

Desarrollo de un APP para la referenciación funcional de la población con discapacidad visual

Caso de prueba Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), Bogotá.

Development of an APP for the functional referencing of the population with visual disability

Test case Integrated Public Transport System (SITP), Bogotá

Fredys A. Simanca H.

Universidad Libre
Bogotá, Colombia

Docente Investigador - Universidad Libre
Fredysa.simancah@unilibre.edu.co

Pablo E. Carreño H.

Universidad Libre
Bogotá, Colombia

Docente Investigador - Universidad Libre
pabloe.carrenoh@unilibre.edu.co

Fabian Blanco Garrido

Universidad Libre

Docente Investigador - Universidad Libre
Bogotá, D.C., Colombia
fabian.blancog@unilibre.edu.co

Mauricio Alonso Moncada

Universidad Libre

Bogotá, Colombia
Docente Investigador – Universidad Libre
Mauricio.alonso@unilibre.edu.co

Resumen — Los avances en el campo de la geo-referenciación satelital ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que ayudan a poblaciones en condiciones de especial vulnerabilidad, en este caso, con discapacidad visual, concepto que incluye a las personas con invidencia total y la baja visión permanente. En Colombia las personas con mayores casos de discapacidad visual se encuentran en la zona central, en el caso de Bogotá hay casos considerables, según el número de la población, que requieren atención en las diferentes localidades, por tal motivo, se han creado normativas de inclusión dentro del campo social y productivo, además de alternativas de mejoramiento de movilidad y seguridad. Este artículo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación “Estado actual de la inclusión social de las personas con discapacidad soportado en las TIC y el desarrollo de aplicaciones tecnológicas de apoyo”, el cual condujo a los investigadores al desarrollo de herramientas tecnológicas como apoyo a población discapacitada, permitiendo el diseño de un software de referenciación funcional que orientara a las personas con discapacidad visual en los procesos de ubicación, selección y acceso para el uso del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de la ciudad de Bogotá – Colombia.

Palabras Clave – Georreferenciación; Discapacidad Visual Geosemántica; Sistema de Información Geográfica, Global Positioning System; Espacio Público; Transporte Público.

Abstract — Advances in the field of satellite geo-referencing have allowed the development of new technologies that help populations in conditions of special vulnerability, in this case, with visual disability, a concept that includes people with total blindness and low permanent vision. In Colombia, people with more cases of

visual disability are in the central zone, in the case of Bogotá there are considerable cases, according to the number of the population, that require attention in the different localities, for this reason, regulations of inclusion within the social and productive field, as well as alternatives for improving mobility and security. This article is developed within the framework of the research project "Current state of social inclusion of people with disabilities supported in ICT and the development of technological support applications", which led researchers to the development of technological tools as support a disabled population, allowing the design of functional referencing software that will guide people with visual disabilities in the processes of location, selection and access for the use of the Integrated Public Transport System (SITP) of the city of Bogotá - Colombia.

Keywords - Georeferencing; Visual Geosemantic Disability; Geographic Information System, Global Positioning System; Public space; Public transport.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel operativo, los sistemas de geo-referenciación potencialmente permiten a la población invidente su orientación y locomoción en el espacio geográfico a través de dispositivos y aplicaciones que recopilan y procesan información espacial, la cual es interpretada, traducida y comunicada a la persona visualmente discapacitada, en un lenguaje amigable, concreto y claro.

Así mismo, el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, han facilitado a la población con

discapacidad visual, el poder alcanzar los servicios y ayudas dispuestos para tal fin [1].

Existen varios proyectos ya implementados y experimentos realizados en diversos lugares, donde se ha logrado hasta cierto nivel la integración de sistemas que recopilan y administran datos de las rutas y redes de desplazamiento físico, aplicado a sistemas de transporte público terrestre, para ser utilizados por la población invidente y con baja visión [2] [3].

En el contexto colombiano, existe ya una normatividad y proyectos de integración de bases de datos operativos de sistemas de transporte público como el SITP y el Transmilenio en el caso de Bogotá, los cuales buscan el cumplimiento y ejecución de políticas locales cuyo objetivo es la inclusión de las poblaciones vulnerables dentro del campo social y productivo, partiendo de iniciativas multidisciplinarias provenientes tanto del sector público como del privado.

La implementación de estas políticas y regulaciones promueven la adaptación universal de la población con discapacidad visual a su contexto [4] [5], principalmente en aspectos de movilidad, seguridad y desplazamiento físico, así mismo, impulsan a nivel social una integración equitativa y un desarrollo funcional adecuado de esta población dentro del sector productivo [6], principalmente en aquellos aspectos que se desarrollan dentro de contexto de lo público.

El presente artículo, busca mostrar como la tecnología puede ayudar a personas con condiciones especiales, específicamente aquellos que presentan disminución de su capacidad visual y se organiza de la siguiente forma: En la sección I, parte inicialmente con un marco teórico y un estado del arte, en la sección II (Materiales y Métodos), explica como se ha estudiado el problema, y se describe el proceso de análisis, diseño, desarrollo e implementación de la solución, luego en la sección III (Resultados y Discusión), se presenta el resultado del desarrollo del APP diseñado y la significancia de los hallazgos encontrados; y finalmente se establecen las conclusiones alcanzadas en el desarrollo y posterior prueba del software.

Discapacidad Visual

La discapacidad Visual es una diversidad funcional de tipo sensorial que consiste en la pérdida total o parcial del sentido de la vista. La organización mundial de la salud (OMS), define la discapacidad visual como la disminución significativa del nivel de agudeza que estructura el cerebro mediante el sentido de la vista, debido a deficiencias relacionadas con alteraciones que pueden ocasionar pérdida total o parcial de la visión, como consecuencia de un trauma o una enfermedad congénita o adquirida, comprende personas ciegas o con baja visión [7].

Dicha población requiere de ayudas especializadas para su desplazamiento físico, particularmente en términos de locomoción, orientación y ubicación de lugares y rutas de desplazamiento, sobre todo en el contexto del espacio y el transporte [8] [9], es allí donde la geo-referenciación en conjunto con dispositivos portátiles que suministran información espacial en tiempo real al invidente se han convertido en una nueva esperanza para el mejoramiento de la calidad de vida de dicha población.

Además de aplicaciones colaborativas en diversas ciencias que aprovechan la capacidad de especificar la ubicación y

desplazamiento en tiempo real interconectando flujos de información geográfica alternándolos con datos concretos de rutas, recorridos, horarios y/o destinos.

Estadísticamente, se registra que en el mundo actual existe una población invidente cercana a los ochenta y cinco millones [10], con una concentración en el 90% en países de bajos recursos, hecho que ha permitido a los gobiernos, formular proyectos, sustraídos legalmente para favorecer a esta población; caso específico en Colombia se aprobó por el Congreso de la Republica la ley 168024 de 2013, y mediante participación del INCI (Instituto Nacional para Ciegos), se proponen políticas, planes, y programas que mejoren la calidad de vida de la población ciega y con baja visión.

En el contexto de la oftalmología, se categoriza la población, según lo señala la Fig. 1 considerándose la ceguera como discapacidad física que radica en la pérdida total o parcial del sentido de la vista, producto de la manifestación de enfermedades que se citan en [11] [12].

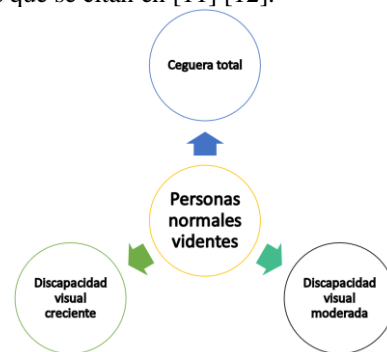


Figura 1: Categorización de la población catalogo oftalmológico

Estado del arte

La geo-referenciación es un aspecto fundamental en el análisis de los datos geoespaciales, pues es la base para la correcta y precisa localización de la información de mapas y, por ende, de la adecuada comparación y fusión de datos procedentes de diferentes sensores ubicados en diferentes localizaciones espaciales y temporales. Así mismo, uno de los objetivos principales en el campo de la geo-referenciación es la generación de funciones que permitan convertir las coordenadas originales de una imagen en coordenadas de mapa.

En la última década el concepto de geo-referenciación se ha difundido más allá del ámbito científico-tecnológico gracias a herramientas como Google Earth, cuya facilidad de uso ha extendido y democratizado el tratamiento de información del mapa fuera del campo técnico existente hasta ahora, aunque con ciertas limitaciones (por ejemplo, Google Earth solamente admite información en coordenadas geográficas latitud-longitud en el datum WGS84).

Por otro lado, la **Geosemántica** se refiere tanto a un concepto específico de las geo ciencias como a un concepto general (que deriva del anterior) a partir de la masificación social de la georreferenciación en Google Earth y otros programas de cartografía por Internet [14].

Según las geo ciencias, la geosemántica es una arquitectura de servicios web basada en la ontología informática, que es un modelo para describir el mundo que consiste en un conjunto de

tipos, propiedades y relaciones entre tipos, diseñada para integrar, traducir y compartir información multivariada y bienes de conocimiento (datos geospaciales y noticias), que permite la transferencia y unificación de datos estandarizados de tipo geográfico entre bases de datos y por lo tanto entre instituciones y células de investigadores de Geo Ciencias.

Un Sistema de Información Geográfica (también conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz [15].

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. Los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

El Sistema de Posicionamiento Global en inglés, (GPS: Global Positioning System), y originalmente Navstar GPS, es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión [16]. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS se sirve de 24 satélites y utiliza la trilateración.

En tal sentido, se han desarrollado entre las múltiples aplicaciones de la geo-referenciación para la localización espacial, una diversidad de herramientas específicamente para la población con invidencia o baja visión, condición conocida como discapacidad visual [17].

A nivel de Colombia, la mayoría de las personas con discapacidad visual se encuentran en la región central, seguida por la región pacífica y la Amazonía, hecho que se visualiza en la Fig. 2, tal valoración es producto de trabajos realizados por el DANE y el Ministerio de Salud [18].

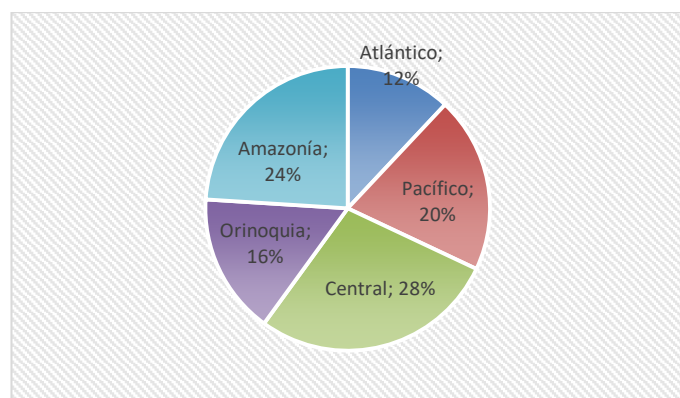


Figura 2. Porcentaje de personas con discapacidad visual por región

Con relación a la ciudad de Bogotá, la distribución porcentual de las 240.000 personas que evidencian problemas de discapacidad se presenta en la tabla 1 [18].

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN DISCAPACITADOS BOGOTÁ

Localidad	Índice Porcentual
Antonio Nariño	2%
Barrios Unidos	2.9%
Bosa	10.3%
Candelaria	0.7%
Chapinero	1.3%
Ciudad Bolívar	6.9%
Engativá	6.7%
Fontibón	5.1%
Kennedy	15.4%
Mártires	1.4%
Puente Aranda	6.3%
Rafael Uribe	11.2%
San Cristóbal	6.8%
Santafé	1.6%
Suba	6.3%
Sumapaz	0.1%
Teusaquillo	1.1%
Tunjuelito	4.5%
Usaquén	4.9%

A continuación, se presentan algunos casos de aplicaciones desarrolladas que sirven como ayuda para este tipo de población:

Connecthings, es una multinacional francesa de software que ha desarrollado una red global de puntos de referencia que se han creado para facilitar los esfuerzos de los planeadores urbanos para implementar tecnologías y servicios de “ciudad inteligente” [19].

Los puntos de referencia de Connecthings integran varias tecnologías de comunicación e información (por ejemplo, Bluetooth, NFC, QR code, Wi-Fi) para habilitar a las municipalidades locales y sus socios de sectores privados para convertir lugares como paradas de autobús, parques públicos, centros comerciales, estaciones de tren y aeropuertos en una red de puntos interactivos conectados.

Esta infraestructura digital trabaja en conexión con la aplicación **Blindsquare** [20] para cambiar el modo en que los pasajeros visualmente discapacitados interactúan con el transporte público en Austin. A través de esta aplicación los pasajeros pueden ahora recibir información en tiempo real del horario de los buses y un servicio de alertas automáticas cuando se está aproximando a una parada. Blindsquare lleva al pasajero hasta la parada y luego apoya la continuación del viaje hacia el destino deseado cuando el bus está disponible.

Moovit. A través de la unión de fuerzas con “Be My Eyes”, la comunidad en línea para ciegos y expertos en asistencia para usuarios ciegos más grande el mundo, y compartiendo conocimiento en las áreas de transporte público y accesibilidad se hizo posible que Moovit lanzara esta aplicación ahora disponible para cualquier pantalla utilizando VoiceOver y TalkBack con la adición de la característica de “Live Directions” (direcciones en vivo), así los usuarios ciegos y con disminución visual pueden tener una guía GPS paso a paso para

su viaje e incluso recibir alertas cuando el bus deseado está llegando o cuando se acerca a la parada de bus deseada [21].

La aplicación fue lanzada en el 2013 y actualmente cubre el tránsito de 800 ciudades y cuenta con 35 millones de usuarios. Esta utiliza datos de los sistemas de transporte público y actualizaciones en vivo hechas por los mismos usuarios para ayudar a la gente a planear su viaje por las rutas más rápidas y agradables. Los usuarios pueden reportar cualquier cosa desde buses llenos hasta plataformas vacías de metro para ayudar a otros a escoger las mejores rutas hacia donde necesitan dirigirse. Ahora incluso los usuarios de Moovit pueden escuchar lo que es cada botón o icono que se encuentra bajo el dedo a medida que este se desplaza sobre la pantalla.

BusForUs. Dos de los más grandes grupos de buses del Reino Unido, First y Arriva, en compañía con la Confederación de Transporte de Pasajeros del Reino Unido, ha lanzado una nueva aplicación para Smartphone de anuncio de paradas de bus, la cual podría revolucionar los viajes en autobús para los ciegos y los discapacitados visuales, la aplicación llamada BusForUs, proporciona alertas auditivas y visuales en tiempo real directo al celular, esto significa que sabrán exactamente donde se encuentran durante un viaje y en cual parada bajarse [22].

Talk to me Maps. El Distrito Regional de Transito de la ciudad de San Joaquin California, ha lanzado “Talk to Me Maps”, mapas táctiles y de audio de las áreas de abordaje, un nuevo servicio para las personas visualmente discapacitadas, que hace mucho más fácil navegar su sistema de transporte [23]. Este programa proporciona una herramienta para que los usuarios se familiaricen con el sistema de transito utilizando mapas impresos en braille a gran escala, y un lápiz inteligente parlante el cual le avisa a los pasajeros donde abordar el bus.

A nivel regional, en el nuevo esquema de transporte de Bogotá se pretende integrar en un solo modelo toda la infraestructura dedicada al transporte público de pasajeros, siendo este el eje de la movilidad de los bogotanos. Al implementar este nuevo modelo se han planteado retos, como incluir a población con algún tipo de discapacidad motriz o visual; de ahí parte la motivación para realizar, mediante tecnologías móviles y técnicas basadas en la accesibilidad, un aplicativo que permita a usuarios con discapacidad visual tener una fácil y mejor experiencia para movilizarse en la ciudad.

El modelo que plantea el SITP procura tener en cuenta a usuarios con limitaciones físicas, por ejemplo, personas con limitaciones en la movilidad (silla de ruedas) y usuarios con discapacidad visual; para los usuarios con limitaciones en la movilidad se tienen buses con rampas especializadas que permiten el ingreso al bus, pero es un hecho que las empresas y por ende rutas que poseen este tipo de buses son muy pocos.

Para las personas con discapacidad visual se tienen unos pequeños rótulos en cada uno de los postes del paradero del SITP que en lenguaje braille pretende dar las rutas que se detienen en dicho paradero, pero lo anterior no es suficiente para resolver las necesidades de movilidad de los discapacitados visuales.

Moovit – SITP. Transmilenio S.A. y Moovit se han unido para ofrecer a sus usuarios una nueva aplicación para PC y

dispositivos móviles sobre el SITP, con esta aplicación se puede elegir la mejor opción entre todos los servicios ofrecidos (Troncal, Alimentador, Urbano, Complementario, Especial), teniendo en cuenta las condiciones del tráfico en tiempo real generadas por informes de toda la comunidad [24].

Con esta aplicación se puede conocer la mejor opción de ruta, transbordos, tiempos, eventualidades del tráfico (trancones, accidentes, desvíos) y puntos de recarga; además se puede calificar el servicio desde la ruta, el conductor, la limpieza y/o saturación de la misma.

Google Maps – SITP. Permite ver qué rutas del SITP le sirven al usuario para moverse entre dos puntos de la ciudad. Si además el usuario usa Google Now, Maps puede mostrarle automáticamente qué bus le sirve desde cualquier punto de la ciudad hacia sus lugares más usuales. TransmiSitp tiene un listado con las rutas y los mapas de sus recorridos, pero hasta el momento no le permite al usuario buscar cuál de ellas le sirve para llegar a un destino [25].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Todo proceso desarrollado en el entorno a la Ingeniería, se caracteriza por la validación de las fases de análisis, prototipado, diseño y construcción, tal como lo determina la normativa operacional que regula la construcción de una solución [26], según criterio de contenido del desarrollo ingenieril [27].

Realizar con éxito esta fase, exigió a los investigadores el enfrentar el proceso de selección de la metodología más adecuada, en el contexto de las metodologías ágiles, dada su pertenecía y efectividad.

Se optó por tomar como referente y carta técnica de desarrollo, la metodología FDD (Feature Driven Development), construida por Peter Cuad y Jeff de Luca, en la década de los años 90 [28], cuya base de significancia lógica, se desarrolla en la Fig. 3; esta metodología fue la hoja de ruta para el desarrollo del sistema.

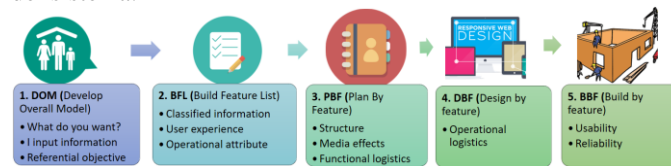


Figura 3. Estructura procedimental FDD

2.1 Desarrollo global del modelo

En esta fase se dimensionó prospectivamente el campo de acción analítico y de estudio de la situación problemática definida, buscando encontrar las respuestas a estos interrogantes: ¿Qué se quiere?, ¿Cómo se hará?, ¿Con qué se hará?, ¿Quién lo utilizará? y ¿cómo se soportará y validará su calidad?

El propósito era construir un sistema de Geo-referenciación con alto impacto y nivel de usabilidad que permitiera a la población invidente operar con confiabilidad los servicios que determinan el flujo vehicular del SITP.

Para lograrlo se propuso el diseño de un APP bajo el sistema operativo Android, que sirviera como una herramienta informática que orientara los procesos de ubicación, selección

y acceso al SITP, como característica fundamental debería evidenciar usabilidad, efectividad, adaptabilidad y amigabilidad, como factores de ponderación de calidad, certificado por cada uno de los módulos operacionales de la solución.

Previo a esta identificación de la problemática y posterior planteamiento de la posible solución, se llevó a cabo un estudio de la cuestión, encontrándose que las herramientas y sistemas diseñados hasta el momento de geo-referenciación para personas con discapacidad visual, están orientados a medios de transporte en otras ciudades y en el caso específico de los desarrollos del SITP para la ciudad de Bogotá, estos no ofrecen una ayuda por medio de indicaciones en modo voz.

2.2 Clasificación de la información e instrumentación operacional.

Luego de esquematizar el escenario de acción prospectiva, se procede a catalogar la información de acuerdo con su orientación, para establecer de esta manera el conjunto de instrumentos necesarios para definir y catalogar los requerimientos, que caracterizan la aplicabilidad de un sistema de georreferenciación para el uso del Sistema Integrado de Transporte (SITP) en la ciudad de Bogotá, para personas con discapacidad visual, identificando los datos de entrada que serían tenidos en cuenta, el proceso a aplicar en estos y los datos de salida que servirían como indicador para las respectivas opciones del APP.

Se identificaron los datos a ser tratados:

- Visibilidad del estado del sistema
- Relación sistema mundo real
- Libertad y control del usuario
- Prevención de errores
- Flexibilidad y eficacia de uso
- Reconocimiento
- Diseño estético y minimalista
- Ayuda a usuarios
- Ayuda y documentación
- Sistema o patrón de convenciones

2.3 Dimensionamiento de la tecnología

En esta fase se procedió a estudiar y potencializar el impacto de las diversas tecnologías existentes en el escenario para el soporte tecnológico, identificando cual era la más indicada. De acuerdo a los requerimientos planteados y al propósito mismo de la herramienta; se optó por el desarrollo bajo ambientes libres de licenciamiento, fue así que se decidió la programación del APP en Android Studio, por cumplir esta herramienta con esta premisa.

El empleo de la tecnología móvil, producto de la masificación de las tecnologías de la información y las comunicaciones, como expresión de la medida del impacto de la llamada economía naranja o del conocimiento, traduce el incremento del valor agregado, que asocia la participación de la creatividad, el pensamiento divergente y el pensamiento convergente de los ingenieros que participaron en la

construcción del nuevo modo de producción basado en la tecnología.

La cadena de valor generada por la tecnología móvil refleja el incremento de la calidad y el nivel de vida de la sociedad de la red global, recepción que en nuestro medio se valida al valorar los servicios definidos por el plan Vive Digital, como bandera del gobierno actual, se centra en el soporte de actividades orientadas a la reducción de la pobreza y al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

2.4 Construcción del prototipo y proyección estructura modular

En esta fase se determina el funcionamiento a nivel general del APP, sin entrar en muchos detalles, se incorporan las consideraciones de la implementación tecnológica. En esta etapa se hizo el diseño de los componentes del sistema que dan respuesta a las funcionalidades descritas en la etapa anterior. La construcción del prototipo y la proyección de la estructura modular se realiza con base a diagramas que permiten describir de manera más detallada las interacciones entre las entidades y su secuenciación. En la Fig. 4, se pueden observar los componentes que conformar el sistema diseñado.

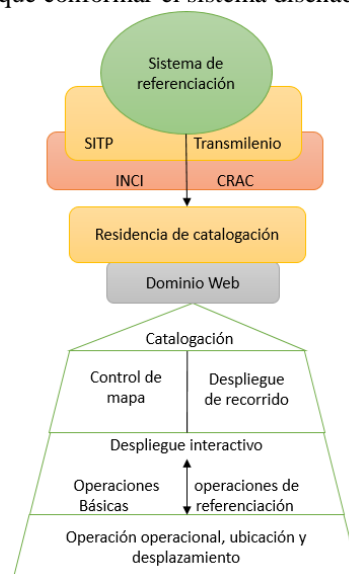


Figura 4. Integración operacional del sistema

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el desarrollo del APP para la referenciación funcional de la población con discapacidad visual dan respuesta al objetivo inicial; y este trabajo es un punto de partida para futuras investigaciones que busquen lograr una inclusión en los modelos de transporte para personas con condiciones especiales, se obtuvo como producto final el APP, el grupo de prueba estuvo conformado por tres (3) personas en condiciones de discapacidad visual, las cuales usaron y evaluaron la herramienta.

En la Fig. 5, se muestra la pantalla inicial del APP, y el resultado de una ruta teniendo en cuenta la ubicación actual.



Unnamed Road, Bogotá, Colombia

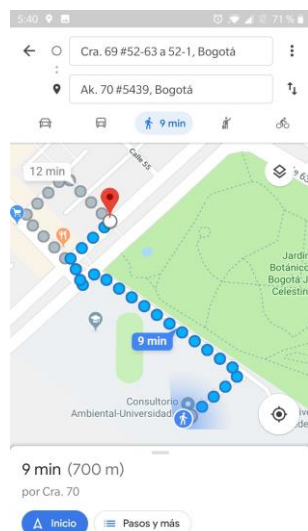


Figura 5(a), 6(b). Pantalla bienvenida del APP y el cálculo de una ruta

Las opiniones al respecto del uso del APP por parte del grupo de prueba fueron favorables. Si bien es cierto que actualmente el SITP ha realizado algunos proyectos que buscan la inclusión de personas con discapacidad visual al modelo de transporte de la ciudad, estos esfuerzos no han sido lo suficientemente significativos; por otra parte, el desarrollo llevado a cabo entra a suplir ciertas necesidades y deficiencias de estas soluciones, como un asistente auditivo que va hablando y guiando al usuario.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con el diseño del APP como herramienta de geo-referenciación para la población discapacitada con baja visión o invidencia total, permiten afirmar que estos desarrollos benefician al usuario final, permitiéndoles una mejoría en su calidad de vida, toda vez que su movilidad por medio del uso de los servicios de transporte público se hace más fáciles de realizar.

El empleo de la computación móvil, favorece la inclusión social y permite que los invidentes se benefician con los planes y estrategias de mejoramiento que formula el INCI (Instituto Nacional de Ciegos) y el CRAC (Centro de Rehabilitación de Adultos Ciegos), bajo la directa asesoría del ministerio de las tecnologías de la información y las convocatorias.

Por otro lado, el conjunto de métricas de interactividad, que establece un sistema de referenciación funcional, se cataloga formalmente con los módulos operacionales que se implementaron, considerando los ejes de condicionamiento definidos por el escenario lógico ADDPL (Análisis, Diseño, Desarrollo, Prueba y Liberación).

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto Nacional de Ciegos (INCI), por permitirles los contactos necesarios para llevar a cabo las pruebas del APP y a los estudiantes José Mauricio Bernal y Andrés Murcia Torres, auxiliares de investigación del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] F. Blanco, A. Abuchar, P. Carreño y F. A. Simanca H., «A mobile application for the recognition of banknote: An alternative in the processing of images in people with visual disability.» de *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Cáceres - España, 2018.
- [2] F. A. Simanca H., F. Blanco y P. Carreño, *Aplicación de las TIC en población con diversidad*, Bogotá: Universidad Libre, 2018.
- [3] M. E. García-Schilardi, «Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social,» *Bitácora Urbano Territorial*, vol. 24, n° 1, pp. 1-20, 2014.
- [4] E. M. J. E. F. Del Río Ferres, «Gender-based violence against women with visual and physical disabilities,» *Psicothema*, vol. 25, n° 1, pp. 67-72, 2013.
- [5] M. L.-J. M. Sánchez, «Self-concept of university students with visual, hearing or motor disability,» *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 44, n° 2, pp. 87-98, 2012.
- [6] B. C. A. G. B. U. S. Shaw, «Exploring nature experiences of people with visual impairments,» *Psychology*, vol. 6, n° 3, pp. 287-327, 2015.
- [7] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» OMS, 11 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. [Último acceso: 2 02 2019].
- [8] A. M. Gento Municio y J. L. Elorduy González, «Análisis de la accesibilidad física en el transporte público en autobús en la ciudad de Valladolid,» *Revista española de discapacidad*, vol. 4, n° 1, pp. 135-153, 2016.
- [9] M. F. Zapata Gonnella y F. Saldívar Saldívar, «Diseño de un mecanismo de acceso a las unidades de transporte público para personas discapacitadas,» *REDIP. UNEXPO. VRB*, vol. 2, n° 5, pp. 287-296, 2012.
- [10] N. Congdon, «Causes and Prevalence of Visual Impairment among Adults in the United States,» *Archives of Ophthalmology*, vol. 122, n° 4, pp. 477-485, 2004.
- [11] A. M. Agur y A. F. Dalley, *Grant's Atlas of Anatomy*, 12th Edition, Toronto: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- [12] J. C. Suárez, «Discapacidad visual y ceguera en el adulto: Revisión de tema,» *MEDICINA U.P.B.*, vol. 30, n° 2, pp. 170-180, 2011.
- [13] V. H. Céspedes-Oporto, «CAUSAS DE DISCAPACIDAD VISUAL EN CAMPAÑA DE PREVENCIÓN DE CEGUERA,» *Revista Médico-Científica*, vol. 3, n° 1, pp. 27-30, 2012.
- [14] D. Cerda Seguel, «EL MUNDO SEGÚN GOOGLE. GOOGLE EARTH Y LA CREACIÓN DEL DISPOSITIVO GEOSMÁTICO GLOBAL,» *Revista virtual de arte contemporáneo y nuevas tendencias*, vol. 12, n° 44, pp. 1-10, 2006.
- [15] A. Hernández-Vásquez, D. Azañedo, G. Bendejú-Quipe, J. Pacheco-Mendoza y R. M. Chaparro, «Sistemas de información geográfica: aplicación práctica para el estudio de atropellos en el cercado de Lima, Perú,» *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, vol. 33, n° 4, pp. 725-731, 2016.
- [16] D. S. T. Ashbrook, «Using GPS to learn significant locations and predict movement across multiple users,» *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 7, n° 5, pp. 275-286, 2003.
- [17] D. L. Rodríguez-Ibarra y M. I. Bobrek-Fernández, «Aplicación móvil apoyada en georeferenciación que permita optimizar el uso del transporte público en la ciudad de cúcuta (STOPBUS),» *Mundo Fesc*, vol. 0, n° 11, pp. 48-55, 2016.
- [18] M. d. S. y. P. Social, «Sala situacional de Personas con Discapacidad,» Ministerio de Salud y Protección Social, Bogotá, 2016.
- [19] CONNECTHINGS, «CONNECTHINGS,» CONNECTHINGS, 2019. [En línea]. Available: <https://www.connecthings.com/>. [Último acceso: 2 2 2019].

- [20] BlindSquare, «BlindSquare,» BlindSquare, 2019. [En línea]. Available: <http://www.blindsquare.com/>. [Último acceso: 2 2 2019].
- [21] Moovit, «Moovit,» Moovit, 2019. [En línea]. Available: <https://moovitapp.com/>. [Último acceso: 2 2 2019].
- [22] BusForUs, «BusForUs,» BusForUs, 2019. [En línea]. Available: <https://www.busforus.co.uk/>. [Último acceso: 2 2 2019].
- [23] D. R. d. T. d. S. Joaquin-California, «Distrito Regional de Transito de San Joaquin,» Distrito Regional de Transito de San Joaquin, 2019. [En línea]. Available: <http://sanjoaquinrtd.com/talktomemaps/>. [Último acceso: 1 2 2019].
- [24] S. I. d. T. Público, «Sistema Integrado de Transporte Público,» Sistema Integrado de Transporte Público, 24 12 2015. [En línea]. Available: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/planifica_tu_viaje_en_el_sitp_con_moovit. [Último acceso: 2 2 2019].
- [25] Transmilenio, «Transmilenio,» Transmilenio, 16 07 2012. [En línea]. Available: https://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/Mapas/google_maps. [Último acceso: 2 2 2019].
- [26] R. Landis, Studying Engineering, Legal Books Distributive, 2007.
- [27] P. Grech, Introducción a la Ingeniería: Un enfoque a través del diseño, Bogotá: PEARSON EDUCACION, 2000.
- [28] L. Williams, «Agile Software Development Methodologies and Practices,» *Advances in Computers*, vol. 80, pp. 1-44, 2010.
- [29] G. F. Javier, «Recursos docents CITCEA coordinats per Oriol Boix,» Recursos docents CITCEA coordinats per Oriol Boix, [En línea]. Available: https://recursos.citcea.upc.edu/llum/luz_vision/fisiolog.html. [Último acceso: 18 01 2019].