

# Capítulo 1

## Tecnología de asistencia para apoyar la movilidad de personas con discapacidad visual. San Juan de Pasto

Paola Andrea Izquierdo Muñoz<sup>1</sup>  
Karen Tatiana Burbano Vallejo<sup>2</sup>  
Marlon Fernando Jaramillo Prado<sup>3</sup>

**Cítese como:** Izquierdo-Muñoz, P. A., Burbano-Vallejo, K. T. y Jaramillo-Prado, M. F. (2023). Tecnología de asistencia para apoyar la movilidad de personas con discapacidad visual. San Juan de Pasto. En F. C. Gómez-Meneses, L. M. Gómez y J. P. García-López (comps.), *Formación de competencias científicas desde la investigación y la academia* (pp. 12-23). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.207.c331>

### Resumen

El trabajo interdisciplinar entre Terapia ocupacional e Ingeniería de Sistemas dio como resultado, la creación de una aplicación móvil que tiene como objetivo principal, el uso de la tecnología en la asistencia de la movilidad de personas con discapacidad visual. Para ello se empleó mecanismos y herramientas básicas de creación, para obtener la construcción de una inteligencia artificial que permita la detección de posibles obstáculos en la lectura de entornos urbanos en tiempo real. Se concluye que la investigación tiene un peso relevante por la atención a la problemática abordada y la resolución de un problema real en el entorno de la persona con discapacidad.

*Palabras clave:* discapacidad; movilidad; inteligencia artificial; entorno.

### **Assistive technology to support the mobility of visually impaired people San Juan de Pasto**

### Abstract

The interdisciplinary work between Systems engineering and Occupational therapy resulted in the creation of a mobile application whose main objective is the use of

<sup>1</sup> Estudiante de Terapia Ocupacional, Universidad Mariana. Correo: paolaan.izquierdo@umariana.edu.co

<sup>2</sup> Estudiante de Terapia Ocupacional, Universidad Mariana. Correo: karenta.burbano@umariana.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana. Semillero ELITE. Correo: marlonfe.jaramillo@umariana.edu.co



technology in assisting the mobility of people with visual disabilities; for this, basic creation mechanisms and tools were used, to obtain the construction of artificial intelligence that allows the detection of possible obstacles in the reading of urban environments in real-time. It is concluded that the research has a relevant weight due to the attention to the problem addressed and the resolution of a real problem in the environment of the person with disabilities.

*Keywords:* Disability; mobility; artificial intelligence; environment.

## **Tecnología asistiva para apoyar a movilidad de personas con deficiencia visual San Juan de Pasto**

### **Resumo**

O trabalho interdisciplinar entre Engenharia de Sistemas e Terapia Ocupacional resultou na criação de um aplicativo móvel cujo objetivo principal é o uso da tecnologia no auxílio à mobilidade de pessoas com deficiência visual; para isso, foram utilizados mecanismos e ferramentas básicas de criação, para obter a construção de inteligência artificial que permite a detecção de possíveis obstáculos na leitura de ambientes urbanos em tempo real. Conclui-se que a pesquisa tem um peso relevante devido à atenção ao problema abordado e à resolução de um problema real no ambiente da pessoa com deficiência.

**Palavras-chave:** deficiência; mobilidade; inteligência artificial; ambiente.

### **Introducción**

El entorno de la población con discapacidad visual es, sin duda alguna, una constante de barreras para el individuo. Cuando hablamos de barreras, nos referimos a todo lo que ocasiona una problemática dentro de su desarrollo.

Dentro de las pruebas de evaluación para definir los problemas más comunes en la movilidad de las personas con discapacidad, se elaboró un instrumento de evaluación basado en los ítems de la clasificación internacional del funcionamiento, de la discapacidad y la salud (CIF).

Para dar solución a esta problemática, se inició la creación de un demo aplicativo integrado con inteligencia artificial, capaz de reconocer objetos en tiempo real y garantizar al usuario una mejor movilidad en entornos urbanos.

### **Planteamiento del problema**

¿Cómo emplear la tecnología de asistencia para contribuir a la participación de la movilidad de las personas con discapacidad visual en la ciudad de San Juan de Pasto?



## Justificación

Según datos suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2020), es posible mencionar que en la ciudad de Pasto existe un gran porcentaje de población con discapacidad visual (4 956 personas en el año 2018), aspecto que se constituye en un interés para ser investigado y así, poder identificar una de las necesidades de la población en el marco de la movilidad.

En el estudio de Jaiswal et al. (2020), dirigido a comprender los significados de participación para personas con discapacidad visual y auditiva, se indica que la movilidad es uno de los elementos de gran importancia para esta población, pues contribuye con la participación en la comunidad, al desplazarse por diferentes lugares. Algunas personas mencionaron que las limitaciones en la movilidad conducen a la falta de independencia, que los lleva muchas veces al aislamiento social.

Una de las alternativas que podría dar respuesta a los problemas en la movilidad que experimentan las personas con discapacidad visual, es la tecnología de asistencia. Los sistemas de tecnología son viables y efectivos, para apoyar el compromiso con la ocupación y en las actividades de la vida diaria (AVD) de estas personas, que involucran la movilidad de aquellas con discapacidad visual; por lo tanto, se reconoce el beneficio de la tecnología de asistencia en la discapacidad visual.

Los anteriores acercamientos constituyen una idea de investigación que motiva el desarrollo de este trabajo. El propósito es aportar a la independencia en la movilidad de la población con discapacidad visual, a partir del trabajo interdisciplinar entre Terapia ocupacional e Ingeniería de sistemas, desde el desarrollo tecnológico que se pretende llevar a cabo. Esta investigación podría establecerse como un referente a nivel nacional, que contribuya a la comunidad académica y científica.

## Objetivos

### Objetivo general

Emplear tecnología de asistencia que contribuya a la participación en movilidad de las personas con discapacidad visual de la ciudad de San Juan de Pasto.

### Objetivos específicos

- Conocer elementos relacionados con la movilidad de las personas con discapacidad visual de la ciudad de San Juan de Pasto, a través de dos entrevistas: el docente Marco Tulio Benavides, quien presenta una pérdida de visión completa y el docente de braille Erick Muñoz, quien presenta una pérdida de visión parcial.
- Validar un sistema tecnológico que sea simple y económico para la movilidad de las personas con discapacidad visual de la ciudad de San Juan de Pasto.

- Crear un sistema tecnológico que dé soporte a personas con discapacidad visual, para que puedan desplazarse con mayor independencia por la ciudad de San Juan de Pasto.

## Referentes teóricos

Piñeros (2008) realiza un estudio sobre el acceso a bibliotecas de personas con discapacidad visual. Dentro de los elementos de apoyo para la lectura, habla de *Open Book*, un sistema informático capaz de hacer lectura de voz después de tomar una foto de la página impresa o, incluso guardar el texto para ser leído después; es un elemento de apoyo que, entre sus características, incluye el fácil acceso y manejabilidad, al igual que su capacidad para guardar y organizar los textos que la persona con discapacidad visual desee.

Por otro lado, encontramos las llamadas máquinas de *Braille hablado*, un sistema de información que permite la interacción con otros sistemas y, a su vez, realiza el almacenamiento en su propio disco duro; la información se introduce a través de un teclado Braille, el cual funciona a través de seis teclas que representan los seis números del código de braille; la información sale en un sistema de voz sintética.

Este estudio muestra otras herramientas de apoyo que pueden ser útiles al momento de buscar la independencia y accesibilidad a los diferentes ámbitos de las personas con discapacidad visual. Se puede evidenciar cómo, a través del tiempo, el desarrollo de instrumentos de apoyo ha venido avanzando y generando nuevas ideas y dispositivos que ayudan a estas personas y, a su vez, sirven de referentes para futuras investigaciones y el desarrollo de nuevos elementos que mejoren su calidad de vida.

En el estudio *Aplicabilidad de la normativa legal para la inclusión laboral de las personas con discapacidad en sectores gubernamentales del Estado Yaracuy* de Milagro et al. (2018), el objetivo fue analizar la influencia de la aplicabilidad de la normativa legal para la inclusión laboral de personas con discapacidad en el sector gubernamental del estado de Yaracuy, teniendo en cuenta el método cuantitativo, que es comúnmente usado en investigaciones de las ciencias económicas y sociales. Utilizaron el método deductivo, porque actúa como proceso, usa la estadística y tiene control sobre los fenómenos. Muestran los resultados obtenidos en la caracterización de la población que participó en la investigación; para ello consideraron los siguientes elementos: edad, sexo, grado de instrucción y antigüedad. Presentan la fecha de aplicación del instrumento (entrevista) y, posteriormente, el análisis e interpretación de los ítems.

Después de la investigación, encontraron que, a pesar de que existen entidades como la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU), hay gran desinformación dentro de los entes gubernamentales sobre las leyes de protección dirigidas al ámbito laboral de las personas con discapacidad.



Una de las problemáticas más marcadas dentro de las personas con cualquier discapacidad es la falta de igualdad y de oportunidades, ya sea dentro de la sociedad o dentro de un campo específico, como el laboral; es vital reconocer el manejo sobre este tema y la manera como otros países lo afrontan y, comprobar que no es una problemática local, sino más bien, una problemática en conjunto con naciones vecinas.

De otra parte, García et al. (s.f.) presentan un diseño, metodología y orientación de proyectos para la accesibilidad en personas con discapacidad visual, utilizando un enfoque descriptivo de tipo cualitativo, cuantitativo y etnográfico que permitió la identificación y el análisis de la experiencia de estas personas en cuanto a sus contextos, especialmente en actividades urbanas. El estudio se realizó en el departamento de Boyacá; la prueba piloto, en Tunja y Paipa.

Con la aplicación de un instrumento a la población de Paipa, identificaron las rutas en las cuales se desplazaban con más frecuencia y realizaron un reconocimiento de las mismas entre los participantes y el equipo de trabajo, utilizando una cámara adherida al cuerpo de los participantes, para hacer el reconocimiento del recorrido.

Este estudio es importante a manera de antecedente, por el uso de accesorios de apoyo digitales, como los elementos de audio y video y, aunque el estudio tiene un enfoque más arquitectónico, está dirigido a suplir la misma necesidad: la movilidad de la persona con discapacidad visual.

El estudio de Ríos et al. (2010), cuyo objetivo fue caracterizar los dispositivos de tecnología de asistencia disponible en Bogotá, como parte del desarrollo de un asistente de información en esta área, estuvo dirigido a personas con discapacidad, a su familia y a profesionales del área de la rehabilitación.

Las autoras hicieron un estudio descriptivo, para el cual desarrollaron un instrumento de recolección de información. El procedimiento consistió en visitas a los fabricantes y distribuidores de los dispositivos, diligenciamiento del instrumento, toma de fotografías y caracterización de cada producto, basándose en la Norma Técnica Colombiana (NTC)-ISO 9999: Ayudas técnicas para personas con limitación. De los 95 productos caracterizados, encontraron que los de mayor disponibilidad están representados por órtesis y prótesis (52,6 %) y, ayudas para la movilización personal (23,15 %). El 24,25 % restante está representado por ayudas para el cuidado y la protección personal, mobiliario y adaptaciones para vivienda, ayudas para el manejo de bienes y productos y, ayudas para actividades domésticas.

Igualmente, sirvió como referente, el estudio de Araujo et al. (2020), quienes pretendieron desarrollar un producto de apoyo exoesqueleto mecatrónico fundamentado en la evaluación de la función manual, a través de la batería Jebsen Tylor. La metodología se basó en una fase de diagnóstico, una fase de diseño y fabricación y, una fase de validación. Uno de los hallazgos más importantes es el



trabajo interdisciplinar, relevante al momento de resolver problemas en el contexto de la discapacidad. Entre los resultados más sobresalientes está una tabla donde se observa los agarres requeridos según la prueba aplicada y un análisis de agarre empleado en las diferentes pruebas de la batería.

Este trabajo se realizó en la Universidad Mariana de Pasto, con estudiantes de Terapia ocupacional e Ingeniería mecatrónica, resaltando la labor interdisciplinar para la atención de una discapacidad. Es esencial tomar este artículo como referencia, ya que se convierte en ejemplo de actividad interdisciplinar, recalcando que los programas involucrados tienen ciertas similitudes al momento de realizar el trabajo.

## **Metodología**

### **Fase de Análisis**

Para la primera fase se tuvo en cuenta instrumentos y herramientas para la investigación, con un enfoque empírico analítico impuesto por Aristóteles, de tipo exploratorio, aplicado a la problemática presentada, atendiendo el carente apoyo tecnológico enfocado a la movilidad que sufren actualmente las personas con discapacidad visual en la ciudad de San Juan de Pasto. De esta manera, se evaluó los resultados obtenidos en proyectos similares a nivel nacional e internacional, con el fin de validar la utilidad de un sistema tecnológico que dé soporte a personas con discapacidad visual, para que puedan desplazarse con mayor independencia por la capital del departamento de Nariño.

En una primera estancia se propone la construcción de una inteligencia artificial que facilite la identificación de obstáculos en un entorno urbano; esta debería desempeñar un funcionamiento autónomo y una usabilidad mediante un asistente de voz que atienda las necesidades del usuario y se comuniquen con este constantemente. Según lo evaluado, se determina los principales requerimientos que se debe trabajar en el desarrollo de un demo y se determina las pruebas de funcionalidad correspondientes.

### **Fase de diseño**

Una vez concluida la fase de análisis, se empleó algunos instrumentos y herramientas de desarrollo para construir un diseño simple que permitiera la solución de los principales requerimientos funcionales. La idea era trabajar diseños sencillos que, con el paso de los ciclos de trabajo, se pudiera mejorar. Este diseño se trabajó mediante el software de desarrollo libre Android Studio y el entorno de desarrollo en línea Google Colab. Aunque se priorizó el funcionamiento de un asistente de voz con el que se pudiera navegar por las diferentes funciones del aplicativo, también se adecuó una interfaz con los botones e información adecuados. No se trabajó una interfaz muy vistosa en tanto a los colores, dado que, en su mayoría, los usuarios no podrían gozar de estas características, pero sí se adaptó una paleta de colores adecuada, un fondo oscuro y, con apoyo de la psicología del color, se escogió un



color primario azul para transmitir confianza. Una de las principales intenciones del presente proyecto fue poder aportar a las personas con discapacidad visual, con una herramienta que les brindase tranquilidad y confianza y pudieran desplazarse con seguridad por las diferentes áreas de la ciudad.

### **Fase de desarrollo**

En esta fase se trabajó la solución de los requerimientos funcionales ya especificados, abordados desde el desarrollo orientado a objetos. Por una parte, desde la herramienta Android Estudio, mediante el lenguaje Kotlin, se construyó la parte de control del aplicativo y la parte de la interfaz, donde se priorizó un diseño simple y fácil de usar. También, un asistente de voz que les facilitara a las personas con discapacidad visual, navegar a través de las diferentes funcionalidades del aplicativo, encargado de solucionar inquietudes básicas de orientación, tanto espaciales como temporales, y que gestiona las diferentes funciones del aplicativo, dependiendo de lo que el usuario necesite; así mismo, se encarga de la lectura de posibles obstáculos a la hora de desplazarse en entornos urbanos, de la mano de una inteligencia artificial que se construyó desde la herramienta Google Colab mediante el lenguaje de Python. En el propósito de la construcción de un primer demo de inteligencia artificial se evaluó el reconocimiento de seis objetos: cebras viales, señales de pare, semáforos peatonales en verde, semáforos peatonales en rojo, bancas de parques y sendas podotáctiles.

### **Fase de pruebas**

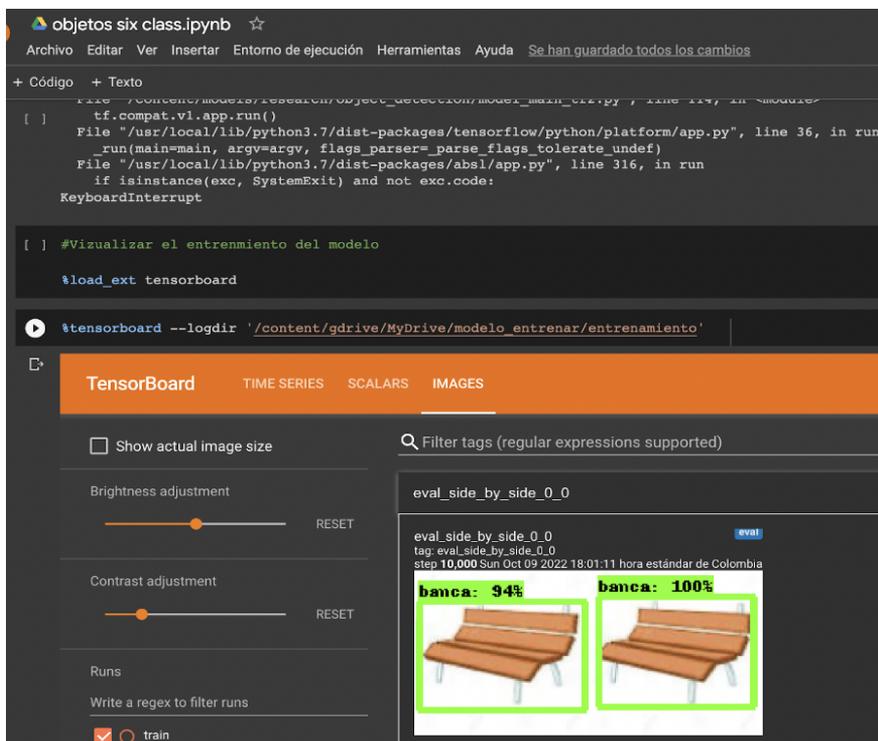
En esta última fase se consideró los instrumentos y herramientas de desarrollo mencionados, que permitieran ejecutar las pruebas de funcionamiento. Posteriormente, se evaluó el funcionamiento de la inteligencia artificial, ejecutando el aplicativo en entornos urbanos reales de la ciudad de San Juan de Pasto. Se pudo hacer un rápido discernimiento de la información y una respuesta adecuada de la inteligencia artificial. El asistente de voz se comunica adecuadamente y funciona correctamente, en conjunto con la inteligencia artificial y la actualización de información espacial y temporal.

### **Discusión de Resultados**

A través del análisis de la información y los resultados encontrados en los antecedentes, se pudo evaluar ciertos requerimientos funcionales primordiales para poder alcanzar el objetivo de la investigación; entre estos, la construcción de una inteligencia artificial que permitiera la detección de posibles obstáculos en la lectura de entornos urbanos en tiempo real. Se requiere que esta inteligencia y el resto de las funcionalidades del desarrollo puedan ser gestionados y controlados mediante un asistente de voz, debido a que la población a la que van dirigidos son personas con discapacidad visual. A manera de demo, se trabajó en estos requerimientos para poder tener herramientas gráficas y funcionales a la hora de exponer y divulgar el presente proyecto.

La inteligencia artificial se construye con base en una lógica de desarrollo de redes neuronales, que son entrenadas para diferentes tareas; en este caso, el reconocimiento de objetos. En una primera instancia se decidió trabajar seis clases diferentes de objetos: cebras viales, señales de pare, semáforos peatonales en verde, semáforos peatonales en rojo, bancas de parques y sendas podotáctiles. Para el entrenamiento de la inteligencia artificial se usó diferentes bancos de imágenes, contruidos utilizando la herramienta de Google Imágenes, conformados por, entre 300 y 400 imágenes por cada clase. Usando librerías libres de Tensor Flow se pudo obtener una inteligencia artificial con un desempeño aceptable, con un porcentaje de asertividad que ronda entre el 80 % y el 100 % de precisión en datos de prueba, según las mediciones del instrumento Tensor Board proveído por la misma herramienta Tensor Flow, como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**  
*Entrenamiento de la I.A. en Google Colab*

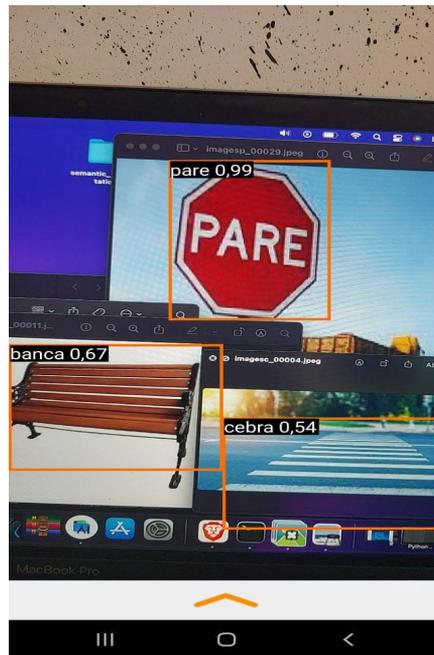


Luego de ejecutar el entrenamiento, se exportó el modelo de la inteligencia artificial y se lo implementó en el proyecto desde Android Studio. Se utilizó la plantilla de uso libre de Tensor Flow Lite para hacer compatible el modelo con el entorno Android. Al pasar las pruebas de funcionalidad del código, se hizo algunos testeos al azar, con imágenes del mismo banco de entrenamiento, como se observa en la Figura 2.



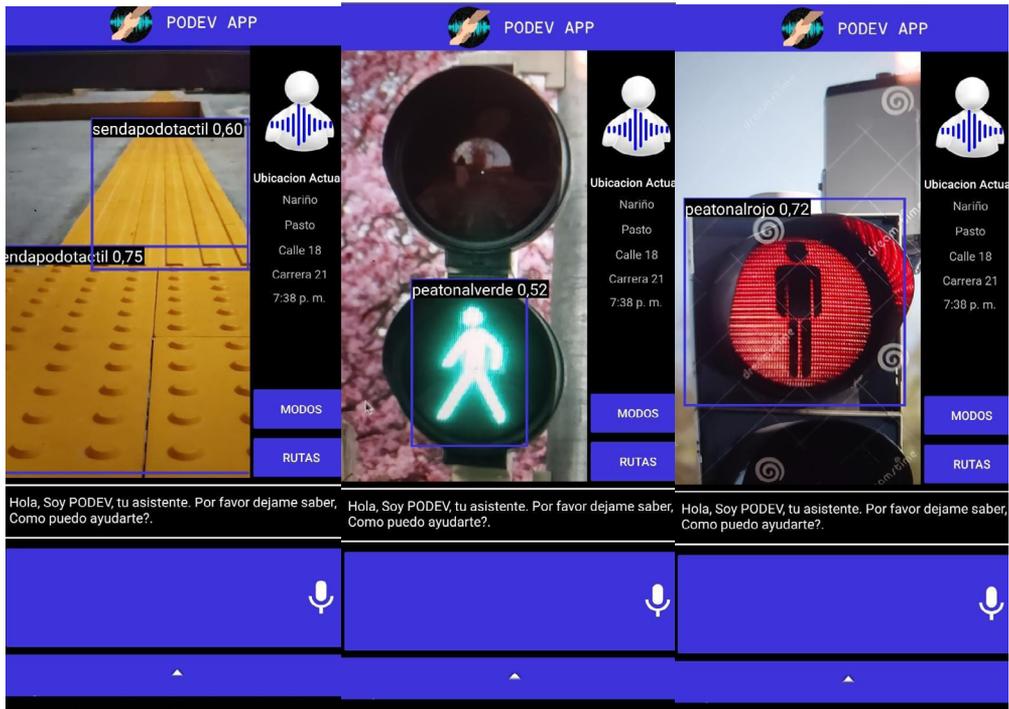
## Figura 2

*I.A. desde la plantilla de Tensor Flow Lite*



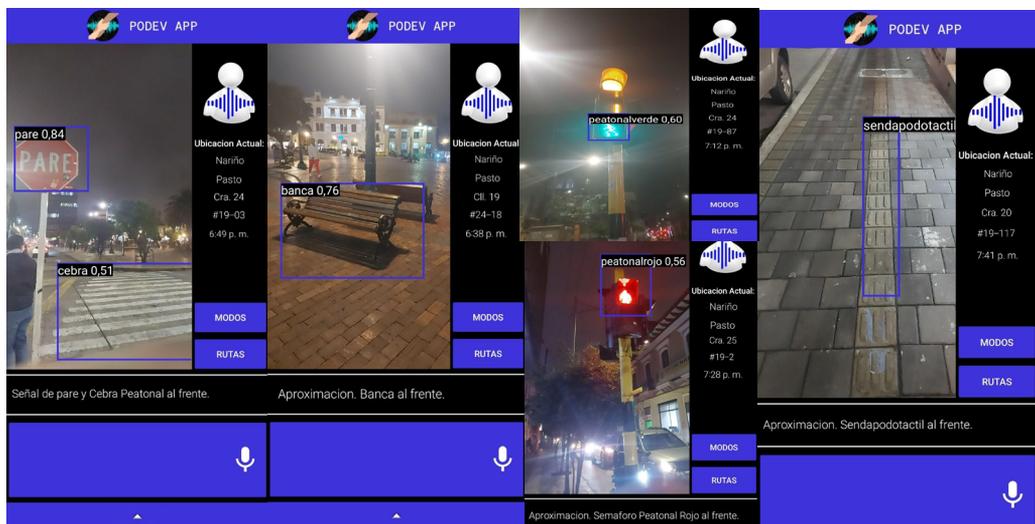
Posteriormente, se atendió el otro requerimiento funcional, donde a manera de demo se pretendió construir un asistente de voz que funcionase en conjunto con la inteligencia artificial y demás funcionalidades del aplicativo y, desarrollar el diseño elaborado en la segunda fase de la metodología, garantizando un diseño simple y fácil de usar. En la Figura 3 se muestra cómo funciona el aplicativo, atendiendo los requerimientos funcionales mencionados. Se desempeñó algunas pruebas con imágenes al azar, del mismo banco de entrenamiento. Cada comentario del asistente de voz se puede visualizar en la interfaz, para que todo lo expresado por el asistente quede soportado y resguardado; en la parte superior derecha se muestra información esencial de orientación, como datos espaciales y temporales. En la parte inferior se aprecia un botón que le permite al usuario comunicarse con el asistente; este funciona a través de los servicios de Google, para dar confianza al usuario a la hora de brindar permisos al aplicativo. En la parte superior izquierda se puede ver la lectura de los espacios que puede cubrir la cámara del dispositivo móvil; la inteligencia artificial discierne en tiempo real y grafica cada objeto que pueda identificar. Se puede evaluar esto en la Figura 3.

**Figura 3**  
*PodevApp*



Para finalizar el periodo de pruebas, se probó el aplicativo en entornos urbanos reales de la ciudad de San Juan de Pasto. La inteligencia artificial desempeñó resultados superiores al 50 % en asertividad en el reconocimiento de objetos de las clases especificadas. Las pruebas fueron desarrolladas en el centro de la capital: Plaza de Nariño, cerca de la Plaza del Carnaval, carreras 20, 23, 24 y 25, calle 19 y sus alrededores, como se ve en la Figura 4.

**Figura 4**  
*PodevApp en el entorno urbano*





Después, se planeó, mediante entrevista, identificar cuáles eran los facilitadores y barreras para la movilidad de las personas con discapacidad visual de la ciudad de San Juan de Pasto. Con esta información se pudo repetir todo el proceso descrito, para un nuevo entrenamiento de la inteligencia artificial con los nuevos requerimientos funcionales que se pudo rescatar de las entrevistas.

### Conclusiones

Una investigación como la presente, denota una importancia característica ante la atención de problemáticas como la mencionada; cobra una visión relevante en la resolución de problemas en el contexto de la discapacidad; en el caso particular, la visión que otorgan las disciplinas de Terapia Ocupacional e Ingeniería de Sistemas.

Después de realizar el análisis de los antecedentes, se pudo validar la utilidad y urgencia de una solución móvil como la que se propone. La evaluación de resultados de los antecedentes permitió identificar los principales requerimientos funcionales que se debe solucionar para poder cumplir con el objetivo.

La construcción de un demo funcional solucionando algunos de los requerimientos funcionales permitió marcar una ruta clara de desarrollo que, si bien no es definitiva aún, sí marca un fuerte punto de referencia.

La planeación, diseño y construcción de un demo permitió identificar esos instrumentos y herramientas, que servirán para el desarrollo del aplicativo en los ciclos siguientes, como los entornos de desarrollo libre Android Studio y Google Colab.

La búsqueda de información necesaria para la construcción de un modelo de inteligencia artificial que pueda ayudar al reconocimiento de posibles obstáculos sirvió para identificar plataformas y repositorios de desarrollo muy útiles que servirán también en el desempeño de ciclos de desarrollo futuros, plataformas y repositorios referentes al desarrollo y a la inteligencia artificial, como GitHub, Robo Flow y Tensor Flow.

El desarrollo de un demo funcional cubriendo los principales requerimientos funcionales aportó en la identificación de los lenguajes de programación adecuados para el proyecto. Por un lado, la construcción de redes neuronales para el reconocimiento de objetos mediante el lenguaje Python se presenta bastante adecuado debido a la alta cantidad de información que se puede encontrar respecto a diferentes tipos de inteligencias artificiales trabajadas en este lenguaje. Así mismo, el desarrollo del aplicativo móvil con las funciones mencionadas mediante el uso del lenguaje Kotlin, un lenguaje que se está abriendo campo en el desarrollo de aplicaciones móviles y que presenta facilidad con la compatibilidad y uso de modelos de inteligencia artificial construidos en Python.



## Referencias

- Araujo, D. H., Erazo, R. A., Hidalgo, K. M., Gómez, F. y Mayorca, D. (2020). Exoesqueleto mecatrónico para mano, enfocado a facilitar funciones de agarres en personas con lesión medular. *CEI, Boletín Informativo*, 7(3), 111-115
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Discapacidad. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/discapacidad>
- Garcés Peña, Y. M. y Suárez M. B. (Dir.). (2018). *Aplicabilidad de la normativa legal para la inclusión laboral de las personas con discapacidad en sectores gubernamentales del Estado Yaracuy*. Universidad de Carabobo.
- García, H. E., Camelo, F. y Molina, M. N. (s.f.). *Diseño y discapacidad visual. Metodología y orientación de proyectos para la accesibilidad*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Jaiswal, A., Aldersey, H. M., Wittich, W., Mirza, M., & Finlayson, M. (2020). Meaning and experiences of participation: a phenomenological study with persons with deafblindness in India. *Disability and Rehabilitation*, 42(18), 2580-2592. 10.1080/09638288.2018.1564943
- Piñeros, I. (2008). *Acceso a la información de las personas con discapacidad visual. Modelo de servicio para bibliotecas públicas*. Alfagrama Ediciones.
- Ríos, A. M., Ortiz, D. M. y Patiño, D. M. (2010). Sistema de información en tecnología de asistencia para Bogotá D. C. *Revista Ciencias de la Salud*, 3(1). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.574>