una herramienta de ayuda para los peatones para moverse en las vías públicas, en especial para aquellos que tienen movilidad reducida. Como no hay una base de datos que

contenga información sobre el estado de las veredas en Asunción, esta solución será la primera en generar estos datos con la ayuda de la contribución de los usuarios.

En la evaluación de la herramienta se obtuvieron resultados favorables y comentarios positivos de parte de los usuarios, quienes afirmaron que SmartMoving les será de gran ayuda. Esta solución puede también servir a la municipalidad para gestionar denuncias sobre las veredas que no cumplen con el reglamento vigente, y a los encargados de recorrer las zonas para hacer el seguimiento de cada denuncia. Al obtener información sobre el estado de las veredas, se podrá analizar la dimensión de la gravedad del problema y proponer soluciones necesarias. También se podría incorporar otra información útil para otro perfil de usuarios (por ejemplo, ciclistas, turistas, entre otros), y así ampliar el alcance de la aplicación.

## References

1. Cortellazzi, J., Foschini, L., Rolt, C.R.D., Corradi, A., Neto, C.A.A., Alperstedt, G.D.: Crowdsensing and proximity services for impaired mobility. In: 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC). pp. 44–49 (June 2016). <https://doi.org/10.1109/ISCC.2016.7543712>
2. Garreta Domingo, M., Mor Pera, E.: Diseño centrado en el usuario. Universitat Oberta de Catalunya (2010)
3. Lewis, J.R.: IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction* **7**(1), 57–78 (1995). <https://doi.org/10.1080/10447319509526110>, <https://doi.org/10.1080/10447319509526110>
4. Lewis, J.R.: Measuring perceived usability: The csuq, sus, and UMUX. *International Journal of Human-Computer Interaction* **34**(12), 1148–1156 (2018). <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1418805>, <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1418805>
5. Mirri, S., Prandi, C., Salomoni, P.: Personalizing pedestrian accessible way-finding with mpass. In: 2016 13th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC). pp. 1119–1124 (Jan 2016). <https://doi.org/10.1109/CCNC.2016.7444946>
6. Prandi, C., Salomoni, P., Mirri, S.: mpass: Integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility. In: 2014 IEEE 11th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC). pp. 591–595 (Jan 2014). <https://doi.org/10.1109/CCNC.2014.6940491>
7. Secretaría Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación: Encuesta sobre acceso y uso de internet en paraguay. <http://gestordocumental.senatics.gov.py/share/s/ntjnuNLeT8u3gbAHC6WeVw> (2017)
8. Wang, Q., Guo, B., Wang, L., Xin, T., Du, H., Chen, H., Yu, Z.: Crowdwatch: Dynamic sidewalk obstacle detection using mobile crowd sensing. *IEEE Internet of Things Journal* **4**(6), 2159–2171 (Dec 2017). <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2750324>