

IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO AJUSTABLE AL BASTÓN BLANCO PARA LA DETECCIÓN DE OBJETOS Y OBSTÁCULOS EN EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL.

Brayan Julián Aguirre Sánchez^{1(*)}, José Iván Méndez Correa¹

¹IPolitecnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

RESUMEN: En este trabajo se presenta la implementación de un dispositivo adaptable al bastón blanco para la asistencia de personas con discapacidad visual en el reconocimiento de objetos y obstáculos y la distancia a la que se encuentran los mismos. El dispositivo emite alertas a través de mensajes de audio en los que indica qué objeto se encuentra en frente y a qué distancia está en un rango de 1 m a 4 m. También, envía alertas vibratorias a la persona que lo usa. El dispositivo usa un algoritmo de clasificación de imágenes usando técnicas de inteligencia artificial como el Deep learning. El algoritmo detecta una gran cantidad de objetos, este, se condiciona y se limita a través de Arduino para que el dispositivo trabaje en base a las especificaciones determinadas y a las necesidades de las personas con discapacidad visual. El dispositivo detecta los objetos y obstáculos determinados, además de medir correctamente la distancia a la que se encuentran. Las alertas que emite en la comunicación con el usuario, son adecuadas y acordes al funcionamiento del dispositivo.

Palabras clave: Deep learning, bastón blanco, discapacidad visual.

Recibido: 7 de mayo de 2025. Aceptado: 20 de septiembre de 2025

Received: May 7th, 2025. Accepted: September 20th, 2025

IMPLEMENTATION OF A DEVICE ADJUSTABLE TO THE WHITE CANE FOR THE DETECTION OF OBJECTS AND OBSTACLES IN THE MOTION OF PEOPLE WITH VISUAL DISABILITIES.

ABSTRACT: This paper presents the implementation of a device adaptable to the white cane for the assistance of people with visual disabilities in the recognition of objects and obstacles and the distance at which they are. The device emits alerts through audio messages in which it indicates which object is in front and at what distance it is in a range of 1 m to 4 m. Also, it sends vibrating alerts to the person using it. The device uses an image classification algorithm using artificial intelligence techniques such as deep learning. The algorithm detects a large number of objects, this is conditioned and limited through Arduino so that the device works based on the determined specifications and the needs of the visually impaired. The device detects the objects and obstacles determined, in addition to correctly measuring the distance at which they are. The alerts that it issues when communicating with the user are adequate and consistent with the operation of the device.

Keywords: Deep learning, white cane, visual disability.

(*)brayan_aguirre91151@elpoli.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo se dice que aproximadamente 1300 millones de personas tienen deficiencias visuales. 188,5 millones de personas tienen deficiencia visual moderada, 217 millones tienen deficiencia visual grave y 36 millones tienen ceguera, lo anterior, corresponde a la visión de lejos. 826 millones tienen deficiencia visual referente a la visión de cerca. Actualmente existen diferentes cirugías e intervenciones para prevenir y corregir la discapacidad visual.

Por ejemplo, cuando se habla de error de refracción, este puede arreglarse con gafas y la cirugía de cataratas tiene la posibilidad de devolver la visión.[1] Las personas con discapacidad visual poseen un problema permanente en lo referido a su movilidad y las actividades cotidianas porque la ubicación y el desplazamiento, son acciones relacionadas en gran parte al sentido de la visión. Por lo anterior, las personas con deficiencia visual, deben hacer uso de diferentes ayudas que les sirvan como asistencia. Una de las herramientas más usadas por esta población, es el bastón blanco, este bastón aumenta la autonomía de las personas con discapacidad visual.

El bastón blanco cuenta con tres características principales: es distintivo porque permite que las personas con discapacidad visual sean identificadas, protección en lo que se refiere a evitar obstáculos de la cintura hacia el suelo e información a través del tacto indirecto para la saber la superficie que se está transitando.

Muchos de los avances más recientes en las tecnologías de asistencia, plantean el objetivo de crear dispositivos electrónicos a las personas con discapacidad visual para que el desplazamiento de las mismas sea mucho más sencillo. [2] El bastón blanco es el elemento más extendido en el mundo para personas con discapacidad visual en sus trayectos por las calles e instalaciones públicas. Se trata de una vara ligera y alargada que identifica a las personas con discapacidad visual y les sirve de guía para sus desplazamientos de forma autónoma por la vía pública. En este trabajo de grado, se realiza la implementación de un dispositivo ajustable al bastón blanco para detectar objetos y obstáculos en el desplazamiento de personas con discapacidad visual por diferentes entornos. Esto se hace, utilizando inteligencia artificial y un sensor de distancia. El dispositivo funciona estableciendo comunicación con la persona mediante alertas que le permiten un correcto desplazamiento. El trabajo consta de 3 capítulos: el primer capítulo se basa en la recolección de información mediante entrevistas a personas con discapacidad visual para saber sus necesidades y problemas al momento de desplazarse y de usar el bastón blanco, en el segundo capítulo se realiza el acondicionamiento un algoritmo con inteligencia artificial para integrarlo a un sensor de distancia que permite la identificación de objetos y obstáculos por parte del dispositivo, por último, el tercer capítulo consiste en la verificación del dispositivo mediante pruebas con diferentes voluntarios mientras estos de desplazan por varios espacios y evaden obstáculos dentro de los mismos.

2. MATERIALES Y METODO

a. Hardware

Para la construcción del dispositivo se hace uso de diferentes elementos externos al hardware del equipo. La implementación de este dispositivo comienza por hacer uso de un soporte que pueda ajustarse al bastón blanco y que proporcione comodidad al usuario y estabilidad al dispositivo. Para esto se hace uso de un soporte de celular para bicicleta que se adapte a los requerimientos planteados a continuación: Es necesario que el dispositivo posea una pieza que permita aferrar el mismo al bastón, también, se necesita un espacio para sostener la fuente de alimentación y otro que sostenga y almacene el circuito electrónico.

Cámara JeVois A-33. Es una cámara pequeña con unas dimensiones de 3,9cm de alto x 3,1cm largo y 2,31cm ancho, esta combina un sensor de imagen, una computadora de cuatro núcleos integrada y un enlace de video USB. Un resumen de sus especificaciones es que: tiene 1,3 Mega Pixel que va desde 15 FPS hasta 120 FPS, una GPU de doble núcleo, una memoria RAM de 256 MB, conector de puerto micro serie de 5 o 3,3 V además de un ventilador de refrigeración integrado. La cámara se comunica con Arduino u otros controladores integrados. El dispositivo es creado a partir de software libre y el mismo contiene módulos de visión artificial: como reconocimiento de objetos que es el que se está usando, reconocimiento de rostros, códigos Aruco, seguimiento de objetos por color, entre otros. La cámara utiliza modelos basados en Deep learning, este, es un método de aprendizaje de la inteligencia artificial perteneciente al campo del machine learning. También llamado aprendizaje profundo, se trata de un algoritmo automatizado, organizado de manera jerárquica que busca imitar el aprendizaje humano está compuesto por redes neuronales interconectadas que permiten el procesamiento de la información. Los algoritmos del Deep learning se componen por diferentes capas neuronales con sus respectivos pesos. Las principales capas de este sistema son: capa de entrada, para asimilar los datos de entrada, la capa oculta, que realiza el procesamiento de la información y la capa de salida que es la encargada de tomar alguna decisión para los datos de salida.[3]

Soporte. Para la implementación del dispositivo, se comienza haciendo uso de un soporte para bicicleta que es adaptado para sostener la fuente de alimentación, esta, es un Power bank de 10000 mA. El compartimiento que sostiene el Power bank, posee una pieza sujetadora ajustable que sirve para adecuar el dispositivo al mango del bastón blanco sin importar el grosor del mismo.

Power bank. Funciona como fuente de alimentación. Este elemento electrónico posee una entrada USB tipo C que sirve para cargar el mismo, 2 salidas USB de 5 V y 2.1 A y tiene una capacidad de almacenamiento de carga de hasta 10000 mA. Con este Power bank se alimenta la cámara y la totalidad del circuito electrónico.

Caja almacenadora. Es una caja usada como compartimiento del circuito electrónico y la cámara. Esta va unida a la pieza que contiene el Power bank y contiene: la placa de Arduino UNO, el sensor ultrasónico, el módulo lector de microSD y la

cámara JeVois A-33. Las dimensiones de la caja son: 16 cm x 9,5 cm x 5 cm.

Circuito electrónico. Para este circuito se hace uso de una placa Arduino UNO, un sensor de ultrasonido, un módulo lector de microSD y la cámara JeVois A-33. El circuito electrónico está dividido en dos partes: la primera pertenece a las alertas sonoras que proporciona el dispositivo cuando establece comunicación con el usuario. Esta funciona mediante auriculares con puerto de conexión Jack de 3.5mm que se conectan a una salida de audio. La segunda parte consta de alertas vibratorias que se emiten mediante un micro motor vibrador. Para intercambiar los estados de las alarmas de comunicación, se hace uso de un interruptor que permite cambiar estas a voluntad del usuario con el objetivo de seleccionar si quiere alarmas sonoras o vibratorias. En la Fig. 1 se observa el circuito.

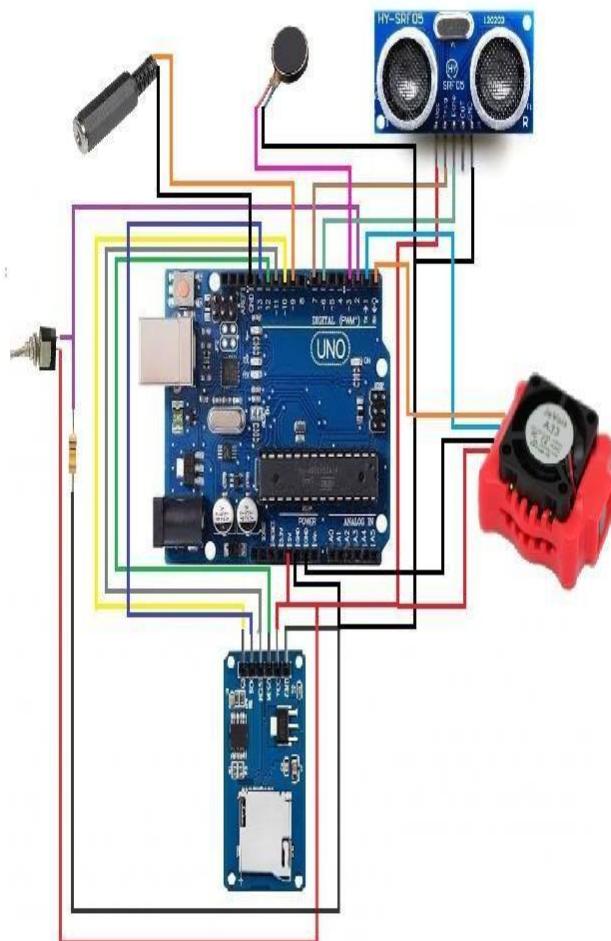


Fig. 1 Circuito electrónico interno del dispositivo

Todos los elementos mencionados hasta este punto, han sido unificados para dar por terminada la construcción del dispositivo. El dispositivo final ha quedado con las siguientes dimensiones: 16 cm x 9,5 cm x 18 cm. El peso del dispositivo es 660 g.

Ubicación del dispositivo en el bastón.

El dispositivo se ha ubicado en la parte inferior del mango, este a su vez, ubicado en la parte alta del bastón blanco. La pieza ajustable de la parte trasera del dispositivo, se adapta sin importar cuál sea el grosor del bastón. Por último, se procede a ubicar el dispositivo en la posición requerida, gracias al soporte que permite mover el mismo sobre su propio eje. El dispositivo y su ubicación pueden verse en la Fig. 2.



Fig. 2 Dispositivo ajustado al bastón blanco

Software

Selección del algoritmo. Para la detección de objetos, se evaluaron dos tipos de algoritmos: Detection DNN y Darknet YOLO.

Detection DNN. Es un sistema basado en el cerebro humano, sus funciones y la forma en que funciona, sirvieron de inspiración para la creación de la red neuronal. La inteligencia artificial y el aprendizaje automático, que son un subconjunto de la IA, juegan un papel esencial en su funcionalidad. **Darknet YOLO.** En este algoritmo se aplica una red neuronal a una imagen completa. Esta red divide la imagen en regiones que predice cuadros delimitadores y probabilidades para cada región.

Estos cuadros delimitadores están ponderados por las probabilidades predichas. El algoritmo Detection DNN, cumple con los requerimientos planteados. Por lo anterior, se ha decidido trabajar e integrar con el dispositivo, el algoritmo Detection DNN.

Acondicionamiento del algoritmo. Teniendo el algoritmo previamente seleccionado que se está utilizando en la cámara, se procede a acondicionar el mismo para integrarlo con el sensor ultrasónico. Mediante el software de Arduino, se limita el número de objetos a detectar, se programa el sensor ultrasónico y se envían las alertas de audio adecuadas. Para el desarrollo del trabajo, se combina el algoritmo de visión artificial de la cámara, con un código propio que permite

establecer comunicación entre el Arduino, el sensor y el lector de tarjetas microSD, con el fin de enviar y recibir información para el tratamiento de la misma. Para esto se hace el uso de las librerías necesarias, las correctas comunicaciones, las funciones que permitan reproducir el audio correcto segundo la distancia y el objeto detectado.

Para la comunicación entre la cámara y Arduino, se utiliza un código que, según la información que envía la cámara, se saca la posición donde está el string del objeto y luego la posición donde está el porcentaje de confianza del mismo.

Se deben crear funciones las cuales permitan reproducir los audios necesarios en formato .wav para luego integrar esto con la distancia que este midiendo el sensor. Con esto se crea una función que, dependiendo de la distancia, va a reproducir el audio adecuado.

Por último, se hace uso del condicional ‘if’ con el cual se compara el objeto detectado y el nivel de confianza que debe tener un porcentaje mayor a 60% para una mayor seguridad en referencia al objeto detectado, y así, reproducir el audio correspondiente al objeto y a la distancia entregada por el sensor.

3.RESULTADOS

3.1 Recolección de información.

En este trabajo se hizo una entrevista estructurada en la que se reunieron 10 personas con discapacidad visual con el fin de recolectar información para el desarrollo de la investigación.

En la entrevista, se trataron tres temáticas diferentes con el objetivo de que la información recolectada fuera lo más completa y que se pueda averiguar, cuáles son las principales necesidades de las personas con discapacidad visual, las dificultades que poseen al desplazarse y la manera en la que quisieran la funcionalidad del dispositivo. En la primera temática, se habla y de consulta por las principales dificultades que tienen las personas con discapacidad visual para desplazarse con el bastón blanco por diferentes espacios. La segunda temática tratada fue basada en los principales objetos, situaciones y el entorno en general con los que se enfrentan las personas con discapacidad visual en su vida cotidiana, qué es lo más importante para detectar y qué objetos les generan más problemas o dificultades a la hora de realizar tareas o actividades en el día a día. Al final de la entrevista, se trató una tercera temática referida a las sugerencias o consideraciones que los participantes podían tener acerca de un dispositivo ideal según lo que ellos consideren y las necesidades que tengan.

En la Fig. 3 se puede observar los resultados de la primera parte de la entrevista donde se determina que estas tres categorías tienen el mismo nivel de importancia para las personas con discapacidad visual a la hora de reconocer y detectar objetos y obstáculos.

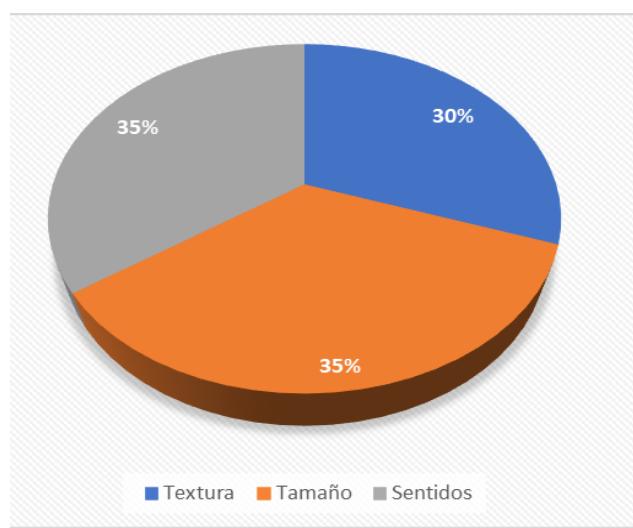


Fig. 3 Identificación de objetos a través de textura, tamaño y sentidos

En la Fig. 4 se muestra el desarrollo de la segunda etapa de la entrevista donde se determinan los objetos, obstáculos y lugares que las personas con discapacidad visual mencionaron como los más problemáticos a la hora de desplazarse.

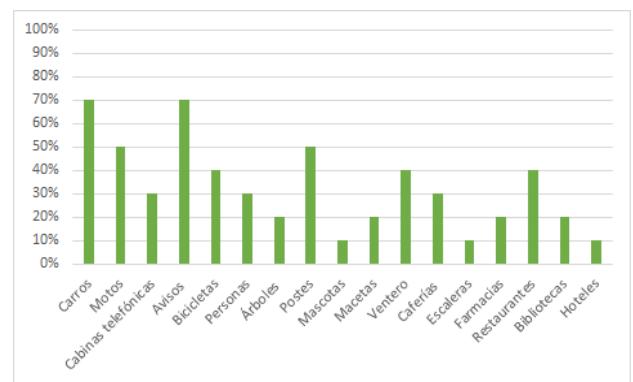


Fig. 4 Objetos, obstáculos y lugares más importantes para ser detectados

En la Fig. 5 se puede observar los resultados de la tercera etapa de la entrevista donde se determinan que los posibles usuarios del dispositivo prefieren alertas de audio y vibraciones en el mismo.

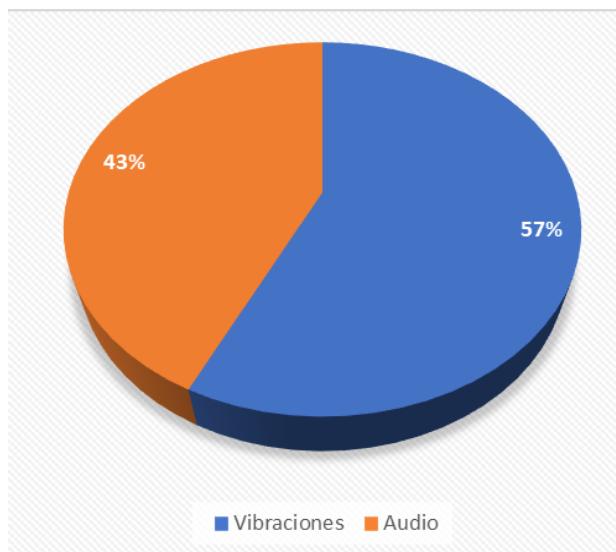


Fig. 5 Alertas preferidas por personas con discapacidad visual para el dispositivo

3.2 Acondicionamiento del algoritmo.

Para la evaluación de los algoritmos Detection DNN y Darknet YOLO, se evaluaron 3 características que se consideran las más importantes: el costo de CPU en porcentaje, la temperatura en grados Celsius y el nivel de confianza del objeto detectado en porcentaje. La comparación se hizo cada tres minutos, empezando desde el minuto 3, hasta llegar a los 12 minutos con cada algoritmo. Las pruebas se realizaron con la cámara en movimiento y con la misma en estado estático. Un ejemplo de la comparación de las características que arrojaron las pruebas del algoritmo Detection DNN puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del algoritmo Detection DNN

Objeto	CPU (%)	T (°C)	Confianza (%)
Persona	298	74	83
Silla	294,3	74	62
Mesa	296,2	73,2	64
Televisor	295,2	74	83

3.3 Verificación del funcionamiento del dispositivo.

Alertas vibratorias.

Las alertas vibratorias se generan a través de un micro motor vibrador que genera frecuencias de acuerdo a un PWM emitido desde el Arduino. Estas frecuencias varían según sea la distancia que entrega el sensor ultrasónico, a mayor acercamiento a un objeto, mayor intensidad de vibración, cuando se aleja el dispositivo de un obstáculo determinado, esta intensidad, disminuye progresivamente. En la Tabla 2 se puede apreciar un ejemplo de los datos recolectados en las pruebas. Dicha tabla es una porción de la tabla original que tiene 22 datos

Tabla 2. Toma de mediciones con el sensor de distancia

Distancia real (m)	Intensidad	Resultado de la medición
1,20	Alta	Correcto
2,00	Media	Correcto
3,85	Baja	Correcto
2,50	Baja	Incorrecto
1,96	Media	Correcto
0,94	Alta	Correcto
1,80	Alta	Correcto
3,25	Baja	Correcto
2,83	Alta	Incorrecto
3,50	Baja	Correcto

Alertas sonoras.

Para comprobar que el funcionamiento del dispositivo y las alertas sonoras sean adecuadas, se han realizado pruebas donde se tiene en cuenta la distancia real y la entregada por el dispositivo al igual que el objeto detectado. La toma de estos datos y las pruebas realizadas, fueron en un día soleado, un día nublado y en las horas de la noche. Un ejemplo de la toma de esta pruebas se puede observar en la Tabla 3. Esta tabla es una porción de la tabla original que tiene un total de 42 datos.

Tabla 3. Pruebas de detección de objetos

Objeto real	Objeto detectado por el dispositivo	Resultado de la medición
Persona	Persona	Correcto
Carro	Carro	Correcto
Moto	Bicicleta	Incorrecto
Moto	Moto	Correcto
Persona	Persona	Correcto
Maceta	Maceta	Correcto

La realización de las pruebas presentó diferentes errores en los entornos en los que se realizaron. Estos pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de error de las pruebas realizadas

	Día soleado	Día nublado	Noche
Porcentaje de error (%)	16,66	9,52	23,81

La verificación del funcionamiento del dispositivo se llevó a cabo en el parque de Itagüí por dos personas adultas que poseen discapacidad visual. Para la realización de las pruebas por parte de estas personas, se puso el dispositivo en el bastón personal de cada uno de ellos, el cual se ajustó sin ningún problema. Las dos personas hicieron un recorrido total de aproximadamente 25 minutos donde cada uno de ellos, recibió acompañamiento por los integrantes del grupo con el fin de verificar que el funcionamiento del equipo fuera correcto, esto, sin afectar la autonomía de la persona que estaba usando el equipo. Terminado el recorrido y las pruebas correspondientes, se procede a hablar con las personas participantes y realizar una encuesta. En la encuesta había un total de 6 preguntas: ¿qué tan útil considera el equipo?, ¿qué tan cómodo es el equipo?, ¿qué tan fácil de usar es el equipo?, ¿considera que el equipo es claro al momento de decir objeto y distancia a la que se encuentra? Estas preguntas se respondían con una calificación de 1 a 5, donde 1 es muy malo, 2 es malo, 3 es aceptable, 4 es bueno y 5 muy bueno. También, había una pregunta que preguntaba por cuántas horas le gustaría al usuario, utilizar el dispositivo, esta se respondía con tres opciones que proporcionaban un rango horario así: menos de 5 horas, entre 5 y 10 horas o más de 10 horas. Por último, se hacía una pregunta donde se respondiera cuánto estarían dispuestos a pagar por el dispositivo, esta pregunta, se respondía por tres rangos de precio como opciones para responder: entre 100.000\$ y 500.000\$, entre 500.000\$ y 1.000.000\$ o más de 1.000.000\$. Lo anterior se puede ver en la Tabla 5 y la Tabla 6.

Tabla 5. Respuestas a las preguntas de calificación de 1 a 5

	Utilidad del equipo	Comodidad del equipo	Facilidad de uso	Claridad de las alertas
Persona 1	4	2	5	5
Persona 2	4	3	5	4

Tabla 6. Respuestas a las preguntas que poseen rango como opción

	Cuánto estaría dispuesto	
	Uso del equipo	a pagar por el equipo
Persona 1	Más de 10 horas	100.000\$ a 500.000\$
Persona 2	Entre 5 y 10 horas	100.000\$ a 500.000\$

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Recolección de información

En la primera etapa se identificaron las principales dificultades que tienen las personas con discapacidad visual para desplazarse con el bastón blanco por diferentes espacios y la manera en la que detectan objetos y obstáculos, el método que usan para ubicarse en el espacio y cómo miden distancias entre objetos. Todo lo anterior lo logran a partir de cómo se sienten las texturas, el tamaño y el cómo usan sus sentidos para la ubicación espacial. Según la información recolectada de la entrevista, textura y tamaño obtuvieron 7 puntos, mientras que la categoría sentidos obtuvo 8 puntos en total. Puede decirse que, las 3 cosas mencionadas anteriormente tienen el mismo nivel para las personas con discapacidad visual a la hora de ubicarse y de detectar objetos y obstáculos. La segunda etapa estaba referida a la vida cotidiana de las personas con discapacidad visual y cómo esta se ve afectada por diferentes objetos y su entorno en general. Para esta etapa los entrevistados hablaban de muchos factores que afectan el desarrollo de un día normal. Los carros y avisos son los principales objetos que más problemas generan a las personas con discapacidad visual, seguido de motos, bicicletas, postes, venteros y restaurantes. Por último, existen otros objetos que al igual que los anteriores, generan problemas para el desplazamiento, pero, en menor medida, estos son: personas, árboles, hoteles, mascotas, macetas, cafeterías, escaleras, farmacias, y bibliotecas. En la tercera y última etapa de la entrevista las personas con discapacidad visual que participaron de ella, hablan de cómo les gustaría la funcionalidad y ubicación del dispositivo sobre el bastón blanco. Según la información recolectada, ellos prefieren que el dispositivo se ubique en la parte alta del bastón, además, prefieren que las alertas se integren y se alternen entre vibraciones y mensajes con audio dependiendo del entorno y la situación en la que se encuentren.

4.2 Acondicionamiento del algoritmo.

El algoritmo elegido ha sido el algoritmo Detection DNN. Las pruebas realizadas han sido determinantes en lo que se refiere a la elección del algoritmo, dichas pruebas se han hecho a diferentes objetos y con la cámara en diferentes estados (estática y en movimiento). Estos estados han permanecido en un medio con condiciones constantes. Según las pruebas y la información obtenida con la cámara estática, el algoritmo Detection DNN, detecta todos los objetos que se han propuesto con un alto porcentaje de confianza que parte desde un 70% hasta un 99%, mientras que, el algoritmo Darknet YOLO no detecta uno de los objetos presentados, además, en los objetos que logra detectar, lo hace con una confiabilidad máxima de 70,2%. Despues de revisar el rendimiento de la CPU y el aumento de la Temperatura, se puede observar que el algoritmo Detection DNN, exige mucho más a la cámara que el algoritmo Darknet YOLO. En las pruebas con la cámara en movimiento, el algoritmo Detection DNN, detecta todos los objetos propuestos con un porcentaje de confiabilidad que va desde el 62% hasta el 83%. Por su parte, el algoritmo Darknet YOLO, presenta un porcentaje de confianza mínimo de 48% hasta un máximo de 62%, además, falla otra vez en la

detección de uno de los objetos. El rendimiento de la cámara en movimiento, es menor cuando se hace uso del algoritmo Darknet YOLO. En ambos estados, la cámara demuestra trabajar mejor cuando se toma el algoritmo Detection DNN

sin importar el movimiento o las perturbaciones a las que se exponga la cámara. Con este algoritmo, se detecta la totalidad de los objetos propuestos con un porcentaje de confianza aceptable para la necesidad y objetivos del trabajo. Independiente de que el algoritmo Darknet YOLO muestre un rendimiento mucho menos exigente para la cámara, el algoritmo Detection DNN, cumple con los requerimientos planteados. Por lo anterior, se ha decidido trabajar e integrar con el dispositivo, el algoritmo Detection DNN. El acondicionamiento del algoritmo, integrado con el hardware, se hizo a partir de un código con Arduino, el cual se encarga de procesar la información recibida por el sensor de distancia y la cámara, para luego enviarla de forma auditiva a el usuario del dispositivo y así facilitar su desplazamiento por entornos desconocidos, independiente de los objetos y obstáculos presentes en el medio.

4.3 Alertas vibratorias.

Para verificar el adecuado funcionamiento del motor, se hicieron pruebas donde el dispositivo fue expuesto a diferentes medidas con determinados objetos y obstáculos donde se midió la distancia real y se determinó si las vibraciones estaban a una intensidad alta, media o baja en comparación a la distancia medida. Para comodidad y para un uso adecuado, se ha fabricado un anillo de tela con un pequeño compartimiento donde se almacena el micro motor vibrador. Analizando las pruebas, se puede inferir que el funcionamiento del motor vibrador es adecuado para guiar a las personas con discapacidad visual al momento de usar el dispositivo, esto independiente de las fallas que pudieron observarse cuando la medida se salía del rango delimitado.

4.4 Alertas sonoras.

Para comprobar que el funcionamiento del dispositivo y las alertas sonoras sean adecuadas, se han realizado pruebas donde se tiene en cuenta la distancia real y la entregada por el dispositivo al igual que el objeto detectado. La información permite concluir que el dispositivo posee una detección buena de objetos y una medición aceptable de la distancia medida por el mismo en lo referido a la distancia real. Dentro de la información recolectada, se pueden apreciar varios errores que, después de las pruebas realizadas, se llega a la conclusión de que es por la luz que percibe la cámara. Objetos con la capacidad de reflejar mucha luz o superficies casi transparentes, crean confusión al momento de detectar un obstáculo u otro, incluso, esto puede verse también en algunas mediciones cuando se direccionaba el sensor ultrasonido a los vidrios y ventanas de los automóviles. El dispositivo responde de manera apropiada a diferentes entornos como: días muy soleados o días nublados. Con muy poca luz muestra varios defectos en cuanto a la detección de objetos y en la oscuridad total, el funcionamiento de la cámara no es aceptable. Cuando hay poca luz, la cámara se demora mucho más en detectar objetos, esto, en comparación al funcionamiento de la cámara con la luz del día donde se puede apreciar, que el dispositivo detecta los objetos con rapidez.

En las encuestas, se pueden observar las respuestas a las preguntas de la entrevista. En la pregunta 1, que hablaba de la utilidad del equipo, se puede ver que ambas personas se muestran muy cómodas con respecto a esto y lo califican con un total de 4 puntos, es decir, bueno. La pregunta 2, referente a la comodidad del equipo, muestra un descontento en las dos personas, donde una califica el dispositivo como malo en su comodidad, dándole una calificación de 2, y la otra, califica el dispositivo como aceptable en la misma pregunta. La pregunta número 3, que habla de la facilidad de uso del dispositivo, evidencia que los participantes de la entrevista, dan una calificación de 5 puntos, es decir, muy bueno. La cuarta pregunta, investiga qué tan claro es el equipo al momento de dar las respectivas alertas referentes a la detección de objetos y a la distancia a la que se encuentran los mismos, sean estas alertas, mensajes de audio o vibraciones. En esta pregunta, ambas personas dan muy buenas calificaciones al dispositivo, la persona 1 y la persona dos, le dan un 5 y un 4, respectivamente. La pregunta cinco, pregunta por la cantidad de horas que la persona quisiera usar el dispositivo, la persona 1, responde que le gustaría usarlo más de 10 horas, es decir, para añadirlo a su día a día, mientras que, la persona 2, elige usarlo en un rango de 5 a 10 horas, siendo este, un periodo de uso bastante largo. En la última pregunta, se consulta a los participantes por el precio que estarían dispuestos a pagar en caso de que el dispositivo estuviera en el mercado. La respuesta de ambos es que podrían pagar en un rango de 100.000\$ a 500.000\$. Las personas mencionaron que el proyecto era muy interesante y el dispositivo, les parecía muy útil y fácil de usar, pero, en cuanto a la comodidad, presentaron diferentes quejas porque el dispositivo era bastante pesado y, además, un poco grande para el bastón. Al terminar el encuentro, ambas personas comentan que les gustaría mejorar estos aspectos mencionados para lograr un equipo que pudiera adquirirse después en el mercado, incluso, uno de ellos estuvo dispuesto a colaborar para buscar un patrocinio con la empresa en la que labora.

5. CONCLUSIONES

- Para ubicarse en el espacio y medir distancia entre objetos, las personas con discapacidad visual hacen uso de los sentidos para identificar texturas y tamaños.
- Dentro de su entorno y su vida cotidiana, las personas con discapacidad visual identifican varios objetos como los que más problemas causan a la hora de desplazarse. Algunos de estos son: carros, avisos, motos, bicicletas y postes.
- Las personas con discapacidad visual prefieren que el dispositivo se ubique en la parte alta del bastón, además, prefieren que las alertas se integren y se alternen entre vibraciones y mensajes con audio dependiendo del entorno y la situación en la que se encuentren.
- Para la detección de objetos se ha elegido el algoritmo Detection DNN de la cámara Jevois- A33, esto

fue integrado con un sensor de distancia HY-SRF05 y una placa Arduino UNO.

- El acondicionamiento del algoritmo, integrado con el hardware, se hizo a partir de un código con Arduino, el cual se encarga de procesar la información recibida por el sensor de distancia y la cámara, para luego enviarla de forma auditiva a el usuario del dispositivo y así facilitar su desplazamiento por entornos desconocidos, independiente de los objetos y obstáculos presentes en el medio.

El recorrido realizado en las pruebas ha dejado claro los objetos que más se repiten en zonas muy concurridas, partiendo de esto, de las entrevistas realizadas a las personas con discapacidad visual y la cantidad de objetos que detecta el algoritmo Detection DNN, se seleccionan los objetos que deben ser detectados por el dispositivo: persona, silla, perro, moto, estacionamiento, maceta, mesa, carro, gato, tráfico, bus, bicicleta, pájaro y un banco que se determina como silla. Estos se han determinado.

- Cuando hay poca luz, la cámara se demora mucho más en detectar objetos, esto, en comparación al funcionamiento de la cámara con la luz del día donde se puede apreciar, que el dispositivo detecta los objetos con rapidez.
- El dispositivo responde de manera apropiada a diferentes entornos como: días muy soleados o días nublados. Con muy poca luz muestra varios defectos en cuanto a la detección de objetos y en la oscuridad total, el funcionamiento de la cámara no es aceptable.
- Al realizar las pruebas, las personas con discapacidad visual comunican que, el dispositivo, les parecía muy útil y fácil de usar, pero, en cuanto a la comodidad, presentaron diferentes quejas porque el dispositivo era bastante pesado y, además, un poco grande para el bastón.

6. AGRADECIMIENTOS

- Ahmed Alejandro Cardona Mesa, Ingeniero en Instrumentación y control y asesor técnico, por haber dedicado su atención, tiempo y conocimiento para ayudar a la realización de este trabajo.
- Mauricio Macías por dedicar su tiempo y haber estado siempre a disposición en este trabajo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Ceguera y discapacidad visual,» 11 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.

- [2] A. A. Cardona y R. Velasquez, «DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA PARA LA MOVILIDAD EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL: UNA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA,» Revista Politécnica, 2019.

- [3] SmartPanel, «¿Qué es el Deep Learning?,» 10 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.smartpanel.com/que-es-deep-learning/>.