

# **Sistema de orientación para personas con limitación visual usando inteligencia artificial**

Carlos Alfredo Lizarazo Plata

Asesor

Edna Rocio Bernal Monroy

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI  
Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información

2023

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a Dios por darme esta oportunidad, a mis padres por su apoyo incondicional y a mi hija que es el motor de mi vida.

### **Agradecimientos**

Agradezco a mi director de proyecto por su empeño en sacar adelante este proyecto y a mis

Profesores por su dedicación en este proceso.

## Resumen

La discapacidad visual afecta a millones de personas en todo el mundo, especialmente en regiones de bajos y medianos ingresos (M. A. Sánchez). Según la Organización mundial de la salud (OMS), existe alrededor de 36 millones de personas ciegas y 217 millones que tienen una discapacidad visual moderada o grave (WHO 2019). En el contexto nacional, se estima que el 1% de la población colombiana sufre de discapacidad visual, lo que equivale a alrededor de 465,166 personas (Ministerio de Salud y Protección Social 2015). Esta situación no solo afecta la calidad de vida de las personas, sino también su capacidad para participar en la sociedad y en la economía. En respuesta a esta problemática, se desarrolló un sistema embebido de orientación a bajo costo para personas con cualquier grado de discapacidad visual. Este sistema utiliza tecnologías de modelos de reconocimiento de rostro y sistemas embebidos para mejorar la seguridad y accesibilidad de la ubicación en entornos interiores. El diseño del sistema se realizó utilizando una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi y se implementó el reconocimiento de rostros mediante la librería OpenCV y procesamiento de imagen en Python. Los resultados obtenidos muestran que el sistema es confiable, con una eficiencia superior al 80% en pruebas realizadas en entornos interiores específicos, posibilitando el desplazamiento exitoso para personas con discapacidad visual.

**Palabras Clave:** Discapacidad visual, sistema de orientación, ubicación, movilidad, sistemas embebidos, reconocimiento de rostros.

## Abstract

Visual disability affects millions of people worldwide, especially in low- and middle-income regions (M. A. Sánchez). According to the World Health Organization (WHO), there are around 36 million blind people and 217 million people with moderate to severe visual disability (WHO 2019). In the national context, it is estimated that 1% of the Colombian population suffers from visual disability, which is equivalent to around 465,166 people (Ministerio de Salud y Protección Social 2015). This situation not only affects people's quality of life but also their ability to participate in society and the economy. In response to this problem, an electronic orientation system was developed at low cost for people with any degree of visual disability. This system uses artificial intelligence technologies and embedded systems to improve safety and accessibility of indoor location. The system was designed using a Raspberry Pi development board, and face recognition was implemented using the OpenCV library and image processing in Python. The results show that the system is reliable, with an efficiency of over 80% in tests conducted in specific indoor environments, enabling successful movement for people with visual disability.

**Keywords:** Visual disability, orientation system, location, mobility, embedded systems, face recognition.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	12
Planteamiento del Problema .....	15
Justificación .....	17
Objetivos .....	19
Objetivo General .....	19
Objetivos Específicos.....	19
Marco Teórico.....	20
Discapacidad Visual.....	21
Tecnologías de Asistencia para Personas con Discapacidad Visual.....	23
Inteligencia Artificial .....	26
Sistemas Embebidos: Características y Funcionamiento.....	33
Marco Conceptual.....	37
Movilidad y Orientación .....	37
Seguridad de Ubicación: Factores que Influyen y Técnicas para Mejorarla. ....	37
Sistemas de Orientación para Personas con Discapacidad Visual .....	38
Raspberry Pi: Definición y Características .....	43
OpenCV: Definición, Características y Procesamiento de Imágenes. ....	44
Lenguaje Python: Características y Procesamiento de Imágenes. ....	45
Marco Legal .....	46
Ley 1618 del 2013 .....	46
Ley 1581 de 2012.....	46
NTC 5854.....	47

Metodología .....	49
Análisis de Requerimientos .....	51
Diseño de la Solución .....	67
Implementación del Sistema de Orientación .....	68
Validación del Sistema de orientación.....	86
Mantenimiento del sistema .....	98
Conclusiones .....	99
Recomendaciones .....	100
Referencias Bibliográficas .....	101

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Clasificación pérdida visual</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Algoritmo de reconocimiento facial lbph</i> .....	28
<b>Figura 3</b> <i>Obtención de los parámetros lbp</i> .....	29
<b>Figura 4</b> <i>Obtención de los parámetros lbp</i> .....	30
<b>Figura 5</b> <i>Grafo frontal del rostro con 25 puntos de referencia</i> .....	31
<b>Figura 6</b> <i>Representación gráfica de una shallow neural network con una capa oculta</i> .....	32
<b>Figura 7</b> <i>Componentes dentro de un microcontrolador</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Sensores para sistemas embebidos</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Actuadores para sistemas embebidos</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Antena de radio lora para sistemas embebidos</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Tipos de memorias para sistemas embebidos.</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Tarjeta de desarrollo raspberry pi</i> .....	43
<b>Figura 13</b> <i>Pasos de la metodología a desarrollar</i> .....	51
<b>Figura 14</b> <i>Cuestionario de movilidad para personas con discapacidad visual</i> .....	52
<b>Figura 15</b> <i>Partes del funcionamiento del sistema de orientación a implementar</i> .....	68
<b>Figura 16</b> <i>Modelo entidad - relación. Fuente: autoría propia.</i> .....	69
<b>Figura 17</b> <i>Conexión cámara a raspberry pi</i> .....	70
<b>Figura 18</b> <i>Configuración cámara a raspberry pi</i> .....	71
<b>Figura 19</b> <i>Conexión sensor a raspberry pi.</i> .....	71
<b>Figura 20</b> <i>Pruebas reconocimiento facial</i> .....	75
<b>Figura 21</b> <i>Sistema entrenado</i> .....	77
<b>Figura 22</b> <i>Reconocimiento de rostros.</i> .....	79

<b>Figura 23</b> <i>Ingreso al aplicativo de orientación</i> .....	81
<b>Figura 24</b> <i>Aplicativo de orientación (vista)</i> .....	81
<b>Figura 25</b> <i>Creación de usuarios en aplicativo</i> .....	82
<b>Figura 26</b> <i>Entrada de audios del aplicativo</i> .....	82
<b>Figura 27</b> <i>Conexión del servidor apache y motor de base de datos mysql en xampp</i> .....	85
<b>Figura 28</b> <i>Base de datos del sistema de orientación en phpmyadmin</i> ....., .....	85
<b>Figura 29</b> <i>Entrada al dormitorio</i> .....	87
<b>Figura 30</b> <i>Entrada al dormitorio y sala</i> .....	88
<b>Figura 31</b> <i>Entrada al dormitorio sala y cocina</i> .....	89
<b>Figura 32</b> <i>Dormitorio</i> .....	89
<b>Figura 33</b> <i>Salida del dormitorio</i> . .....	90
<b>Figura 34</b> <i>Falla de reconocimiento en entrada de dormitorio</i> . .....	92
<b>Figura 35</b> <i>Reconocimiento en entrada de dormitorio</i> .....	92
<b>Figura 36</b> <i>Reconocimiento en entrada de dormitorio y sala</i> .....	93
<b>Figura 37</b> <i>Reconocimiento en entrada de dormitorio y cocina</i> . .....	94
<b>Figura 38</b> <i>Reconocimiento en entrada de sala</i> .....	94
<b>Figura 39</b> <i>Reconocimiento de rostro de dormitorio</i> .....	95
<b>Figura 30</b> <i>Falla reconocimiento de rostro de dormitorio</i> .....	96

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Softwares implementados en proyecto</i> .....	57
<b>Tabla 2</b> <i>Hardware implementado en el proyecto</i> .....	58
<b>Tabla 3</b> <i>Softwares implementados en el proyecto</i> .....	62
<b>Tabla 4</b> <i>Hardware implementado en el proyecto</i> .....	66
<b>Tabla 5</b> <i>Diccionario de datos para el manejo del sistema</i> .....	84
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados para 100 recorridos para la primera persona</i> .....	97
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados para 60 recorridos para la segunda persona</i> .....	97
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados para 60 recorridos para la tercera persona</i> .....	98

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Presentación d el proyecto</i> .....	107
<b>Apéndice B</b> <i>Video funcionamiento del proyecto</i> .....	108
<b>Apéndice C</b> <i>Video realizando pruebas de reconocimiento de rostros en el aplicativo web</i> .....	109
<b>Apéndice D</b> <i>Carta consentimiento informado de los usuarios con discapacidad visual</i> .....	110
<b>Apéndice E</b> <i>Carta consentimiento informado de los usuarios con discapacidad visual</i> .....	111

## Introducción

La discapacidad visual afecta a muchas personas de diferentes edades, razas y géneros. Se refiere a la pérdida total o parcial de la visión que no puede ser enmendada con lentes o tratamiento médico (WHO 2020). Es importante destacar que la ceguera puede ser causada por diversas razones, no solo por enfermedades oculares. Puede ser congénita o adquirida por traumatismos, accidentes cerebrovasculares, enfermedades infecciosas y otras causas (WHO 2020). La discapacidad visual en este sentido es una condición que puede limitar la movilidad, la autonomía y la participación en actividades sociales, educativas y laborales.

Las personas con discapacidad visual se enfrentan a la barrera de la falta de orientación en su entorno físico, lo que restringe su capacidad de desplazamiento, autonomía e integración social. Para superar este problema, se necesitan soluciones exhaustivas que no solo se centren en las limitaciones tecnológicas, sino que también aborden las barreras físicas y sociales. Algunos de los desarrollos que se han creado en pro de la mejora de la calidad de las personas con discapacidad han sido: sistemas de IoT basados en la nube para navegación por espacios públicos de manera autónoma (Sánchez-Rodríguez, D., García-Hernández, D. A., & García-Sánchez, F. 2021), dispositivos de ayuda en transacciones financieras (Pérez-Garrido, C., Rodríguez-Molina, J., García-Hernández, D. A., & Sánchez-Rodríguez, D. 2020), sistemas de navegación con IA para navegación en espacios públicos, entre otros proyectos que fortifican el desarrollo de herramientas tecnológicas para orientación o navegación entre la comunidad invidente.

Es fundamental reconocer que la inclusión de personas con discapacidad visual esta reconocida como un derecho humano a nivel internacional (CISDPD 2006). Es por esto que se

genera un motivo de importancia para eliminar las barreras que les dificulta vivir una vida plena e independiente.

En virtud de ello, el presente documento evidencia detalladamente cada una de las variables de estudio tenidas en cuenta para el desarrollo de un sistema embebido de orientación a bajo costo para personas con cualquier grado de discapacidad visual, el cual tiene por objetivo mejorar la movilidad de dichas personas en espacios cerrados. Este sistema utiliza técnicas avanzadas de procesamiento de señales y modelos de reconocimiento de rostro, que permiten a los usuarios con limitaciones visuales ubicarse y desplazarse en un área específica.

El sistema comienza con el reconocimiento de rostros, obtenido a través del procesamiento de imágenes capturadas por cámaras ubicadas en lugares específicos. Esto permite obtener las coordenadas del rostro detectado y la identificación de la cámara que realizó la detección, lo que a su vez brinda la información necesaria de la ubicación de la persona. Luego, se utilizan tecnologías como tarjetas de desarrollo (en este caso: Raspberry Pi) para interconectar una serie de condiciones, clasificadas según las coordenadas recibidas con las cámaras, para transmitir las a través de equipos de audio. Así, se brindan instrucciones e información específica al usuario, como secuencias de pasos, distancias medidas en metros, movimientos, giros, nombres de objetos o lugares, entre otros.

Los resultados obtenidos por el sistema de orientación para personas con discapacidad visual son óptimos, ya que han demostrado ser confiables y eficientes en pruebas realizadas en entornos interiores específicos. Con una eficiencia superior al 80%, el sistema ha permitido a personas con discapacidad visual desplazarse de manera exitosa en entornos cerrados, significando un punto a favor a la mejora de su calidad de vida y autonomía. Además, el sistema ha demostrado ser fácil de usar y de bajo costo, lo que lo hace accesible a una amplia gama de

usuarios, empresas y/o organizaciones. Estos resultados sugieren que la aplicación de tecnologías de procesamiento de señales y modelos de reconocimiento de rostro puede tener un impacto significativo en la inclusión y accesibilidad de las personas con discapacidad visual.

Del mismo modo, el sistema no solo mejora la experiencia de los usuarios con discapacidad visual, sino que también representa una oportunidad para las empresas y organizaciones interesadas en brindar una buena experiencia a sus clientes y visitantes. De esta forma, se puede generar un mercado interesante para el desarrollo de tecnologías inclusivas, lo que puede beneficiar a una gran parte de la población en el mundo.

## Planteamiento del Problema

La discapacidad visual es una limitación que afecta a una gran cantidad de personas, con una prevalencia del 2.2% en todo el mundo según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO 2021). Estas personas enfrentan barreras significativas para su movilidad y orientación en entornos desconocidos, lo que a menudo les impide participar plenamente en la sociedad. Si bien existen soluciones tecnológicas que pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a orientarse en el mundo, muchos de estos sistemas son costosos y están fuera del alcance de las personas y las familias de estos con bajos ingresos económicos (M.F. Bietti 2023). Existen varios estudios sobre el desarrollo de sistemas de orientación para personas con discapacidad visual. Por ejemplo, en un estudio realizado por Huang y sus colegas (Huang, J., Zhang 2016), se desarrolló un sistema de guía basado en sonido que utiliza un teléfono inteligente y un dispositivo de transmisión de audio Bluetooth para ayudar a las personas con discapacidad visual a navegar por entornos desconocidos. En Colombia, la situación de las personas con discapacidad visual es similar a la de otros países. Según un estudio publicado en 2015 por la OMS, se estima que en Colombia hay alrededor de 264.000 personas con discapacidad visual, lo que representa el 0,5% de la población total del país (OMS 2015). Sin embargo, el acceso a soluciones tecnológicas de orientación sigue siendo limitado para muchas personas debido a su alto costo y la falta de conciencia sobre estas tecnologías. Por esta razón, se requiere el desarrollo de un sistema capaz de mejorar la calidad de vida de un invidente de forma óptima.

En este orden de ideas, el desarrollo de un sistema embebido de orientación a bajo costo para personas con cualquier grado de discapacidad visual es un proyecto que responde a una necesidad empírica, ya que su objetivo principal es brindar una solución práctica y tangible a un problema específico: la falta de accesibilidad y autonomía de las personas con discapacidad

visual en entornos desconocidos. Si bien este proyecto puede tener fundamentos teóricos que lo respalden, estos están al servicio de la solución práctica a un problema empírico. Por lo tanto, aunque puede haber una interacción entre la necesidad teórica y la necesidad empírica, en este caso particular, la necesidad empírica es la principal motivación del proyecto.

Siendo así, la pregunta a introducir es: ¿Es posible mejorar la movilidad o navegación de una persona con discapacidad visual en un espacio específico a través de un sistema de orientación?.

## **Justificación**

A pesar de los avances tecnológicos en la cuarta revolución industrial (4RI), todavía existe una necesidad latente de soluciones en el campo de la orientación para las personas con discapacidad visual con características asequibles, accesibles y efectivas. La falta de acceso a soluciones de ubicación es un obstáculo importante para su integración social y laboral (M.F. Bietti 2023).

La Cuarta Revolución Industrial (4RI) brinda una serie de nuevas posibilidades para el desarrollo de soluciones tecnológicas destinadas a abordar diversos problemas sociales. La implementación de tecnologías como la inteligencia artificial, el internet de las cosas y los sistemas embebidos ha permitido el surgimiento de oportunidades para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Un ejemplo de ello es la posibilidad de obtener información precisa y en tiempo real sobre la ubicación y el entorno de estas personas (Cho, Y., Kim, H., & Kim, Y 2016), lo cual puede ser de gran ayuda para mejorar su movilidad y autonomía.

En este contexto, se justifica el proyecto de “Desarrollo de un sistema embebido de orientación a bajo costo para personas con cualquier grado de discapacidad visual”, pues este, aborda una problemática social de inclusión significativa que podría solucionarse al proporcionar una alternativa útil para mejorar la orientación de las personas invidentes. Este proyecto podría suministrar una solución innovadora que optimice la capacidad para desplazamiento de los invidentes de forma autónoma y segura en su entorno, reduciendo así la dependencia de otros y mejorando su calidad de vida.

En el desarrollo del sistema de orientación, es esencial asegurar que la ayuda tecnológica brindada beneficie a la humanidad y no genere impactos negativos en el medio ambiente; Uno de los principales fundamentos que se tuvo en cuenta durante la ejecución del sistema es utilizar recursos que no afecten al medio, lo cual garantiza que el proyecto no causará ningún tipo de desastre ambiental ni problemas relacionados con la contaminación.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un sistema de orientación basado en modelos de reconocimiento de rostro para mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual en entornos interiores, con el uso de tecnologías de reconocimiento y procesamiento de imágenes.

### **Objetivos Específicos**

Establecer los requerimientos tecnológicos necesarios relacionados con la discapacidad visual, sus causas, consecuencias y las tecnologías existentes para el diseño del sistema de orientación para usuarios con discapacidad visual en entornos específicos,.

Diseñar y desarrollar un sistema de orientación basado en modelos de reconocimiento de rostros

Evaluar y ajustar el sistema de orientación mediante pruebas en entornos interiores específicos, enfocándose en la orientación y desplazamiento de personas con discapacidad visual.

## Marco Teórico

El marco teórico desempeña un papel fundamental en este informe, ya que proporciona una base sólida de conocimientos y conceptos necesarios para comprender en detalle la discapacidad visual, las tecnologías de asistencia disponibles y los aspectos relacionados con el diseño de sistemas de orientación. En este sentido, la revisión bibliográfica exhaustiva desempeña un papel crucial, permitiendo al lector explorar diversas fuentes de información, como libros, publicaciones científicas y tesis académicas, así como el uso de herramientas como Google Académico y páginas web confiables y oficiales.

La relevancia de esta revisión bibliográfica radica en su capacidad para brindar una visión integral y actualizada de la discapacidad visual, las causas que la generan y las consecuencias que implica para las personas afectadas. Además, permite adentrar al lector en el mundo de las tecnologías de asistencia, explorando sus características, limitaciones y perspectivas futuras. Asimismo, se examinará el papel fundamental de la inteligencia artificial y las técnicas utilizadas en el reconocimiento de rostros, con el fin de comprender su aplicabilidad en el diseño de sistemas de orientación.

Con base en esta revisión bibliográfica y la estructura planteada en el marco teórico, se identificaron los requerimientos necesarios para la selección y diseño del sistema de orientación. Este proceso permitirá abordar de manera integral y fundamentada los aspectos clave a considerar en la implementación de un sistema efectivo y adaptado a las necesidades de las personas con discapacidad visual. De esta manera, a través de este marco teórico, se busca proporcionar una base sólida de conocimientos que servirá como fundamento para el desarrollo del informe

## **Discapacidad Visual**

La discapacidad visual se define como "la pérdida parcial o total de la capacidad de ver, incluso con corrección" (WHO 2020).

### ***Causas***

Según la organización mundial de la salud (OMS), a nivel mundial, las principales causas de discapacidad visual son diversas y pueden variar significativamente entre países y dentro de ellos, dependiendo de la disponibilidad y accesibilidad de servicios de atención oftalmológica, así como de la alfabetización de la población en este ámbito. Las causas más comunes incluyen la degeneración macular asociada a la edad, la catarata, la retinopatía diabética, el glaucoma y los errores de refracción no corregidos. Sin embargo, es importante destacar que la proporción de discapacidad visual atribuible a cada una de estas causas varía entre los países y puede ser más alta en aquellos de ingresos bajos y medianos. En países de ingresos altos, enfermedades como el glaucoma y la degeneración macular asociada a la edad son más comunes (WHO 2020).

### ***Tipos***

La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica la discapacidad visual en diferentes grados según la calidad o agudeza visual de la persona, tomando como referencia la visión con la mejor corrección de lente posible en el mejor ojo (WHO 2020).

El primer grado es la pérdida de visión leve, que oscila entre 20/30 y 20/60.

El segundo es la discapacidad visual moderada, que se encuentra entre 20/70 y 20/160.

El tercer grado es la discapacidad visual grave, entre 20/200 y 20/400.

El cuarto grado es la discapacidad visual casi total, entre 20/500 y 20/1000.

Finalmente, el quinto grado es la falta total de percepción de luz, es decir, la ceguera total.

## Figura 1

### *Clasificación Pérdida Visual*

<b>Visión</b>	<b>Agudeza Visual</b>	<b>Campo Visual</b>
Normal	20/12 a 20/25	51° a 70°
Cercano a Normal	20/30 a 20/60	31° a 50°
Visión Baja Leve (DVL)	20/80 a 20/160	11° a 30°
Visión Baja Moderada (DVM)	20/200 a 20/400	6° a 10°
Visión Baja Severa	20/500 a 20/1000	3° a 5°
Cercano a Ceguera	20/1250 a 20/2500	1° a 2°

*Fuente.* A Smart IoT Device for Automatic Classification of Banknotes by Visually Impaired People.

### **Consecuencias**

La discapacidad visual puede producir varias consecuencias que impactan en la vida diaria de las personas. Entre ellas se incluyen (Salazar, R. D. V., & Mesa, A. A. C 2019):

**Restricciones en la independencia y la movilidad:** Disminuye la capacidad de las personas para desplazarse con seguridad y realizar tareas cotidianas, lo que puede provocar dependencia de terceros.

**Obstáculos en la educación y el trabajo:** Dificulta el acceso a la educación y el empleo, lo que limita las oportunidades de desarrollo personal y profesional

**Problemas de salud mental:** Las personas pueden sufrir problemas de salud mental como depresión, ansiedad, estrés y aislamiento social debido a las restricciones en su vida diaria.

**Peligros de seguridad:** Las personas pueden estar expuestas a riesgos de seguridad, como accidentes en el hogar o en el trabajo, o dificultades para acceder a información importante sobre seguridad pública y emergencias.

Es relevante destacar que la discapacidad visual no es una limitación permanente, y que existen tecnologías y servicios que pueden ayudar a las personas a superar estas limitaciones y mejorar su calidad de vida.

### **Tecnologías de Asistencia para Personas con Discapacidad Visual**

Las herramientas y dispositivos de asistencia son tecnologías que permiten a individuos con ceguera o discapacidad visual realizar actividades cotidianas y participar en actividades que de otro modo serían difíciles o imposibles para ellos.

#### ***Características***

Las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual tienen características específicas diseñadas para hacer frente a las necesidades de las personas con discapacidad visual (Carrión, Naldi S., Carlos S. and Jorge A. 2022). Algunas de estas características pueden incluir:

**Accesibilidad.** Deben ser accesibles para las personas con discapacidad visual, lo que significa que deben ser fáciles de usar y controlar sin tener que depender de la vista.

**Interfaz de usuario adaptable:** Debe ser adaptable a las necesidades de las personas con discapacidad visual, lo que puede implicar el uso de comandos de voz, teclas de acceso rápido, control táctil u otros dispositivos de entrada alternativos.

**Ampliación:** inclusión de la capacidad de ampliar el tamaño del texto o las imágenes para facilitar la visualización.

**Síntesis de voz:** Inclusión de la capacidad de sintetizar texto en voz audible para las personas con discapacidad visual.

**Compatibilidad.** Deben ser compatibles con otros dispositivos y programas que las personas con discapacidad visual utilizan regularmente, como los lectores de pantalla y los sistemas de navegación.

**Portabilidad.** Deben ser portátiles para que puedan ser utilizadas en diferentes lugares y situaciones.

Estas características son sólo algunas de las muchas que pueden estar presentes en las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual. Cada tecnología de asistencia es única y diseñada para abordar necesidades específicas.

### ***Limitaciones***

Aunque las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual han mejorado significativamente la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, todavía tienen algunas limitaciones, según un artículo publicado en la revista científica "Journal of Medical Systems" (Molero Aranda, Tania, et al 2021) algunas de las limitaciones de las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual se exponen a continuación

**Precisión y fiabilidad limitadas:** Esto puede dificultar la interpretación correcta de la información visual.

**Limitaciones en la percepción de la profundidad:** Esto podría limitar la capacidad de las personas con discapacidad visual para navegar y realizar tareas cotidianas.

**Limitaciones en la movilidad:** Algunas tecnologías pueden ser voluminosas y limitar la movilidad de los usuarios, lo que puede dificultar la realización de actividades cotidianas.

**Limitaciones en el acceso a información gráfica compleja:** Restricción en la generación de mapas o gráficos, lo que puede limitar la capacidad de las personas con discapacidad visual para participar en ciertas actividades.

**Limitaciones en la capacidad de integración:** Inhibe integrarse con otras tecnologías, como smartphones o tabletas, lo que puede limitar su utilidad y eficacia.

Es importante tener en cuenta estas limitaciones al considerar el uso de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual.

### ***Perspectivas Futuras***

Algunas de las perspectivas futuras y retos de las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual, según un artículo publicado en la revista científica "Frontiers in Robotics and AI" (ACM 2022):

**Mayor integración de tecnologías:** Se espera mejor integración con otras tecnologías como el Internet de las cosas, la inteligencia artificial y la robótica, lo que permitirá una mayor eficiencia y autonomía para las personas con discapacidad visual.

**Mejora de la accesibilidad web:** Una de las mayores barreras para la accesibilidad en línea para las personas con discapacidad visual es la falta de estándares y prácticas de accesibilidad claras. Se espera que las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual jueguen un papel importante en la mejora de la accesibilidad web.

**Desarrollo de interfaces más intuitivas:** Se espera evolución hacia interfaces más intuitivas y fáciles de usar, lo que mejorará la eficacia y la experiencia de usuario.

**Mayor personalización:** Personalización cada vez más adaptable a las necesidades individuales de cada persona, lo que mejorará la efectividad y la comodidad del uso.

**Superación de las limitaciones tecnológicas actuales:** tales como la precisión y la eficacia en la interpretación de información visual y la movilidad limitada de algunos dispositivos.

**Asegurar la privacidad y la seguridad de la información:** A medida que las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual se vuelven más integradas y conectadas, es importante asegurar la privacidad y la seguridad de la información de los usuarios, especialmente cuando se trata de información personal y médica.

## **Inteligencia Artificial**

### ***Definición***

Según la Asociación para la Maquinaria Computacional (ACM), la inteligencia artificial (IA) se define como "la capacidad de una máquina para imitar el comportamiento inteligente humano" (T. Ramayah, M. Munusamy and Y Sun. 2019). Además, esta organización pionera en la investigación de la IA señala que esta involucra la creación de algoritmos y sistemas que puedan realizar tareas inteligentes, tales como el reconocimiento del habla, el aprendizaje automático y la toma de decisiones.

### ***Aplicaciones***

Hay muchas aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en diferentes campos. A continuación, se expondrán algunas aplicaciones de la IA según el artículo científico "Review on Applications of Artificial Intelligence in Various Fields" publicado en 2019 (T. Ramayah, M. Munusamy and Y. Sun 2019).

**Diagnóstico médico:** Permite diagnosticar enfermedades y trastornos médicos. La tecnología de aprendizaje automático se aplica a los datos de salud para predecir el diagnóstico y las probabilidades de desarrollar enfermedades.

**Asistentes virtuales y chatbots:** su propósito se basa en la interacción con los usuarios de manera natural. La IA se utiliza para interpretar el lenguaje natural y proporcionar respuestas y sugerencias relevantes.

**Análisis de datos:** Estudio de grandes conjuntos de datos para encontrar patrones y hacer predicciones. La tecnología de aprendizaje automático se aplica para analizar los datos y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones.

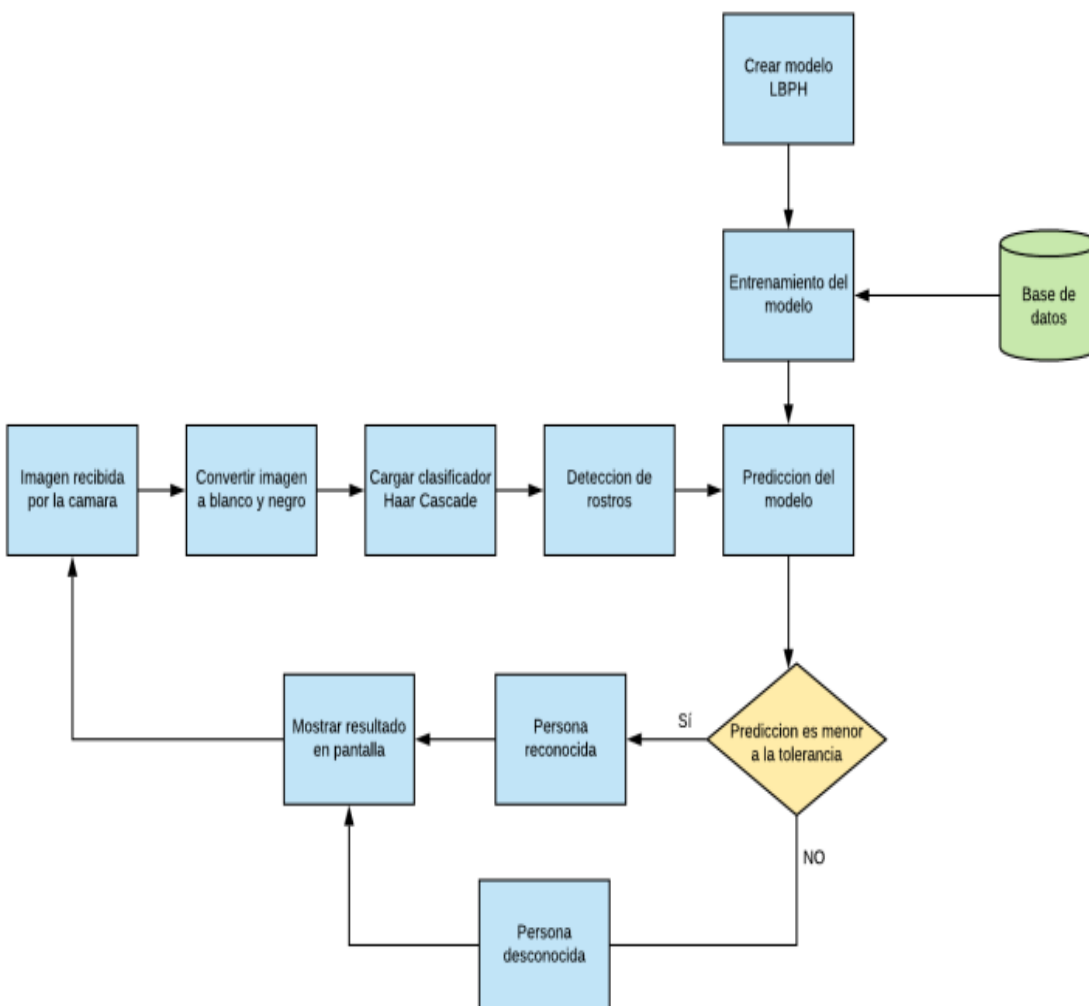
Automatización industrial: Mejorar la eficiencia y la precisión. La tecnología de aprendizaje automático se aplica para controlar y optimizar los procesos industriales.

Conducción autónoma: Toma de decisiones en tiempo real basadas en la información del entorno. La tecnología de visión por computadora y la detección de objetos se aplican para identificar y responder a situaciones de tráfico complejas.

### ***Técnicas Utilizadas en el Reconocimiento de Rostros***

Existen muchas maneras de lograr el reconocimiento facial, a continuación, se expondrán algunas de las metodologías que se pueden llegar a implementar para lograr la captura completa del rostro de un ser humano.

**Técnica 1 LBPH.** La opción de identificación facial que se presenta utiliza el método de LBPH (histogramas de patrones binarios locales) para detectar rostros, y esta técnica se puede aplicar mediante el uso de la biblioteca OpenCV.

**Figura 2***Algoritmo de reconocimiento facial lbph*

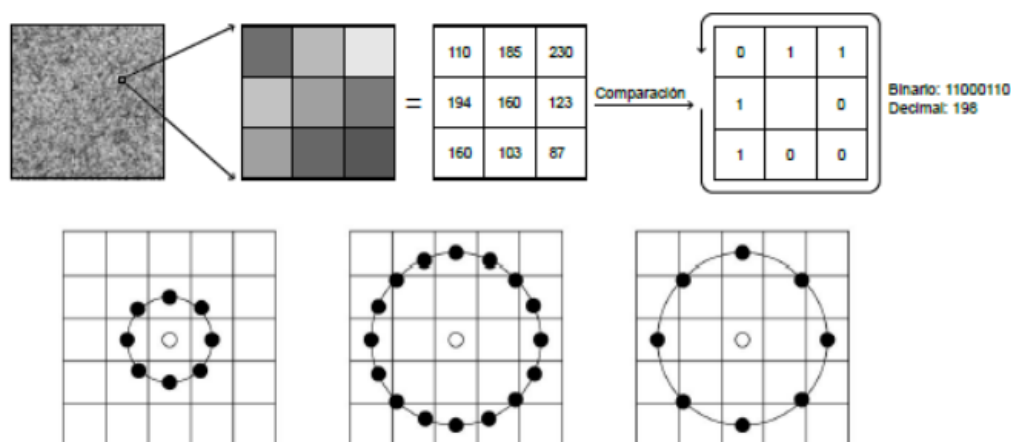
*Fuente.* Tomado de: u830679.pdf (uniandes.edu.co)

El uso de descripciones locales en ciertas áreas de la cara proporcionan información mas específica que en otras partes, sabiendo que estos tienden a comparar y mediar la información que describen, no es ideal ya que es importante mantener la información sobre las descripciones mas globales, para esto se divide la captura del rostro en diferentes cuadrantes, a las cuales se les superpone un histograma y de esta manera se obtiene el operador LBPH (Álvarez, P. A 2013).

El método de LBPH marca a cada uno de los píxeles de la imagen tomando como referencia la distribución de los píxeles limitantes. Para el reconocimiento de imágenes, el LBPH sigue los siguientes pasos: una capa de un tamaño específico barre la imagen iterativamente seleccionando un pixel central y sus limitantes. Este pixel central se compara con cada uno de sus limitantes y se asigna un (1) si el limite es mayor o igual que el pixel central y un (0) si el limite es menor o diferente. Luego, se forma un número binario de los valores obtenidos, que se convierte en decimal para representar la etiqueta final del pixel (Franco, C. H., Ospina, C. T., Cuevas, E. S., & Capacho, D. A. V. 2015).

### Figura 3

*Obtención de los parámetros lbp*



*Fuente.* Tomado de: u830679.pdf (uniandes.edu.co)

El número binario que se obtiene de la comparación se transforma a su equivalente en formato decimal, y este número se cuenta en el histograma para crear una descripción (D. Monzo, A. Albiol, J. Sastre. 2008). El histograma de las etiquetas de todos los píxeles se utiliza como una presentación de la textura de la toma, tal como se indica en la ecuación número 1. Donde este pixel central se compara con cada uno de sus límites.

**Figura 4***Ecuación lbp*

$$H_i = \sum_{xy} I[LBP(x,y) = i], \quad i = 0, \dots, n-1 \quad H_i = \sum_{xy} I[LBP(x,y) = i], \quad i = 0, \dots, n-1$$

$$I(x) \begin{cases} 1, & \text{si } x \text{ es verdadero.} \\ 0, & \text{otro valor.} \end{cases} \quad I(x) \begin{cases} 1, & \text{si } x \text{ es verdadero.} \\ 0, & \text{otro valor.} \end{cases}$$

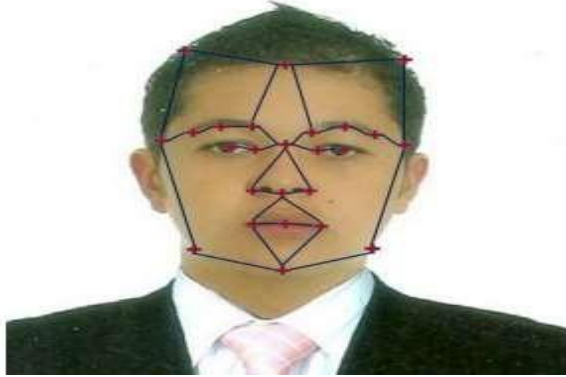
*Fuente.* Tomado de: u830679.pdf (uniandes.edu.co)

**Elastic Bunch Graph Matching (EBGM).** El algoritmo de Elastic Bunch Graph Matching está diseñado para tareas de reconocimiento facial para solo ciertos puntos de referencia faciales, como la forma del ojo, la boca, la nariz, entre otros (B. M. Lahasan, I. Venkat y S. L. Lutfi. 2014). HOG-EBGM está contemplado en el modelo EBGM sustituyendo los puntos centrales de referencia por Histograma de los Gradientes Orientados (HOG), el cual ha demostrado estar mejor calificado para la ubicación de la gráfica y tareas de reconocimiento.

HOG-EBGM está dividido en tres partes: la primera se basa en la regulación de la imagen, la segunda parte se basa en la creación de los gráficos y por última parte la adecuación gráfica (B. M. Lahasan, I. Venkat y S. L. Lutfi. 2014). En la primera parte, que efectúa la regulación de las imágenes de la cara reduce los efectos producidos por la iluminación, basada en las coordenadas de los ojos para el proceso de regulación. En la siguiente parte, se crea una imagen del rostro una vez se realiza la detección de los puntos de referencia. La selección de puntos de referencia debe ser adecuada y esencial para el éxito del algoritmo de reconocimiento de rostros, y deben ser muy distintivos entre diferentes personas.

## Figura 5

*Grafo frontal del rostro con 25 puntos de referencia*



*Fuente.* tomado de: content (utp.edu.co)

La representación del rostro se realiza como un objeto que contiene puntos de referencia ubicados en los extremos de los ojos, alrededor de la nariz, la boca y el borde del rostro, esta presentación se puede revisar en la figura 4. Cada uno de estos puntos de referencia se conecta con los nodos límites; cada nodo se etiqueta con los llamados jets (F. A. Viscaino N, A. P. Arcos, F. P. Baño y H. W. Baño. 2018).

El algoritmo EBGM utiliza un enfoque de dos etapas para el reconocimiento facial (Cao, Z., et al 2010). En la primera etapa, se crea un grafo de puntos principales que se ajusta al rostro de la persona utilizando un modelo estadístico del grafo. Esta etapa se encarga de establecer una representación estructural del rostro en forma de grafo.

En la segunda etapa, se extraen características locales en cada punto del grafo y se calcula la distancia entre el grafo resultante y el descriptor almacenado de la persona que se está intentando identificar. Esta distancia es un indicador de similitud entre los grafos y se utiliza para verificar la identidad de la persona (Cao, Z., et al 2010).

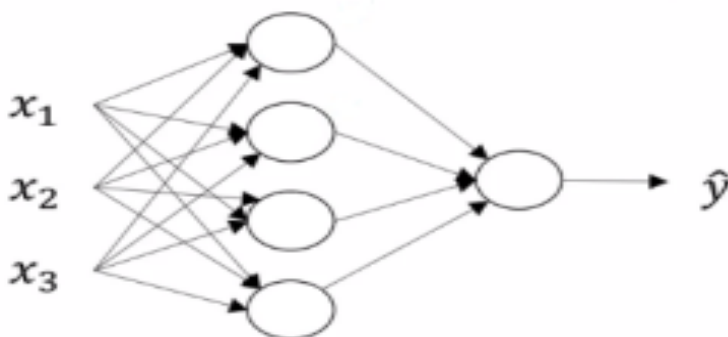
En resumen, el método EBGM combina el análisis estructural del rostro a través de un grafo de puntos principales con la comparación de características locales para determinar la similitud entre las imágenes faciales. Esta técnica de dos etapas permite verificar la identidad de una persona basándose en la distancia calculada entre los grafos correspondientes.

### **Reconocimiento por Aprendizaje no Supervisado Mediante Clasificadores**

**Automáticos on Redes Neuronales.** El término "reconocimiento por aprendizaje superficial" se refiere al proceso de reconocimiento facial que utiliza redes neuronales con una o dos capas ocultas, en contraste con el "reconocimiento por aprendizaje profundo" o Deep Learning. Los descriptores locales (T. Ramayah, M. Munusamy and Y 2019) han sido utilizados para plantear o suplantar la falta de distinción de rostros del reconocimiento manual y mejorar la eficiencia y automatización del modelo. Sin embargo, estos métodos triviales no logran un rendimiento ideal debido a su falta de capacidad para representar con precisión las diferentes variaciones no lineales en la apariencia del rostro.

### **Figura 6**

*Representación gráfica de una shallow neural network con una capa oculta*



*Fuente.* Tomado de: Desarrollo de un sistema de reconocimiento facial utilizando Deep Learning con OpenCV (upv.es)

Las conexiones entre las neuronas de las capas están representadas por líneas con pesos asociados, que determinan la importancia de cada conexión en el procesamiento de la información. En la figura 5 se puede deducir que la primera capa recibe los datos de entrada, que luego son procesados por la capa oculta antes de ser entregados a la capa de salida para su clasificación o predicción.

### **Sistemas Embebidos: Características y Funcionamiento**

Los sistemas embebidos son sistemas electrónicos y/o informáticos diseñados para realizar una o varias funciones específicas, generalmente en tiempo real y bajo restricciones de tamaño, costo y consumo de energía (Arriarán, Sergio Salas. 2015). Estos sistemas se caracterizan por su capacidad de integración con otros sistemas, su bajo consumo de energía y su tamaño compacto (El-Khozondar, H. J., & Al-Bashabsheh. 2016).

Los sistemas embebidos presentan características especiales que los discriminan de los sistemas de propósito general. Algunas de estas características son:

**Recursos limitados:** Los sistemas embebidos tienen limitaciones en términos de procesamiento, memoria y almacenamiento debido a su diseño especializado.

**Tiempo real:** Muchos sistemas embebidos deben cumplir con requisitos de tiempo real, lo que significa que deben responder en un tiempo determinado para garantizar su correcto funcionamiento.

**Interfaz de usuario limitada:** En muchos casos, los sistemas embebidos no tienen una interfaz de usuario completa y utilizan interfaces limitadas como botones, luces, pantallas LCD y comunicación serie para interactuar con el usuario.

**Costo:** Los sistemas embebidos suelen tener un costo menor que los sistemas de propósito general debido a su diseño especializado.

Fiabilidad: Alto rango de confiabilidad y tolerancia a fallos, lo que se logra mediante redundancia, auto prueba y control de errores.

Consumo de energía: Eficiencia en el consumo de energía, ya que suelen funcionar con baterías o fuentes de energía limitadas.

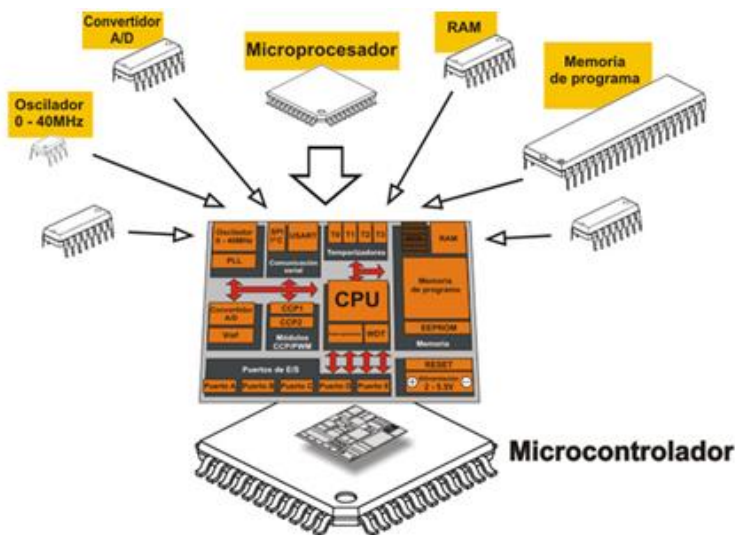
### **Componentes**

Cada componente de un sistema embebido cumple una función importante en el sistema embebido, permitiendo que el sistema procese información, interactúe con el entorno y realice acciones específicas. Algunos de ellos son (F. Sánchez, Muñoz A, J., & R. G. 2020):

Microcontroladores: son componentes clave de los sistemas embebidos que integran un procesador, memoria, interfaces de entrada y salida y otros periféricos en un solo chip.

### **Figura 7**

#### *Componentes Dentro de un Microcontrolador*



Fuente. Tomado de: *Computo integrado: Microcontroladores.*

(avecomputointe.blogspot.com)

Sensores: son dispositivos que detectan señales físicas y convierten esa información en señales eléctricas, que luego son procesadas por los microcontroladores.

### Figura 8

#### *Sensores para Sistemas Embebidos*



Fuente. Tomado de: Las redes con sensores: julio 2012

Actuadores: son dispositivos que convierten señales eléctricas en movimiento físico, como motores, válvulas, luces, etc.

### Figura 9

#### *Actuadores para Sistemas Embebidos*



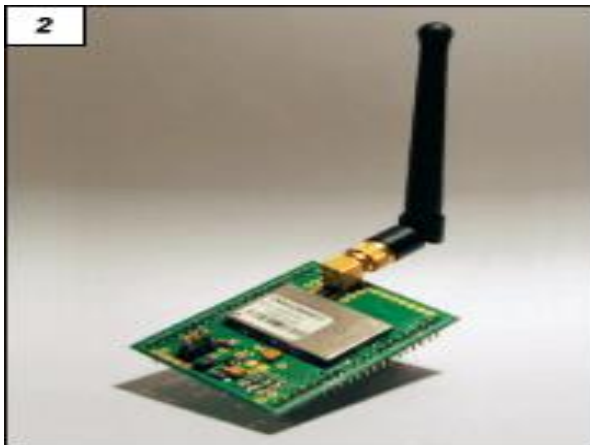
Fuente. Tomado de: [actuadores-neumaticos.jpg \(359x381\) \(googlegroups.com\)](#)

Comunicación inalámbrica: Conexión a otros dispositivos o redes por medio del aire.

Esto incluye tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, etc.

### Figura 10

*Antena de Radio Lora para Sistemas Embebidos*



Fuente. Tomado de: <https://automa.cz/imagesold/a1205102.gif>

Memoria externa: a menudo los sistemas embebidos necesitan almacenar grandes cantidades de datos, lo que puede ser difícil con la memoria integrada limitada de los microcontroladores. Por lo tanto, se utilizan dispositivos de almacenamiento externos como tarjetas SD, memorias USB, discos duros, etc.

### Figura 11

*Tipos de Memorias para Sistemas Embebidos*



Fuente. Tomado de: Memorias para sistemas embebidos – Blog Electronica

## **Marco Conceptual**

El marco conceptual desempeña un papel fundamental en este informe, ya que se centra en la definición y explicación de los conceptos clave relacionados con la selección y diseño del sistema de orientación para personas con discapacidad visual. A través de esta sección, se establecerán las bases teóricas necesarias para comprender en detalle los aspectos esenciales del problema de investigación.

### **Movilidad y Orientación**

La capacidad para que una persona con discapacidad visual pueda establecer su propia posición en el medio necesita una serie de procesos de aprendizaje que combina capacidades mentales y perceptivas (Briceño, Lucía Millán. 2011). Por esta razón existen técnicas que ayudan a estas personas con discapacidad a capacitarse, se muestran las técnicas más utilizadas en el mundo.

Algunas técnicas de movilidad y orientación para personas con discapacidad visual corresponden a (González, C., González S, J. L., & Carrasco G. 2018): Conocer puntos de referencia, formas de objetos, olores de un lugar que permiten orientarse, sonidos, giros (90°, 180° y 360°), emplear los sentidos restantes oído, tacto y olfato, técnica de rastreo por medio del tacto, técnica de cubrirse el rostro, entre otras.

### **Seguridad de Ubicación: Factores que Influyen y Técnicas para Mejorarla.**

Según una investigación realizada por los autores Fernández-Sánchez, Muñoz-Arteaga, y Romero-González en 2020 titulada "Mejora de la seguridad de ubicación para personas con discapacidad visual en entornos urbanos", publicada en la revista científica "Journal of Accessibility and Design for All", la seguridad para personas invidentes se refiere a la suficiencia de una persona para reconocer y entender su ubicación en un entorno determinado, lo que

incluye su capacidad para moverse de manera segura y efectiva a través de ese entorno (Briceño, Lucía Millán. 2011). Se identificaron varios factores en la seguridad de las personas con discapacidad visual, como la accesibilidad del entorno, la calidad y fiabilidad de la información proporcionada por los dispositivos de ayuda a la navegación, la capacitación y habilidades de orientación y movilidad de la persona, y la experiencia previa de la persona en ese entorno.

En cuanto a las técnicas para mejorar la seguridad de ubicación para personas invidentes, se propone: el uso de tecnologías de navegación y localización, como sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID), inteligencia artificial y aplicaciones móviles de guía y navegación. Además, sugieren la necesidad de programas de capacitación y entrenamiento en habilidades de orientación y movilidad, así como la implementación de medidas de accesibilidad y diseño universal en los entornos urbanos.

### **Sistemas de Orientación para Personas con Discapacidad Visual**

Según una investigación de la revista científica "Universitas Psychologica" (Gómez, J. M., García, J., Gil, A., Luján-Mora, S., & Ballesta, M. BlindAid 2019), los sistemas de orientación para personas con discapacidad visual son herramientas diseñadas para ayudar a las personas con discapacidad visual a navegar y orientarse en diferentes entornos.

Los autores identificaron varios tipos de sistemas de orientación para personas con discapacidad visual, entre los que se encuentran:

Sistemas de guía física: incluyen elementos físicos en el entorno, como barreras táctiles, marcas en el suelo, señales auditivas y táctiles, que ayudan a las personas con discapacidad visual a orientarse y moverse de manera segura.

Sistemas de guía humano: implican la presencia de una persona guía, que puede ser un amigo, familiar o un guía profesional, que acompaña a la persona con discapacidad visual y le proporciona información y ayuda para moverse en diferentes entornos.

Sistemas de guía animal: implican el uso de perros guía, que son entrenados para guiar a las personas con discapacidad visual y proporcionarles información sobre el entorno.

Sistemas de guía electrónico: incluyen dispositivos electrónicos como bastones electrónicos, dispositivos de ultrasonido y sistemas de posicionamiento global (GPS) que ayudan a las personas con discapacidad visual a navegar y orientarse en diferentes entornos.

Sistemas de guía combinados: combinan diferentes tipos de sistemas de orientación, como sistemas de guía física y electrónica, para proporcionar una experiencia de orientación y movilidad más completa y efectiva para las personas con discapacidad visual.

### ***Proyectos Relacionados con Sistemas de Orientación***

A continuación, se presentarán algunos proyectos basados en el objetivo común de desarrollo de sistemas de orientación, esto debido a su contribución en el campo de la accesibilidad para personas con discapacidad visual. Estos proyectos utilizan tecnologías innovadoras y soluciones basadas en la información para ayudar a las personas con discapacidad visual a moverse de manera autónoma y segura en diferentes entornos.

**Nivel internacional.** Proyectos a nivel internacional.

***BlindAid.*** Uno de los proyectos más sobresalientes a nivel internacional en el campo de los sistemas de orientación desarrollado por investigadores de la Universidad de Alicante en España (Gómez, J. M., García, J., Gil, A., Luján-Mora, S., & Ballesta, M. BlindAid 2019). El sistema BlindAid utiliza tecnologías como el posicionamiento global, la identificación por radiofrecuencia (RFID), y la realidad aumentada para proporcionar información de ubicación y

orientación a las personas con discapacidad visual a través de dispositivos móviles. Además, el sistema incluye un sistema de navegación por voz que proporciona instrucciones detalladas para que los usuarios puedan moverse de manera segura y eficiente en diferentes entornos.

***AccessMaps.*** Fue un proyecto desarrollado por investigadores de la Universidad de Washington en los Estados Unidos (Saponas, T. S., Guha, A., Lester, J., Fogarty, J., & Weld, D. S. 2018). El proyecto se enfoca en el desarrollo de una plataforma en línea que proporciona información detallada sobre la accesibilidad de los entornos urbanos para personas con discapacidad visual y otros tipos de discapacidad. La plataforma utiliza datos de mapas y tecnologías de realidad aumentada para permitir a los usuarios planificar rutas accesibles y encontrar información detallada sobre los obstáculos y las barreras en diferentes entornos. Este proyecto es notable porque proporciona una plataforma en línea que permite a los usuarios planificar rutas accesibles y encontrar información detallada sobre los obstáculos y las barreras en diferentes entornos urbanos. Esto es especialmente importante para las personas con discapacidad visual, que pueden enfrentar desafíos adicionales al moverse por la ciudad.

***Be My Eyes.*** Otro proyecto relevante en sistemas de orientación para personas con discapacidad visual es "Be My Eyes: A Crowdsourcing Mobile Application for Visually Impaired Users" desarrollado por la compañía Be My Eyes (Be My Eyes. 2019). Esta aplicación móvil utiliza la tecnología de crowdsourcing para conectar a personas con discapacidad visual con voluntarios que pueden ayudarles en tiempo real a través de videollamadas. Los voluntarios pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a leer etiquetas de productos, identificar colores o incluso navegar en entornos desconocidos.

***A Personalized Navigation System for Visually Impaired Using Facial Recognition.***

Este proyecto fue desarrollado por investigadores de la Universidad de Ciencia y Tecnología de

Pekín (Gao, J., et al. 2017). Este sistema utiliza técnicas de reconocimiento facial para ayudar a las personas con discapacidad visual a reconocer y recordar caras, y también utiliza la tecnología de navegación por voz para guiar a los usuarios a través de diferentes entornos. Además, el sistema es capaz de personalizar las rutas de navegación y la información de orientación en función de las preferencias y necesidades individuales de cada usuario.

**Nivel nacional.** Proyectos a nivel nacional.

***Sistema de Navegación y Orientación para Personas Invidentes Basado en Tecnología RFID y Braille.*** El artículo según (Rodríguez, L. F., Rodríguez, J. F., & González, F. A. 2017) describe el desarrollo de un sistema de navegación y orientación para personas con discapacidad visual basado en tecnología RFID y Braille. El sistema utiliza etiquetas RFID ubicadas en diferentes puntos de un ambiente para enviar información auditiva y táctil al usuario a través de un dispositivo móvil con lectura Braille. Se concluyó que el sistema desarrollado permitió a las personas con discapacidad visual tener un mayor grado de independencia y autonomía al desplazarse en el entorno de la universidad. Además, se destacó la importancia de la participación de las personas con discapacidad visual en el proceso de diseño y evaluación de este tipo de sistemas para garantizar su efectividad.

***Diseño y Construcción de un Prototipo de Guía Electrónica para Personas con Discapacidad Visual.*** El artículo según (Peña, L. M., Martínez, A. M., & Montoya, J. C. 2016) describe el diseño y construcción de un prototipo de guía electrónica para personas con discapacidad visual. El prototipo consiste en un dispositivo portátil que utiliza tecnología de sonido y vibración para guiar al usuario a través de una serie de puntos de referencia ubicados en un ambiente. Se concluyó que el sistema de asistencia desarrollado fue capaz de proporcionar información útil para las personas con discapacidad visual y mejorar su capacidad de navegación

en espacios interiores. Sin embargo, también se señalaron algunas limitaciones del sistema, como la necesidad de mejorar la precisión del posicionamiento y la identificación de objetos.

***Diseño de un Sistema de Navegación Asistida para Personas con Discapacidad Visual Utilizando Tecnología Bluetooth.*** El artículo según (Duque, C. E., & Beltrán, C. A. 2015) describe el diseño de un sistema de navegación asistida para personas con discapacidad visual utilizando tecnología Bluetooth. El sistema utiliza un dispositivo portátil que se comunica con balizas Bluetooth ubicadas en diferentes puntos de un ambiente para guiar al usuario a través de una serie de puntos de referencia. El artículo describe el diseño de un sistema de navegación asistida para personas con discapacidad visual utilizando tecnología Bluetooth. El sistema utiliza un dispositivo portátil que se comunica con balizas Bluetooth ubicadas en diferentes puntos de un ambiente para guiar al usuario a través de una serie de puntos de referencia. Se concluyó que el sistema desarrollado permitió a las personas con discapacidad visual navegar por el entorno urbano de manera más segura y eficiente, así como tener acceso a información detallada sobre los obstáculos y las barreras en diferentes lugares. Además, se destacó la importancia de la colaboración interdisciplinaria y la participación de los usuarios en el proceso de diseño y evaluación de estos sistemas para garantizar su efectividad y aceptación.

### **Raspberry Pi: Definición y Características**

La Raspberry Pi es una placa de desarrollo de bajo costo, del tamaño de una tarjeta de crédito, que se utiliza para crear sistemas embebidos de diversos tipos (John Wiley & Sons, 2021). La primera versión fue lanzada en el año 2012 y desde entonces ha sido muy popular en el ámbito de la educación y la creación de proyectos de electrónica y robótica.

## Figura 12

### *Tarjeta de desarrollo Raspberry pi*



*Fuente.* Tomado de: (John Wiley & Sons, 2021)

<https://th.bing.com/th/id/OIP.QXccAsk9b9NPZc8maWZFgHaE9?pid=ImgDet&rs=1>

Entre las características más importantes de la Raspberry Pi se encuentra (John Wiley & Sons, 2021): su bajo costo, lo que la hace accesible para un amplio público, así como su tamaño compacto y su bajo consumo de energía. Además, cuenta con un procesador ARM, puertos USB, Ethernet, HDMI, y una ranura para tarjeta de memoria SD, entre otros componentes.

La Raspberry Pi es un excelente recurso para el desarrollo de sistemas embebidos, ya que permite crear soluciones personalizadas para diferentes propósitos, como controlar dispositivos electrónicos, crear robots, o incluso desarrollar soluciones de IoT (Internet de las cosas) (John Wiley & Sons, 2021). Además, su arquitectura modular y la gran cantidad de recursos disponibles en línea, como tutoriales y comunidades de usuarios, hacen que sea una opción muy atractiva para aquellos que quieren explorar el mundo de la programación y la electrónica.

## **OpenCV: Definición, Características y Procesamiento de Imágenes.**

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de código abierto de procesamiento de imágenes y visión artificial que se utiliza en aplicaciones de inteligencia artificial, robótica, automatización, seguridad y otros campos que requieren análisis de imágenes en tiempo real (Bradski, Gary, and Adrian Kaehler. 2008). Fue desarrollado por Intel y actualmente es mantenido por la comunidad.

OpenCV proporciona una amplia variedad de algoritmos para procesamiento de imágenes, como la detección de bordes, la segmentación, la eliminación de ruido, el seguimiento de objetos y la extracción de características. También cuenta con herramientas para el procesamiento de vídeo, la calibración de cámaras y la detección de caras (Brahmbhatt, Samarth. 2013).

La biblioteca está escrita en C++ y cuenta con interfaces para C++, Python y Java (González Duque, Raúl. 2011). Además, OpenCV es compatible con múltiples plataformas, incluyendo Windows, Linux, Android y iOS.

Entre las posibilidades para el procesamiento de imágenes que ofrece OpenCV se encuentran:

**Detección de objetos:** permite la detección y seguimiento de objetos en tiempo real en imágenes y vídeos.

**Reconocimiento facial:** permite la identificación y seguimiento de rostros en imágenes y vídeos.

**Seguimiento de objetos:** permite el seguimiento de objetos en movimiento en tiempo real.

**Visión por computadora:** permite la captura y procesamiento de imágenes en tiempo real para su análisis y aplicación en diferentes campos.

Procesamiento de imágenes médicas: se utiliza para analizar imágenes médicas y detectar enfermedades.

En resumen, OpenCV es una biblioteca poderosa y versátil que ofrece una amplia gama de algoritmos y herramientas para el procesamiento de imágenes y la visión artificial (Brahmbhatt, Samarth. 2013). Su capacidad para ser utilizado en múltiples plataformas y lenguajes de programación lo hace una herramienta popular en la industria y la investigación.

### **Lenguaje Python: Características y Procesamiento de Imágenes**

Python es un lenguaje de programación interpretado y de alto nivel que se ha convertido en uno de los más populares para el procesamiento de imágenes (González Duque, Raúl. 2011). Sus características incluyen una sintaxis clara y concisa, una gran variedad de bibliotecas y herramientas, una comunidad activa y un enfoque en la legibilidad del código.

Python cuenta con varias bibliotecas para el procesamiento de imágenes, entre las que destaca OpenCV (Open Source Computer Vision Library), que ofrece una amplia variedad de funciones para procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, aprendizaje automático y visión por computadora (Mínguez, Tomás Domínguez, 2021).

Con Python y OpenCV se pueden realizar tareas como la detección de objetos, la segmentación de imágenes, la eliminación de ruido, la extracción de características y la creación de aplicaciones de visión artificial (Mínguez, Tomás Domínguez, 2021).

Además, Python también ofrece otras bibliotecas útiles para el procesamiento de imágenes, como Pillow, Scikit-image y NumPy, que permiten la manipulación y análisis de imágenes, y la creación de algoritmos personalizados.

## **Marco Legal**

Es importante considerar las leyes y regulaciones relacionadas con la accesibilidad y derechos de las personas con discapacidad para dar cabida al enfoque de este proyecto que aborda a su vez el marco legal. A nivel internacional se tiene la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2006 (CISDPD 2006), la cual tiene como finalidad garantizar que las personas con discapacidad obtengan los mismos derechos y libertades que poseen las demás personas, además de promover su inclusión y participación considerable en la sociedad, relacionando así el objetivo general del presente proyecto el cual fomenta la mejora de la movilidad y seguridad de las personas con discapacidad visual, en este caso en términos de su inclusión en la sociedad.

### **Ley 1618 del 2013**

En el contexto nacional, el país cuenta con la Ley 1618 de 2013, la cual representa el marco normativo regulatorio para la protección de los derechos de las personas con discapacidad y su inclusión social. Esta ley asimila la discapacidad como una condición inherente a la diversidad humana y establece medidas para garantizar el ejercicio pleno y efectivo de los derechos de las personas con discapacidad (Ley 1618 de 2013). En este orden de ideas, se infiere la inclusión de la normativa anterior dentro de los objetivos e impacto final del proyecto de desarrollo.

### **Ley 1581 de 2012**

En el ámbito específico de la protección de datos personales, Nacionalmente se cuenta con la Ley 1581 de 2012 y su Decreto Reglamentario 1377 de 2013 (Ley 1581 de 2012). Estas leyes establecen las responsabilidades, deberes y principios que deben ser seguidos para el manejo adecuado de los datos personales, incluyendo la aprobación del consentimiento de los

titulares de los datos, las medidas de seguridad suficientes para garantizar la privacidad de la información, y la notificación a las autoridades correspondientes en caso de que se presente algún tipo de violación de los datos personales. Para evitar infringir los derechos de los usuarios en relación con el manejo de la información, es crucial que este proyecto cumpla con las disposiciones de la ley. Entre los derechos protegidos, se incluye el derecho de los usuarios a conocer los datos que se manejan, a otorgar su autorización para el uso de su información, a ser informados sobre cómo se utilizarán sus datos personales y a saber con qué propósito se les solicita cierta información.

En este sentido, el proyecto desarrollado cumple a cabalidad las normas de protección de datos personales, estos fueron utilizados con autorización de la persona a la hora de recopilar datos de detección de rostros, realizar pruebas y validación del funcionamiento del sistema embebido, únicamente con el objetivo de aportar una mejora a la orientación de las personas invidentes.

#### **NTC 5854**

Por último, se tiene la Norma Técnica Colombiana NTC 5854, también conocida como "Accesibilidad de las Personas con Discapacidad al Medio Físico", dicha norma, establece los requisitos para la accesibilidad de las personas con discapacidad a los edificios y espacios urbanos en Colombia (NTC 5854. 2017). Esta norma es parte de una serie de normas técnicas colombianas que buscan promover la integración de las personas con discapacidad en todos los ámbitos de la sociedad. Debido que el proyecto relaciona el tema domótico en un espacio interior, La NTC 5854 establece los requisitos para la accesibilidad a los sistemas domóticos y tecnologías de la información y la comunicación en edificios y viviendas. Que se implementen sistemas de apoyo para la interacción con estos sistemas, como interfaces de voz, teclados

adaptados, entre otros. En el presente caso, se tiene acceso a una cámara de alta resolución para la toma de muestras, además de otros elementos como el microcontrolador que hacen parte del sistema para implementarlo en un espacio interior como una casa, oficina, apartamento, entre otros.

## Metodología

Este capítulo describe el proceso llevado a cabo para elaborar el proyecto de una aplicación para personas con discapacidad visual, desde la investigación del modelo de diseño hasta la implementación del sistema de orientación en el espacio doméstico. En este proceso, se realizó la selección de materiales y software, se llevó a cabo la instalación y configuración de los equipos electrónicos y se definió el tipo de procesamiento de las imágenes y señales, para finalmente desarrollar el algoritmo y realizar la implementación del sistema.

Existen diversos tipos de metodología que abarcan la creación de un producto como el método descrito en el libro “Diseño y Desarrollo de productos” (Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. 2016). Donde se combina diseño, construcción y publicidad para el desarrollo de productos generales. La metodología planteada se compone de cinco fases

Planear un producto.

Desarrollar el concepto

Diseñar producto a nivel de sistema

Diseñar estructura de detalles

Prueba y refinamiento

Otros tipos de metodología para la creación de software como el método en cascada, este se divide en cinco niveles (Winston W. Royce. 2018).

Análisis

Diseño

Implementación

Verificación

Mantenimiento

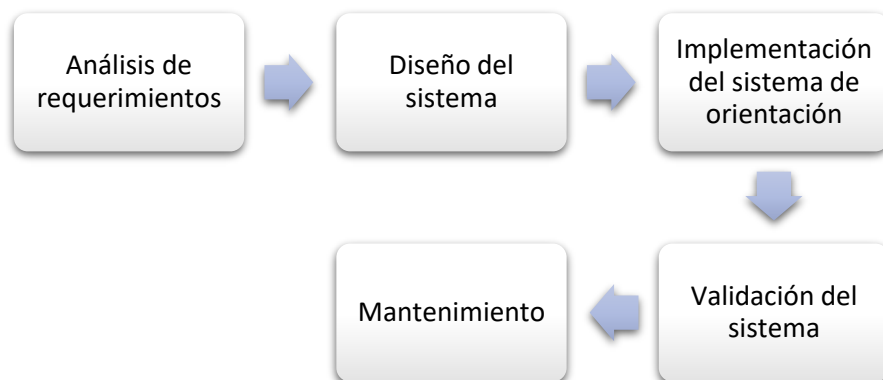
De acuerdo a la recopilación y análisis de datos en el marco conceptual del presente proyecto se formula la siguiente hipótesis: Se espera que el uso de un sistema embebido de orientación en entornos interiores que permita al usuario moverse libremente sin necesidad de equipos instalados en su cuerpo y tenga un impacto positivo en la orientación de las personas con discapacidad visual, mejorando su autonomía, seguridad y confianza en la movilidad en entornos desconocidos.

En este orden de ideas, se considera que la metodología de investigación es en cascada debido que se basa en la hipótesis anterior y a que se orienta más al desarrollo de software, adicionando características propias de este tipo de metodología como la observación y el análisis de datos obtenidos mediante pruebas y experimentos en entornos reales. El enfoque del proyecto es el desarrollo de un sistema embebido de orientación a bajo costo para personas con discapacidad visual, utilizando modelos de reconocimiento de rostros y sistemas embebidos para mejorar la seguridad y accesibilidad en entornos interiores. Por lo tanto, el proyecto tiene un enfoque técnico y práctico en la solución de un problema específico relacionado con la discapacidad visual.

Así mismo, la metodología establecida se verá organizada jerárquicamente de la siguiente manera:

**Figura 13**

*Pasos de la metodología a desarrollar*



*Fuente:* El modelo en cascada de cinco niveles, basado en las propuestas de Winston W. Royce

## **Análisis de Requerimientos**

### ***Población y Muestra***

Con el objetivo de recopilar información relevante sobre la movilidad y seguridad de los usuarios con discapacidad visual, se colaboró con la asociación de ciegos de Norte de Santander. La recopilación de la información se realizó a través de entrevistas con un grupo de 9 personas con discapacidad visual de los cuales 7 eran hombres y 2 mujeres entre los 30 y 60 años. En el momento de la entrevista 2 usuarios cursaban estudios universitarios, los demás realizan actividades de acústicas, artísticas y deportivas dentro de la asociación. De los 9 entrevistados, todos presentan ceguera total, adquirida de manera congénita, a quienes se les aplicó un cuestionario con el fin de obtener datos sobre las expectativas para la construcción de un nuevo dispositivo de apoyo para su orientación y desplazamiento dentro de un espacio específico.

**Cuestionario para la Asociación de Ciegos de Norte de Santander.** Se realiza cuestionario basado en la movilidad y seguridad de las personas con discapacidad visual dentro de un espacio específico.

**Figura 14***Cuestionario de movilidad parnas con discapacidad visual*

- 1) *¿Cuáles son los obstáculos más importantes que usted desearía poder identificar al momento de desplazarse?*
- 2) *De las siguientes actividades, ¿Cuál(es) es la que más se le dificulta realizar por si solo?*
  - a) *Desplazarse con independencia.*
  - b) *Llegar al lugar exacto donde quiere ir.*
  - c) *Identificar obstáculos en su trayecto en la parte inferior.*
  - d) *Identificar obstáculos en su trayecto en la parte superior.*
  - e) *Tener información sobre la ruta a seguir para llegar a su destino.*
  - f) *Otra, ¿Cuál?*
- 3) *¿En cuál de las siguientes actividades es más dependiente o requiere más ayuda?*
  - a) *Antes de levantarse que lo lleva a su destino.*
  - b) *En el transcurso a su destino.*
  - c) *Cuando llega a su destino.*
  - d) *Otra(s), ¿Cuál(es)?*
- 4) *¿Utiliza alguna herramienta para poder desplazarse de manera independiente al sitio que desea ir?*
  - a) *Sí, ¿Cuál?*
  - b) *No.*
- 5) *¿Qué tan dependiente es usted de la audición para realizar sus actividades de desplazamiento y ubicación?*
  - a) *Muy dependiente.*
  - b) *Poco dependiente.*
  - c) *No dependiente.*
- 6) *¿Qué tan dependiente es usted del tacto para realizar sus actividades de desplazamiento y ubicación?*
  - a) *Muy dependiente.*
  - b) *Poco dependiente.*
  - c) *No dependiente.*
- 7) *¿De qué manera se apoya del tacto para sus desplazamientos?*
- 8) *¿como le gustaría ser notificado cuando se interponga un obstáculo en su camino?*
  - a) *Vibración.*
  - b) *Sonido altavoz.*
  - c) *Sonido audífono.*
  - d) *Voz.*
- 9) *Si tuviera la posibilidad de complementar su orientación y movilidad con un dispositivo que le alerte de obstáculos, ¿de qué manera le gustaría utilizarlo?*

*Fuente. Autoria Propia.*

**Respuestas del Cuestionario.** En la pregunta 1 del cuestionario indican que los obstáculos con más riesgo que se pueden detectar son:

Cráteres o huecos. 45%

aceras. 20%

Escalera. 13%

bordes. 11%

Personas. 6%

En la pregunta 2 del cuestionario indican que las actividades que más se les dificulta realizar por si solos son:

Identificar obstáculos con sus extremidades superiores 45%

Identificar los caminos para llegar a la ubicación exacta 25%

Obtener información sobre su ubicación 20%

Identificar obstáculos parte inferior 7%

Otros 3%

Para la pregunta 3 del cuestionario indican que las actividades en que son más independientes y pueden realizar sin ninguna ayuda son:

Antes de levantarse 50%

Cuando llega su destino 25%

En el transcurso 15%

Otro 10%

Para la pregunta 4 del cuestionario donde se pregunta si utilizan algún dispositivo u objeto de apoyo en su trayectoria:

Si, siendo el bastón y el dispositivo móvil una ayuda para detectar obstáculos y movilizarse de un lugar a otro 100%

No. 0%

Para la pregunta 5 del cuestionario relacionada con la dependencia del oído para moverse son:

Muy dependiente, los usuarios aseguran de la gran utilidad que le dan a la función del oído. 90%

Poco dependiente, personas que prefieren quedarse en casa. 10%

No dependiente. 0%

Para la pregunta 6 del cuestionario relacionada con la manera en la que se apoyan del tacto para su orientación y movilidad son:

Muy dependiente, los usuarios aseguran la gran utilidad de la función del tacto para reconocer los obstáculos y protegerse de algún golpe. 100%

Poco dependiente. 0%

No dependiente. 0%

Para la pregunta número 7 del cuestionario, relacionada con la manera en que el tacto los apoya para su desplazamiento es: Los usuarios expresan un gran vínculo de la función del tacto para realizar desplazamientos cortos o de larga distancia y la lectura, identificación y protección de obstáculos en la parte superior.

Para la pregunta número 8 del cuestionario, relacionado con la manera en que de qué manera le gustaría ser informado cuando se está desplazando son:

Sonido alta voz. 35%

Vibración. 30%

Sonido audífono. 25%

Otro. 10%.

Para la pregunta 9 del cuestionario, los encuestados debían proponer opciones de herramientas de apoyo en la movilidad.

Un sistema que les permita desplazarse libremente.

El bastón, debido a que es la herramienta mas fácil de obtener.

Las gafas, elementos livianos o la aplicación de sistemas tecnológicos ubicados en diferentes puntos de la ciudad, que les permita y les facilite la independencia para moverse libremente.

Durante la colaboración con la asociación de ciegos, se identificaron diversas aplicaciones móviles que permiten la identificación de objetos, lectura de mensajes y geolocalización. Sin embargo, estas soluciones son muy individuales y dependen del uso constante del teléfono móvil. Es por ello que se plantea la idea de crear un sistema más colectivo, capaz de reconocer a los usuarios y ser implementado en ambientes interiores, ya sea público o privado.

### ***Selección de los Requerimientos***

Se han tenido en cuenta diversos aspectos relacionados con el diseño del producto, principalmente para que sea un sistema que le permita al usuario desplazarse sin ninguntipo de herramienta adherida al cuerpo humano y que a travez de señales de audio brinde información al usuario, en cuanto a las características de cada dispositivo aspectos como su descripción, objetivos, restricciones, necesidades, costos, mercado e impacto socioeconómico. Esta actividad permite obtener una visión general del producto que se está diseñando, mediante la investigación

y organización de las ideas derivadas del estudio aplicado para la creación del dispositivo. Dichas ideas conforman la misión del proyecto.

La detección de movimiento, proximidad y posición suele estar relacionada con instrumentación sensorial y electrónica. No obstante, la mayoría de estos dispositivos presentan una limitación importante al detectar "falsos positivos", es decir, detectan movimiento o presencia de objetos sin tener en cuenta su tamaño o características. Esto supone un problema en sistemas basados en sensores para detección de movimientos o posiciones específicas. En cambio, el procesamiento de imágenes capturadas mediante una cámara ofrece una detección más precisa y segura, gracias al filtrado por áreas que permite ignorar los movimientos de objetos que no superen cierto umbral.

**Criterios de Selección de Hardware y Software.** El criterio de selección para el hardware se basó en el método costo beneficio y el software se basó en la accesibilidad, interfaz, ampliación, audio, compatibilidad y portabilidad.

**Tabla 1***Selección de Hardware*

<b>Modelo</b>	<b>CPU</b>	<b>RAM</b>	<b>Conectividad</b>	<b>Puertos E/S</b>	<b>Costo</b>	<b>Selección</b>
RASPBERRY PI 4B	1.5-GHz, 4-core Broadcom BCM2711 (Cortex-A72)	8GB	802.11ac / Bluetooth 5.0	2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x micro HDMI	5000 00	NO
RASPBERRY PI 4	1.5-GHz, 4-core Broadcom BCM2711 (Cortex-A72)	4GB	802.11ac / Bluetooth 5.0	2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x micro HDMI	4000 00	SI
RASPBERRY PI 3	1.4-GHz, 4-core Broadcom BCM2837B0 (Cortex-A53)	1GB	802.11ac, Bluetooth 4.2, Ethernet	4 x USB 2.0, HDMI, 3.5mm audio	3200 00	NO
RASPBERRY PI ZERO W	1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF- S)	512MB	802.11n / Bluetooth 4.1	1x micro USB, 1x mini HDMI	2200 00	NO
RASPBERRY PI ZERO WH	1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF- S)	512MB	802.11n / Bluetooth 4.1	1x micro USB, 1x mini HDMI	1400 00	NO
RASPBERRY PI ZERO	1-GHz, 1- core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF- S)	512 MB	-	1x micro USB, 1x mini HDMI	7000 00	NO

*Nota.* Esta tabla muestra la comparación de los diferentes hardware encontrados en el estudio

*Fuente.* Autoria propia

**Tabla 2***Selección de Software*

<b>Lenguaje</b>	<b>Acceso</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Ampliación</b>	<b>Audio</b>	<b>Compatibilidad</b>	<b>Portabilidad</b>	<b>Selección</b>
C++	Facil  Sirve para todos los sistemas operativos pero cada uno con su respectiva versión para dicho sistema	Lenguaje de programación orientada a objetos creado por Bjarne Stroustrup	No permite ampliación	Depende del equipo de audio que se adiera al sistema	Windows	Carpeta de archivos local	NO
HTML	Facil.  Se pueden ver en todos los sistemas operativos, pero la interpretación varía según el navegador que esté utilizando.	Lenguaje utilizado para la creación de páginas web. HTML significa "hypertext mark-up language" es decir, texto presentado de forma estructurada y agradable, con enlaces (hyperlinks) que conducen a otros documentos o fuentes	Si permite ampliación	Utiliza el sistema de audio de cada navegador WEB	Sirve para todos los sistemas operativos	WEB	SI

VISUAL BASIC	Facil.  Integra el diseño e implementación de formularios de Windows, dado que tiene acceso prácticamente total al api de Windows, incluidas librerías actuales.	Es un lenguaje de programación dirigido por eventos, desarrollado por el alemán Alan Cooper para Microsoft.  Sirve para hacer aplicaciones de escritorio en Windows	No permite ampliación	Depende del equipo de audio que se adiera al sistema	Windows	Carpeta de archivos local	NO
C#	Facil.  Se tiene que conseguir una versión reciente de visual studio .net, por otra parte se tiene que tener algunos requerimientos mínimos del sistema para poder trabajar adecuadamente tales como contar con Windows nt 4 o superior, tener	La plataforma .Net Sirve para hacer aplicaciones de escritorio, aplicaciones web y móviles, Sistema operativo Windows	no permite ampliación	Depende del equipo de audio que se adiera al sistema	Windows	Carpeta de archivos local	NO

---

		alrededor de 4 gigas de espacio libre para la pura instalación, etc.					
JAVA	Facil.  Su desarrollo es complejo, esta diseñado mas para el area empresarial.	Se pueden realizar distintos aplicativos, como son applets, que son aplicaciones especiales, que se ejecutan dentro de un navegador al ser cargada una página HTML en un servidor web.	Si permite ampliación	Utiliza el sistema de audio de cada navegador WEB	Sirve para todos los sistemas operativos	WEB	NO
PHP	Facil.  Orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos.	PHP es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas.	Si permite ampliación	Utiliza el sistema de audio de cada navegador WEB	Sirve para todos los sistemas operativos	WEB	SI

---

Python	Facil.	Ofrece herramientas para la creación y entrenamiento de modelos de inteligencia artificial y aprendizaje profundo	Si permite ampliación	Utiliza el sistema de audio de cada navegador WEB	Sirve para todos los sistemas operativos	WEB	SI
Open CV	Facil.	Las funciones que ofrece en el procesamiento de imágenes resultan muy prácticos e intuitivos, lo que facilita gran parte del código para la ubicación del rostro de la persona invidente.	Si permite ampliación	Utiliza a el sistema de audio de cada navegador WEB	Sirve para todos los sistemas operativos	WEB	SI

*Nota.* Esta tabla muestra la comparación de los diferentes software encontrados en el estudio

*Fuente.* Autoria propia

**Software.** A continuación, se presentará una tabla con los diferentes softwares aplicados en el sistema.

**Tabla 3***Software Implementado en el Proyecto*

<b>Software</b>	<b>Características</b>	<b>Criterio de selección</b>
Xampp	<p>Integración de herramientas como Apache, MYSQL, PHP y Perl</p> <p>Multiplataforma</p> <p>Implementa OpenSSL, Webalizer, Mercury, Tomcat, Filezilla.</p> <p>Compone una versión estándar y una versión completa.</p>	<p>Este software XAMPP pugna un servidor remoto como un medio en su procesadora local, esto posibilita una fácil conexión al entorno web.</p> <p>Integra herramientas contempladas en el proyecto como el SGBD MySQL y es uno de los lenguajes más utilizados en el desarrollo web, por lo que ofrece confiabilidad y seguridad en el ejercicio del desarrollo del aplicativo web para el proyecto.</p>
Php	<p>Lenguaje de programación de código abierto.</p> <p>Ejecución en el lado del servidor.</p> <p>Permite la integración con otros sistemas y servicios mediante el uso de librerías y APIs.</p> <p>Cuenta con una amplia comunidad de desarrolladores que ofrecen soporte y recursos para el desarrollo web.</p>	<p>Permite la creación de páginas web dinámicas y la integración con HTML, CSS y JavaScript.</p> <p>Compatible con una gran cantidad de bases de datos, esto en caso de ser precavidos en el sector de las bases de datos</p> <p>Es un lenguaje interpretado, lo que refleja más detalles y menos errores en cuanto los tipos de datos y sus operaciones.</p>

---

Phpmysqladmin	<p>Ofrece una interfaz gráfica de usuario intuitiva</p> <p>Permite realizar CRUD en la base de datos</p> <p>Facilita la importación y exportación de datos en diferentes formatos, como SQL, CSV, XML y JSON.</p> <p>Ofrece características avanzadas de seguridad.</p> <p>Es una herramienta de código abierto y gratuita.</p> <p>Lenguaje de programación de alto nivel.</p> <p>Lenguaje interpretado.</p> <p>Lenguaje multiparadigma: programación orientada a objetos, funcional y procedural.</p>	<p>Software gratuito.</p> <p>Alta cantidad de funciones para el manejo de la base de datos integrada en php.</p> <p>Seguridad en la información, ofrece alternativas como la gestión de usuarios y permisos, el cifrado de contraseñas y la prevención de ataques de fuerza bruta.</p> <p>Cuenta con una amplia biblioteca estándar, que proporciona módulos y herramientas para tareas comunes el acceso a bases de datos y el procesamiento de imágenes, el incluido en este proyecto es openCV.</p>
Python	<p>Lenguaje de propósito general, lo que significa que se puede utilizar para desarrollar una amplia variedad de aplicaciones.</p> <p>lenguaje de propósito general, lo que significa que se puede utilizar para desarrollar una amplia variedad de aplicaciones.</p>	<p>Ofrece herramientas para la creación y entrenamiento de modelos de inteligencia artificial y aprendizaje profundo</p> <p>Es un lenguaje de programación de alto nivel y fácil de aprender</p>
	<p>Posee una biblioteca de funciones para crear</p>	<p>Las funciones que ofrece en el procesamiento de imágenes</p>

---

---

Opencv	<p>aplicaciones avanzadas de procesamiento de imágenes. resultan muy prácticos e intuitivas, lo que facilita gran parte del código para la ubicación del rostro de la persona invidente.</p> <p>Ofrece una interfaz de programación de aplicaciones (API) fácil de usar para Python</p> <p>Es compatible con una amplia variedad de formatos de imagen y video.</p> <p>Es una biblioteca de código abierto y multiplataforma.</p>
Raspberry SO	<p>sistema operativo gratuito y de código abierto, basado en Linux.</p> <p>Ofrece una interfaz gráfica de usuario (GUI) fácil de usar.</p> <p>Ofrece una amplia gama de herramientas y bibliotecas para programar en diferentes lenguajes de programación.</p> <p>Es compatible con diferentes periféricos y accesorios de hardware, como cámaras, sensores, pantallas, entre otros.</p> <p>Sistema operativo de bajo consumo de energía.</p> <p>Debido que el proyecto se trata de un sistema embebido, el poco consumo de energía, la compatibilidad de una amplia gama de sensores y periféricos y la compatibilidad con el lenguaje de programación Python, hace que sea la mejor opción para ser el microcontrolador elegido.</p>

---

*Nota.* Esta tabla muestra los software utilizados en el proyecto

*Fuente.* Autoria propia

**Hardware**

A continuación, se presentará una tabla con los diferentes componentes de Hardware aplicados en el sistema.

**Tabla 4***Hardware Implementado en el Proyecto*

Hardware	Fuente	Criterio de selección
Cámara Microsoft Life-Cam Studio	Tomado de: <a href="http://microsoftlifecamstudio.webcamhd.com">microsoft lifecam studio webcam hd</a>   <a href="http://pccomponentes.com">pccomponentes.com</a>	Alta resolución y compatibilidad. Posee un Sensor 1080p HD, sistema óptico, auto-enfoque de 0.1m hasta >=10m, imágenes más nítidas y detalladas, micrófono, compatible con todos los sistemas operativos
Sensor de movimiento	<i>Fuente.</i> Tomado de: sensor de movimiento pir hc-sr501 - méxico— electrocrea	Ayuda a captar movimiento, casi siempre se utiliza para detectar si un ser humano se ha movido dentro o fuera de la gama del sensor. Es pequeño, de bajo costo, bajo consumo de energía además de ser fácil de usar.  Incluye un retardo ajustable antes de disparar (aproximadamente 0,5 a 200 segundos) y tiene una sensibilidad ajustable y dos orificios de montaje M2. Su rango de detección es de hasta 7 metros con un ángulo de 120 grados.

---

Tarjeta Raspberry pi 4	<i>Fuente.</i> Tomado de: raspberry pi 4 model b - 4gb - okdo	Procesador de alta calidad, unidad de Procesamiento de Gráficos Integrado (GPU) VideoCore 4, 256 MB de RAM, puertos USB, Salida de vídeo HDMI, salida de vídeo RCA, salida de Audio Jack de 3.5mm.
Dispositivo salida de audio	<i>Fuente.</i> Tomado de: vira otomotiv garaj ekipmanları ankara gsm:+90-533-2401307-automotive garage equipment global trade: konusan araba kiti - elektronik konuşma kiti satışa sunuldu.	<p>Conector Micro USB de 5V, 26 pines 2,54 mm Ranura Header (que permite periféricos y tarjetas de expansión)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altavoces</li> <li>▪ Auriculares</li> <li>▪ Parlantes</li> <li>▪ Audífonos</li> <li>▪ Amplificadores</li> <li>▪ Mezcladores de audio</li> <li>▪ Sistemas de sonido surround</li> <li>▪ Barras de sonido</li> <li>▪ Subwoofers</li> <li>▪ Transductores acústicos</li> </ul>

---

*Nota.* Esta tabla muestra los software utilizados en el proyecto

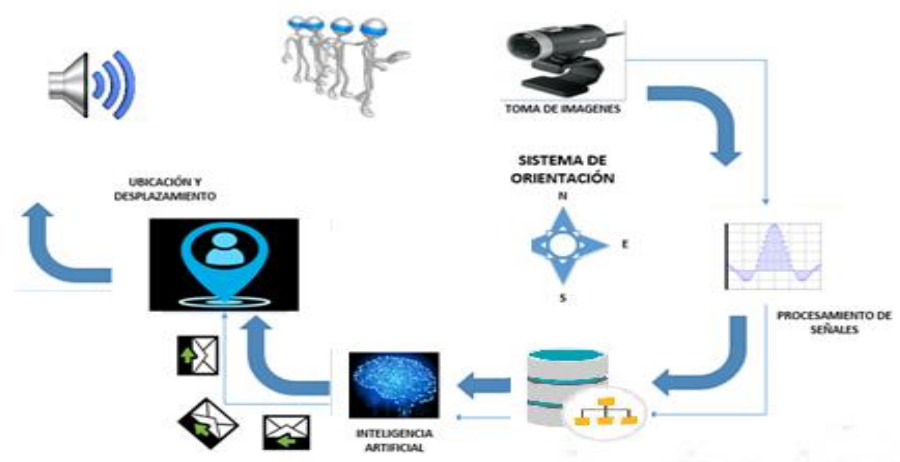
*Fuente.* Autoria propia

## Diseño de la Solución

A continuación, se expondrá un gráfico que define las partes del funcionamiento del sistema de orientación, que comienza por la adquisición de señales de movimiento, estas señales activan cámaras de video para la captura de imágenes, las imágenes pasan a ser procesadas por un algoritmo para la detección del rostro del usuario con discapacidad visual, luego estas imágenes son guardadas y almacenadas, para que a través del algoritmo cada vez que el sistema realice la detección de rostros se entrene y pueda predecir a quien pertenece el rostro y así realizar el reconocimiento de rostros. Una vez el sistema realiza el reconocimiento de rostro y dependiendo de la ubicación de la cámara puede brindarle al usuario información sobre su ubicación y a que otros espacios puede desplazarse a través de una salida de audio, esta secuencia de indicaciones y movimientos se van guardando en la base datos del aplicativo, de esta manera el sistema aprende a conocer los lugares mas frecuentados por el usuario y puede brindar información mas rápida al usuario y mejorar su efectividad para el desplazamiento y necesidad del usuario.

### Figura 15

*Partes del funcionamiento del sistema de orientación a implementar*

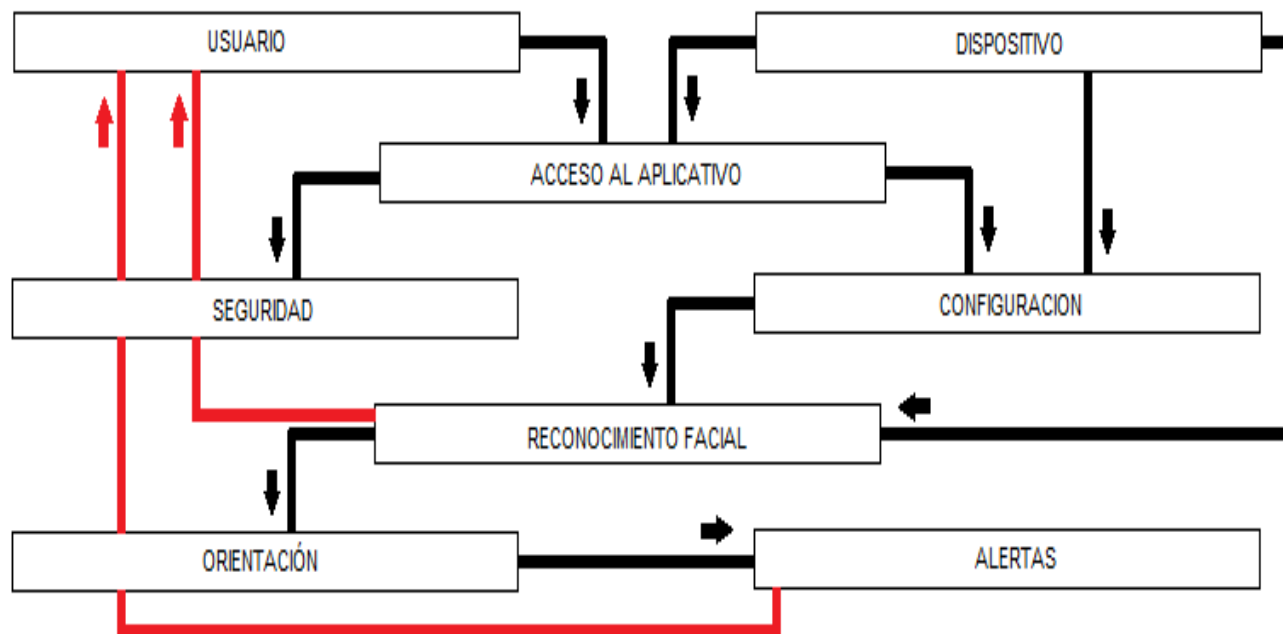


*Fuente:* Autoría propia

## Modelo relacional

**Figura 16**

*Modelo entidad - relación*



*Fuente. Autoría propia*

## Implementación del Sistema de Orientación

### *Adquisición de Señales a través de Cámaras de Video*

Se desarrolló un algoritmo de orientación para personas con discapacidad visual que permite la adquisición de imágenes mediante el software OpenCV. A través de una cámara de video, se capturan las coordenadas del usuario y se procesan mediante métodos matemáticos de señales para determinar su posición. En función de las coordenadas obtenidas, se activan diferentes acciones diseñadas para orientar al usuario, como por ejemplo indicaciones específicas, medidas de distancia en metros, giros, identificación de objetos o lugares, entre otros. El sistema de audio recibe las instrucciones y las transmite al usuario de manera clara y

precisa. En resumen, este algoritmo permite una mayor independencia y autonomía para las personas con discapacidad visual.

### **Figura 17**

*Conexión cámara a Raspberry pi*



*Fuente. Autoría propia*

**Proceso de Instalación de Librerías en la Raspberry PI.** A continuación, se expondrá el código necesario para que Open CV funcione en la Raspberry.

```
#sudo apt-get install python-dev
```

```
#sudo pip install picamera
```

```
#wgetdownloads.sourceforge.net/project/opencvlibrary/opencv-unix/2.4.9/opencv-2.4.9.zip
```

```
#cd opencv-2.4.9
```

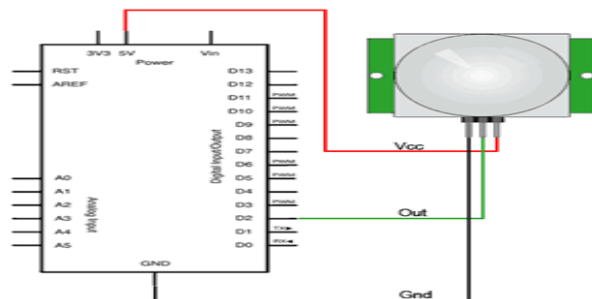
Activación cámara en Raspberry pi

**Figura 18***Configuración Cámara a Raspberry Pi*

*Fuente. Autoría propia*

*Adquisición de Señales a través de Sensores de Movimiento*

Se dio inicio a la construcción del prototipo, comenzando por la adquisición de señales necesarias para obtener la ubicación del usuario. Para llevar a cabo esta tarea, se han seleccionado cuidadosamente los siguientes materiales que se utilizarán en la construcción del prototipo.

**Figura 19***Conexión sensor a Raspberry Pi*

*Fuente. Sensor de movimiento pir— electrocrea*

### *Procesamiento de Señales Adquiridas*

Con el fin de ubicar la posición específica de la persona, es esencial realizar una detección precisa de patrones característicos que permitan identificar su presencia. Para lograrlo, se ha implementado un sistema de detección de alta tecnología capaz de reconocer y analizar múltiples rasgos distintivos, como los rostros y el cuerpo superior de las personas.

**Detección de Rostros.** Durante el desarrollo del algoritmo de detección, se utilizó la librería OpenCV como principal herramienta, ya que cuenta con características avanzadas para la detección de formas específicas en imágenes. Entre estas formas se incluyen partes del cuerpo humano, como el rostro, los ojos, la boca y el cuerpo.

Para llevar a cabo la detección, se implementó un clasificador multi-escala que utiliza una cascada de clasificadores. En este proceso, se entrena el clasificador con un conjunto de muestras de objetos específicos, como caras o coches. Luego, se aplica el clasificador a una región de interés en la imagen de entrada, con el objetivo de identificar si hay un objeto similar presente en la región. Si se encuentra un objeto similar, el clasificador devuelve un valor de "1", de lo contrario, devuelve un valor de "0".

Para buscar el objeto en toda la imagen, se aplica el clasificador a múltiples regiones de interés en la imagen, de diferentes tamaños y posiciones. El clasificador está diseñado para ser capaz de ajustarse fácilmente al tamaño de la región de interés, lo que resulta más eficiente que cambiar el tamaño de la imagen en sí.

La palabra "cascada" en el nombre del clasificador se refiere a que el clasificador resultante está compuesto por varios clasificadores simples (etapas) que se aplican secuencialmente a una región de interés. Si en algún momento se rechaza al candidato, o se pasan todas las etapas, se determina que no se ha encontrado el objeto. La lógica del proceso

consiste en calcular la diferencia entre la suma de píxeles de cada región o ventana, con la suma de píxeles del objeto deseado, y determinar si la diferencia es menor que el umbral establecido. Si la diferencia es menor que el umbral, se considera que se ha detectado el objeto en la región de interés.

**Captura de Rostros.** Se realizaron ajustes y selección del logaritmo más adecuado para el código de programación bajo resultados de las pruebas realizadas al rostro de los usuarios y la ubicación del usuario.

Existen ficheros de acceso libre, que realizan esta labor, y se incluyen en la librería de opencv.

Los ficheros mencionados, utilizados en este proyecto son:

```

“cv2.harcascadeClassifier”

#personName = 'Carlos'

#dataPath = 'Ruta donde vas a guardar las imagenes'

#personPath = dataPath + '/' + personName

#print('Carpeta creada: ',personPath)

#cap = cv2.VideoCapture(0,cv2.CAP_DSHOW)

#faceClassif=cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades+'haarcascade
 _frontalface_default.xml')

#while True:

#ret, frame = cap.read()

#frame = imutils.resize(frame, width=640)

#gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

#faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)

#for (x,y,w,h) in faces:

```

```

#rostro = auxFrame[y:y+h,x:x+w]

#rostro = cv2.resize(rostro,(150,150),interpolation=cv2.INTER_CUBIC)

#cv2.imwrite(personPath + '/rotro_{}.jpg'.format(count),rostro)

#count = count + 1

#cv2.imshow('frame',frame)

#k = cv2.waitKey(1)

#break

```

**Explicación.** Se inicia el proceso declarando el nombre de la persona de la que se capturará el rostro, para posteriormente guardar las capturas en una carpeta específica con las coordenadas de cada rostro detectado. En caso de que la ruta no exista, el código creará la carpeta correspondiente, y en caso contrario, las nuevas imágenes se copiarán en la misma carpeta sin crear una nueva.

Se declara la variable "cap" de tipo VideoCapture, asignándole la cámara correspondiente para la adquisición de imágenes, identificada en este caso con el índice 0, y se establece el tamaño de la imagen capturada en 352 x 288 píxeles, teniendo en cuenta las limitaciones de memoria.

El comando "face\_cascade.detectMultiScale" se utiliza para buscar y detectar rostros en la imagen en escala de grises "frame\_gray", y las coordenadas de los mismos se guardan en la variable "faces". El tamaño mínimo de cada rostro detectado se establece en 30 x 30 píxeles, y se ingresa como parámetro de la función.

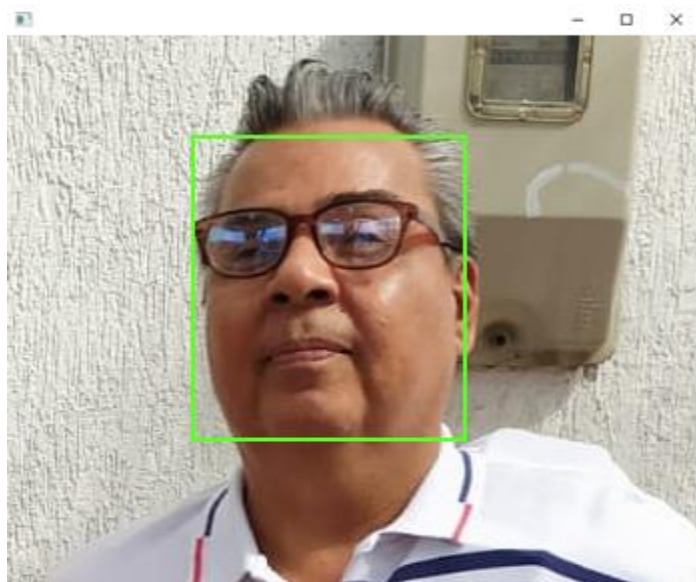
Después de capturar la imagen con la cámara y guardarla en la variable "frame", se utiliza la instrucción "while" para repetir el proceso hasta obtener las imágenes necesarias. Es importante tener en cuenta las coordenadas del rostro detectado para la implementación del

sistema, ya que estas variables indican la ubicación de la persona y son fundamentales para generar los comandos de guía y orientación.

Este proceso se repite en las 6 cámaras instaladas, por lo que la ubicación se obtiene según la cámara en la que se obtengan las coordenadas del rostro y la posición dentro de la imagen, lo que equivale a un lugar específico dentro del entorno doméstico.

### **Figura 20**

#### *Pruebas Reconocimiento Facial*



*Fuente:* Autoría propia

**Entrenamiento del Sistema.** Para llevar a cabo el reconocimiento de rostros en personas con discapacidad visual, el sistema utiliza un proceso de captura de fotografías del rostro de la persona, las cuales son recortadas a un tamaño uniforme para facilitar el entrenamiento del algoritmo. Es importante destacar que el rendimiento del sistema mejora a medida que se aumenta la base de datos de rostros utilizada para el entrenamiento, lo que permite una mayor precisión y confiabilidad en la identificación de los rostros de las personas con discapacidad visual.

```

#dataPath = 'Ruta donde están almacenadas las capturas del rostro'

#peopleList = os.listdir(dataPath)

#print('Lista de personas: ', peopleList)

#for nameDir in peopleList:

#personPath = dataPath + '/' + nameDir

#print('Leyendo las imágenes')

#for fileName in os.listdir(personPath):

#print('Rostros: ', nameDir + '/' + fileName)

#facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))

#label = label + 1

#face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

#print("Entrenando...")

#face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))

#print("Modelo almacenado...")

```

**Explicación.** En primer lugar, se especifica la ruta de la carpeta que contiene los rostros capturados.

Seguidamente, se definen las etiquetas o nombres de las personas a las que se les realizó el proceso de captura de rostro.

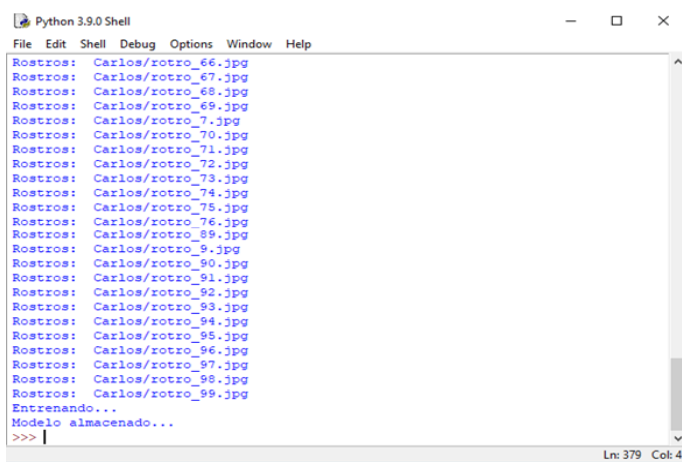
A continuación, se lleva a cabo el proceso de lectura de todas las imágenes correspondientes a cada rostro, imprimiendo el nombre de la persona a la que pertenecen las capturas.

Para realizar el proceso de reconocimiento de rostros, se utiliza el objeto `face_recognizer` junto con el método `face.LBPHFaceRecognizer_create()`. Este método permite entrenar el

modelo con las imágenes capturadas previamente. Cuando el proceso de entrenamiento se ejecuta, el aplicativo muestra un mensaje indicando que está entrenando, y si este se completa correctamente, muestra un mensaje de confirmación indicando que el modelo ha sido almacenado.

## Figura 21

### *Sistema Entrenado*



```

Python 3.9.0 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Rostros: Carlos/rotro_66.jpg
Rostros: Carlos/rotro_67.jpg
Rostros: Carlos/rotro_68.jpg
Rostros: Carlos/rotro_69.jpg
Rostros: Carlos/rotro_7.jpg
Rostros: Carlos/rotro_70.jpg
Rostros: Carlos/rotro_71.jpg
Rostros: Carlos/rotro_72.jpg
Rostros: Carlos/rotro_73.jpg
Rostros: Carlos/rotro_74.jpg
Rostros: Carlos/rotro_75.jpg
Rostros: Carlos/rotro_76.jpg
Rostros: Carlos/rotro_89.jpg
Rostros: Carlos/rotro_9.jpg
Rostros: Carlos/rotro_90.jpg
Rostros: Carlos/rotro_91.jpg
Rostros: Carlos/rotro_92.jpg
Rostros: Carlos/rotro_93.jpg
Rostros: Carlos/rotro_94.jpg
Rostros: Carlos/rotro_95.jpg
Rostros: Carlos/rotro_96.jpg
Rostros: Carlos/rotro_97.jpg
Rostros: Carlos/rotro_98.jpg
Rostros: Carlos/rotro_99.jpg
Entrenando...
Modelo almacenado...
>>> |
Ln: 379 Col: 4

```

*Fuente.* Autoría propia

**Reconocimiento de los Rostros.** En esta etapa, solo resta realizar la comparación entre la cámara que captura en tiempo real y las imágenes previamente almacenadas. El sistema utiliza el siguiente código para llevar a cabo el reconocimiento:

```

dataPath = 'C:/proyectos/Reconocimiento Facial/Data'

print('imagePaths=',imagePaths)

face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

cap = cv2.VideoCapture(0,cv2.CAP_DSHOW)

faceClassif =

cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades+'haarcascade_frontalface_default.xml')

```

```

while True:

    if ret == False: break

    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    auxFrame = gray.copy()

    faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)

    for (x,y,w,h) in faces:

        rostro = auxFrame[y:y+h,x:x+w]

        rostro = cv2.resize(rostro,(150,150),interpolation= cv2.INTER_CUBIC)

        result = face_recognizer.predict(rostro)

        cv2.putText(frame,'{}'.format(result),(x,y-5),1,1.3,(255,255,0),1,cv2.LINE_AA)

        if result[1] < 70:

            cv2.putText(frame,'{}'.format(imagePaths[result[0]]),(x,y-
25),2,1.1,(0,255,0),1,cv2.LINE_AA)

            cv2.rectangle(frame, (x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)

        else:

            cv2.putText(frame,'Desconocido',(x,y-20),2,0.8,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)

            cv2.rectangle(frame, (x,y),(x+w,y+h),(0,0,255),2)

        cv2.imshow('frame',frame)

```

**Explicación.** En las primeras líneas del código se listan las carpetas donde se guardaron los rostros para obtener los nombres de las personas que se van a visualizar en pantalla. Luego, se establece el método que se va a utilizar para realizar el reconocimiento facial y se define el modo en que se va a realizar el reconocimiento, ya sea desde un video o en tiempo real.



```
From Playsound Import Playsound
```

```
playsound('audio.mp3')
```

En el caso del comando de voz, se puede utilizar un módulo de reconocimiento de voz como "SpeechRecognition" para transcribir la voz a texto y ejecutar acciones en base a lo que se ha dicho. Una vez reconocido el comando, se puede utilizar la función "playsound" para reproducir una respuesta en audio.

```
if imagePath[result[0]] == 'Jose':
```

```
playsound("C:\proyectos\prueba.mp3")
```

```
if imagePath[result[0]] == 'Carlos':
```

```
playsound("C:\proyectos\prueba1.mp3")
```

Se resalta en color rojo el código para que se ejecuten los comandos de voz, así mismo, se utiliza if para indicar al sistema si reconoce al rostro del usuario envíe el comando de voz, si no lo reconoce puede enviar una alarma o simplemente no hacer nada.

**Aplicación de Técnicas de Inteligencia Artificial para el Aprendizaje Continuo del Sistema de Orientación.** La técnica utilizada para el sistema es la minería de datos donde el sistema de orientación almacena en la base de datos del aplicativo WEB las indicaciones y movimientos realizados por el usuario en una hora específica, de esta manera clasifica la información, comienza conocer las necesidades del usuario y puede brindarle una información mas rápida y eficaz, que sea de mas utilidad para el usuario; un ejemplo claro seria al momento de que el usuario despierte por la mañana el sistema puede brindarle información que lo oriente al baño.

## Aplicativo Web

Para la integración de las tecnologías se creó un aplicativo HTML y PHP permitiendo el fácil acceso y manejo a bases de datos.

### Figura 23

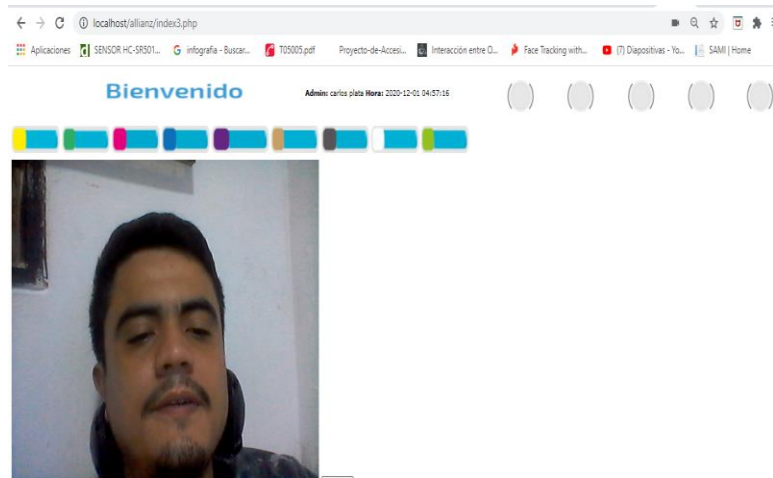
*Ingreso al Aplicativo de Orientación.*



*Fuente. Autoría propia*

### Figura 24

*Aplicativo de Orientación (vista).*



*Fuente. Autoría propia*

## Figura 25

### Creación de Usuarios en Aplicativo



Bienvenido Admin: carlos plata Hora: 2020-12-01 04:57:16

Usuarios

Cedula o NIT Nombre Pass Elegir Rol Grabar

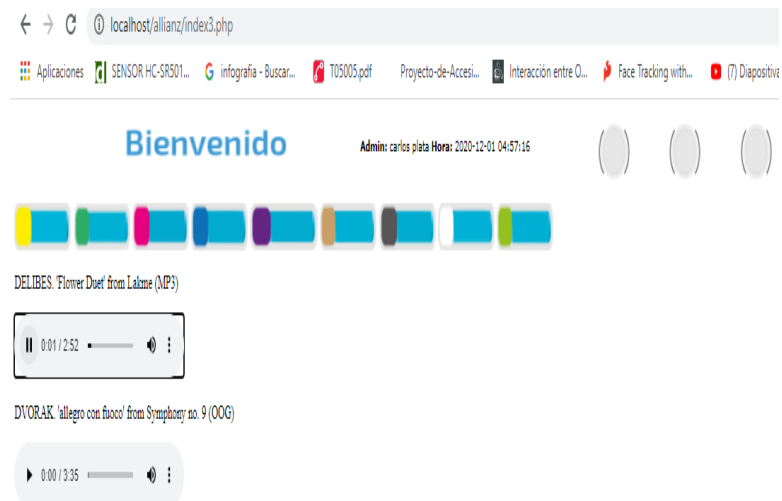
Usuario Buscar

ID	Usuario	Nombre	Descripción	Rol	Eliminar	Actualizar
1	1090464346	carlos plata	carlos plata	Admin		

Fuente. Autoría propia

## Figura 26

### Entrada de Audios del Aplicativo



localhost/alianz/index3.php

Aplicaciones SENSOR HC-SR501... infografia - Buscar... T05005.pdf Proyecto-de-Accessi... Interacción entre O... Face Tracking with... (7) Diapositive

Bienvenido Admin: carlos plata Hora: 2020-12-01 04:57:16

DELIBES: Flower Duet from Lakme (MP3)

0:01 / 2:52

DYORAK: 'allegro con fuoco' from Symphony no. 9 (OOG)

0:00 / 3:35

Fuente. Autoría propia

### ***Base de Datos***

El sistema utiliza el motor de base de datos mysql y el administrador de bases de datos phpmyadmin para guardar la información necesaria del sistema de información, se adjuntan evidencias.

A continuación, se expondrá un diccionario de datos para el manejo del sistema, los cuales incluyen tablas y registros de los diferentes escenarios del sistema de orientación.

**Tabla 5***Diccionario de Datos para el Manejo del Sistema*

<b>Usuario</b>				
Campo	Definición del campo	Longitud	Tipo	Obligatorio
Id	identificador único	5	Numero	Si
Nombres	Nombre del propietario	50	Texto	Si
Apellidos	Apellido del propietario	50	Texto	Si
Cedula	Cedula del propietario	20	Numero	Si
Dirección	Dirección del propietario	50	Texto	
Teléfono	Teléfono del propietario	20	Numero	
Estado	Valida si el usuario está autorizado	1	Binario	si
Fecha creación	Fecha en la que el usuario fue creado	50	Date-time	Si
<b>Seguridad</b>				
Campo	Definición del campo	Longitud	Tipo	Si
Id	Identificador único	20	Numero	si
Id_usuario	identificador único	5	Numero	Si
Pin_Seguridad	Campo único para acceso único Campo encriptado	25	Texto	Si
Pin_Seguridad_audio	Campo de audio		BLOB	Si
Fecha_Ac	Fecha última actualización de pin	50	Date-time	
<b>Mensajes de voz</b>				
Campo	Definición del campo	Longitud	Tipo	Si
ID_MSJ	Identificador único	20	Numero	si
Mensaje	Mensajes de voz		BLOB	si
Tipo	Tipo de mensaje	20	Numero	
<b>Dispositivos</b>				
Campo	Definición del campo	Longitud	Tipo	Si
ID_dispositivo	identificador único	5	Numero	Si
Id_Propietario	identificador único	5	Numero	si
Nombre_dispositivo	Nombre del dispositivo a usar (Audio)		BLOB	

*Nota.* Esta tabla muestra la base de datos del sistema de orientación

*Fuente.* Autoria propia

Seguidamente del proceso anterior, se debe activar el servidor apache de Php y el motor de base de datos Mysql así:

**Figura 27**

*Conexión del Servidor Apache y Motor de Base de Datos Mysql en Xampp*

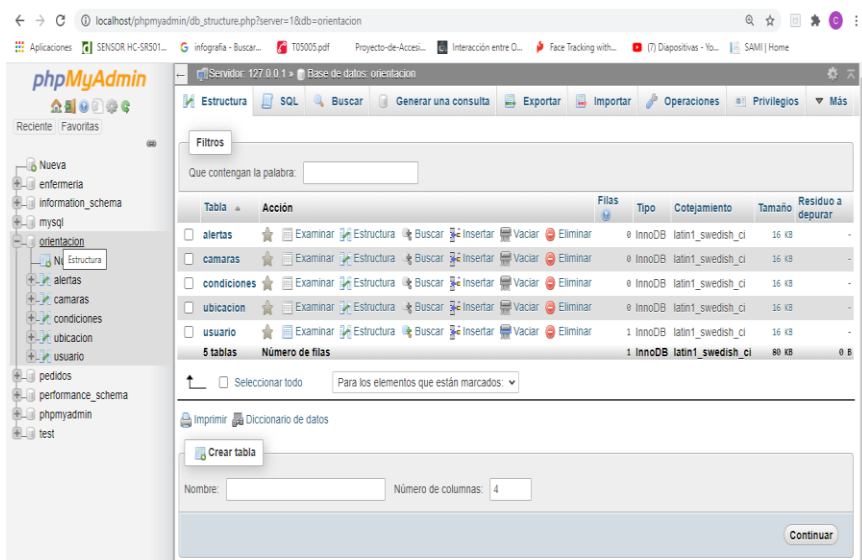


*Fuente. Autoría propia*

Posteriormente se digitan este diccionario de datos en el aplicativo web phpmyadmin para tener un registro de base de datos válido y automatizado en Mysql.

**Figura 28**

*Base de Datos del Sistema de Orientación en Phpmyadmin*



*Fuente: Autoría propia*

***Tipos de Alertas Emitidos por los Dispositivos***

Cámara inactiva

Cámara sin reconocimiento facial

no es el usuario con discapacidad

Cámara no reconoce al usuario

Cámara fuera del rango

Imagen inadecuada del video

Información necesaria de la ubicación de la persona, según las coordenadas del rostro detectado y la identificación de la cámara en la cual se realizó dicha detección.

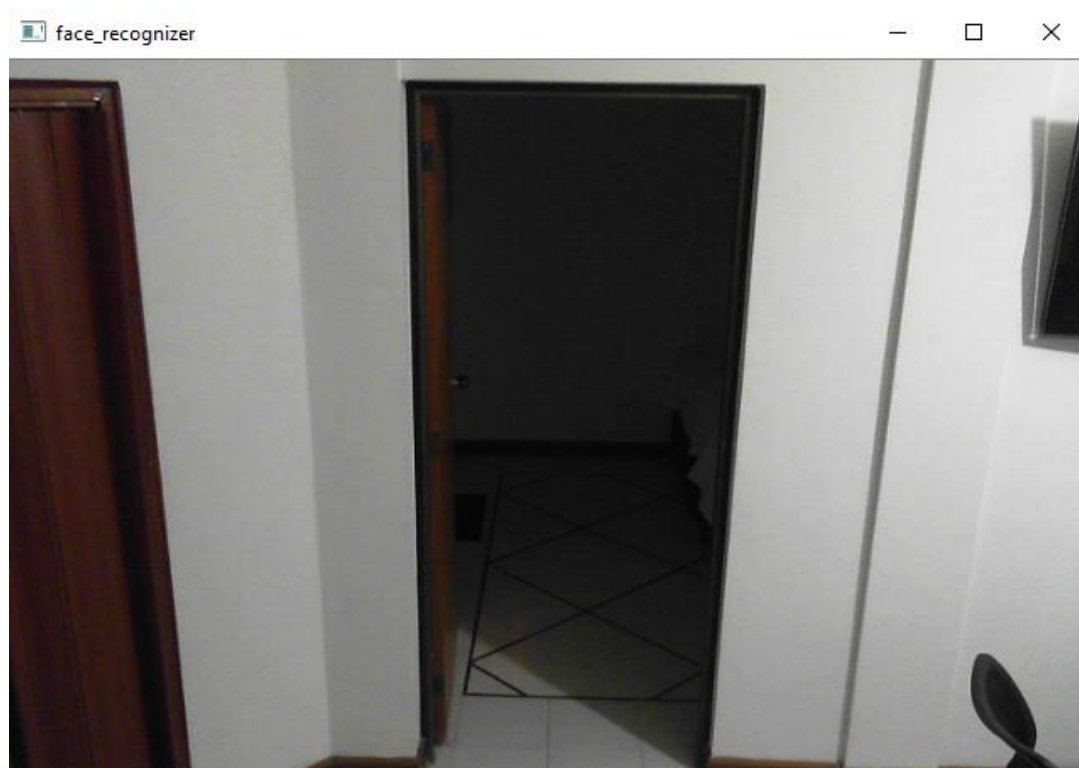
Conociendo la ubicación de la persona, se reproducen los sonidos para orientar y guiar a la persona hasta el lugar indicado, que en este caso puede ser alguno de los otros espacios dentro de la casa. Cabe recordar que los 4 espacios utilizados y parametrizados son: Sala, Cocina, Habitación, Baño.

### **Validación del Sistema de Orientación**

#### ***Realizar Salida a Campo Aplicando el Uso de los Dispositivos Tecnológicos Implementados***

Seleccionar los puntos específicos para instalar las cámaras de video y cubrir todo el espacio específico.

Se muestra toma de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista frontal al dormitorio.

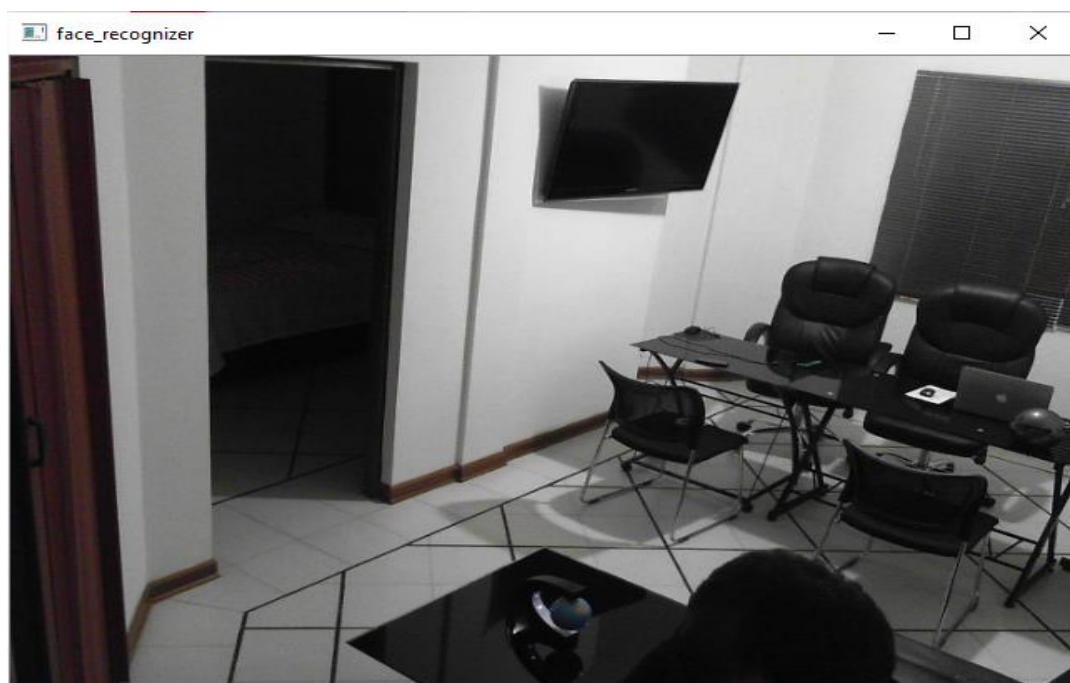
**Figura 29***Entrada al Dormitorio*

*Fuente.* Autoría propia

Se muestra toma de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista diagonal derecha al dormitorio y a la sala.

**Figura 30**

*Entrada al Dormitorio y Sala*

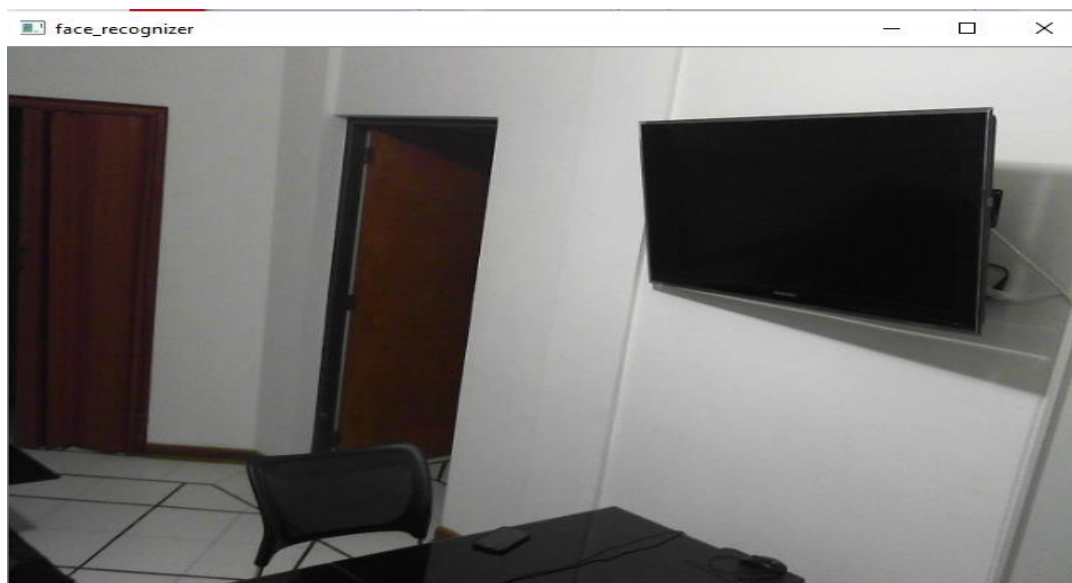


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra toma de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista diagonal izquierda al dormitorio y a la cocina.

**Figura 31**

*Entrada al Dormitorio, Sala y Cocina*

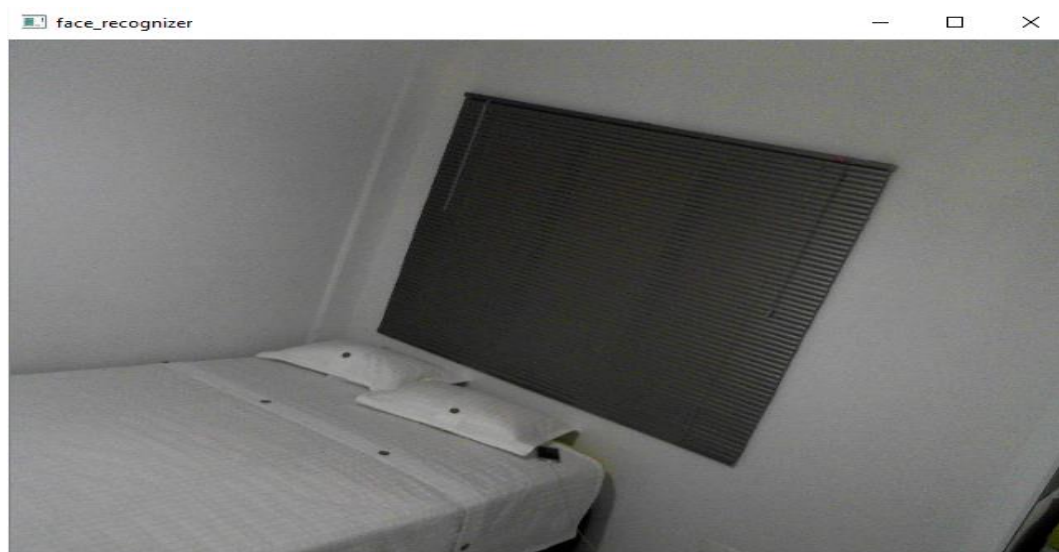


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra toma de imagen de la cámara ubicada en el dormitorio con vista a la cama.

**Figura 32**

*Dormitorio*

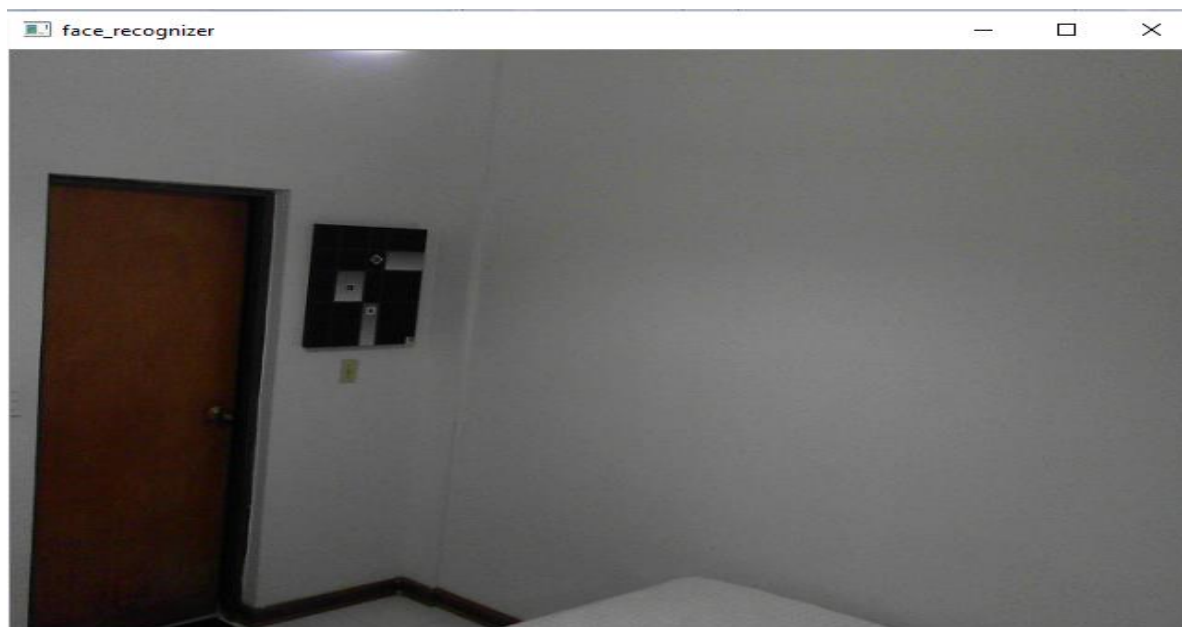


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra toma de imagen de la cámara ubicada en el dormitorio con vista a la puerta.

### Figura 33

#### *Salida del Dormitorio*



*Fuente.* Autoría propia

Las imágenes observadas anteriormente, muestran el cubrimiento total del espacio doméstico, donde la persona en condición de discapacidad visual va a recibir una orientación clara de su ubicación, dependiendo de la imagen que arroje las coordenadas del rostro, y de las mismas coordenadas dentro de la imagen.

**Análisis y Evaluación de la Información Obtenida Durante la Aplicación del Sistema de Orientación.** Como se puede apreciar en las anteriores imágenes, es posible cubrir todo el espacio doméstico y obtener imágenes en cualquier ubicación, desde alguna de las cámaras instaladas. Esto da como resultado la información necesaria de la ubicación de la persona, según las coordenadas de la identificación de la cámara en la cual se realizó dicha detección.

Conociendo la ubicación de la persona, se reproducen los sonidos para orientar y guiar a la persona hasta el lugar indicado, que en este caso puede ser alguno de los otros espacios dentro de la casa.

Cabe recordar que los 4 espacios utilizados y parametrizados son:

Sala

Cocina

Habitación

Baño

### ***Evaluación del Sistema de Información con la Población Invidente Seleccionada***

**Pruebas del Sistema de Información con Base A la Población Seleccionada.** Realizar pruebas con la población con discapacidad visual dentro de un espacio específico para garantizar la funcionalidad del sistema de orientación.

Se muestra reconocimiento de rostro de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista frontal al dormitorio.

**Figura 34***Falla en Reconocimiento de Rostro Entrada al Dormitorio*

*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista frontal al dormitorio.

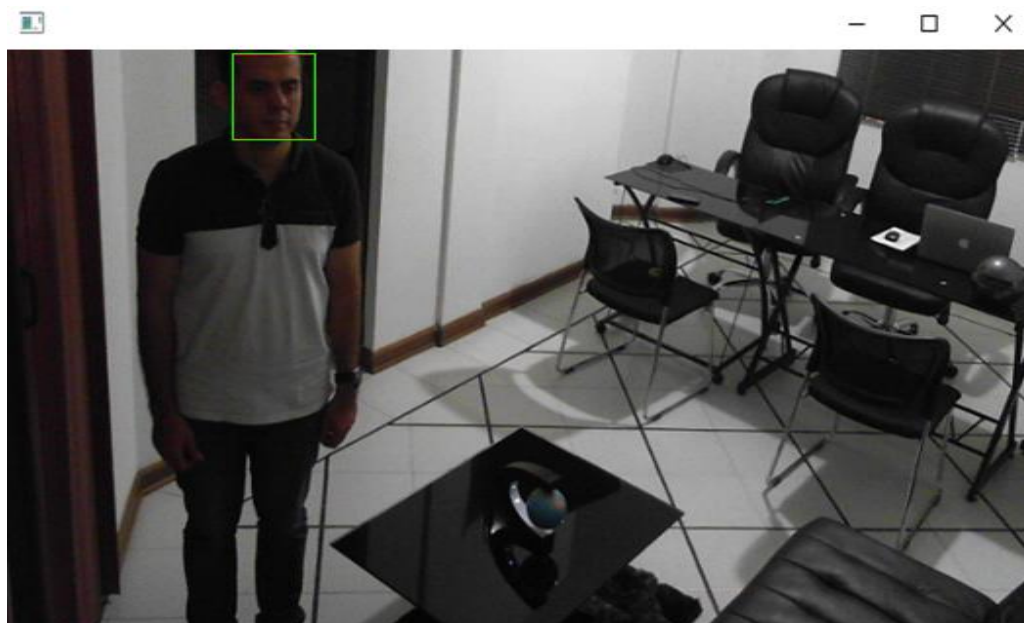
**Figura 35***Reconocimiento de Rostro Entrada al Dormitorio*

*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista diagonal derecha al dormitorio y a la sala.

### Figura 36

*Reconocimiento de Rostro Entrada al Dormitorio y Sala*

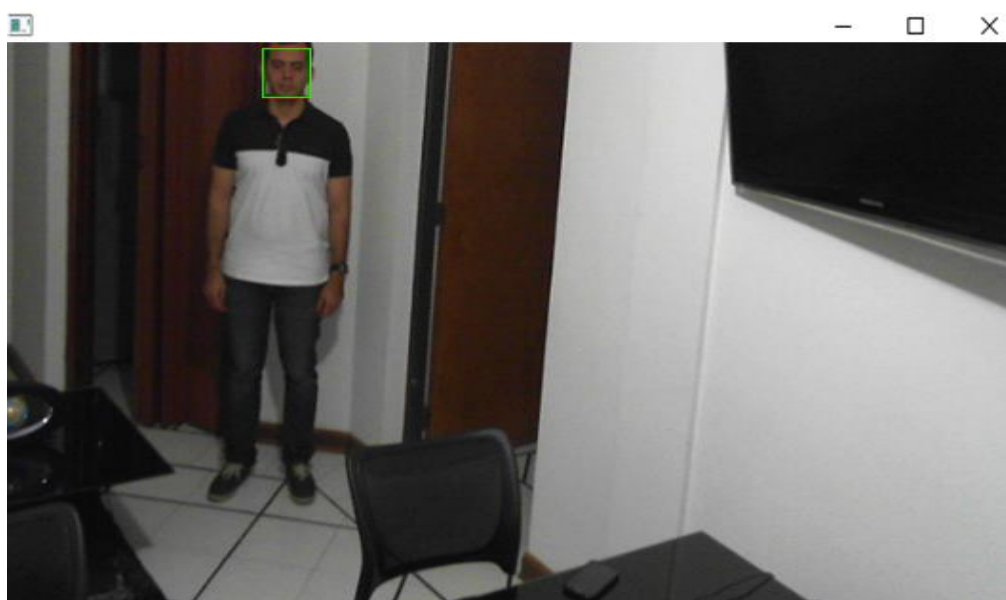


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista diagonal izquierda al dormitorio y a la cocina.

**Figura 37**

*Falla en Reconocimiento de Rostro Entrada al Dormitorio y Cocina*

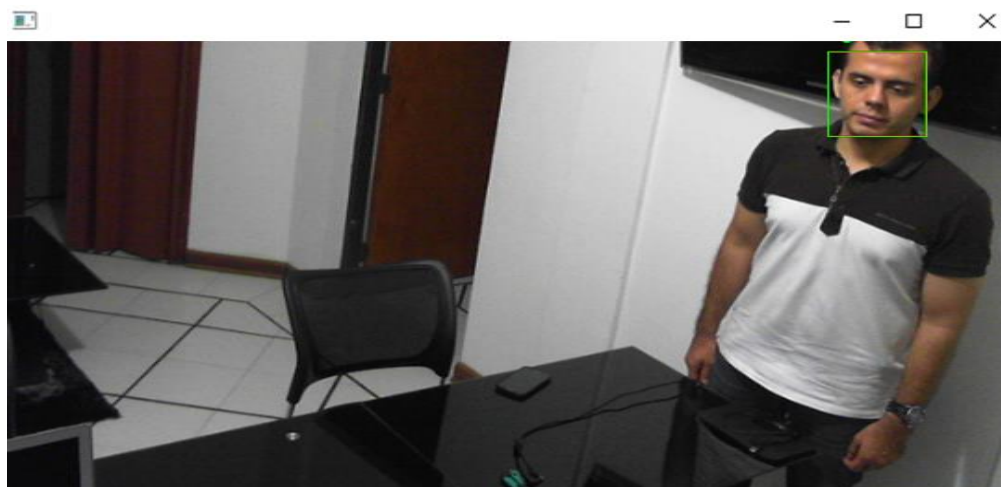


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro de imagen de la cámara ubicada en la sala con vista diagonal izquierda al dormitorio y a la cocina.

**Figura 38**

*Reconocimiento de Rostro en Sala*

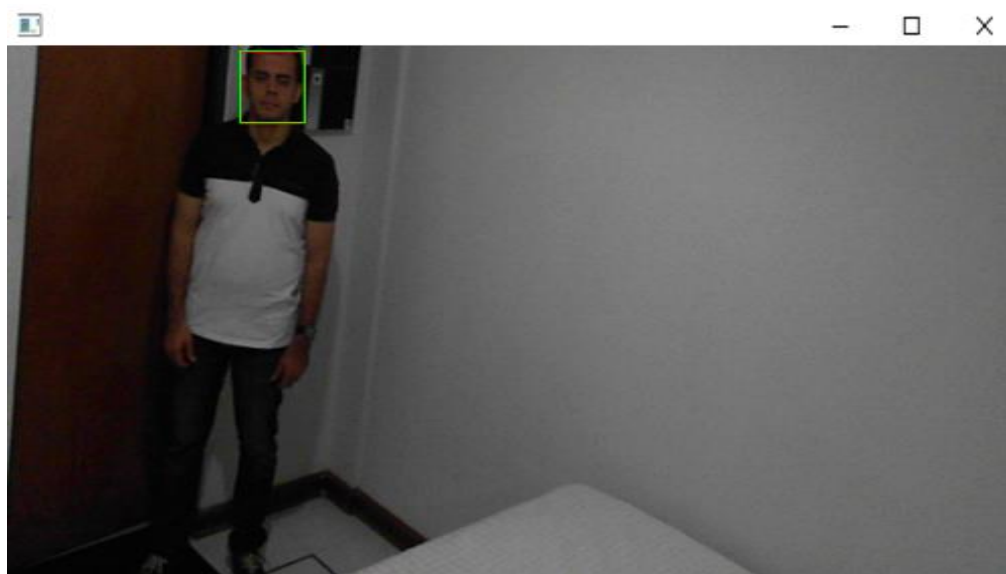


*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro exitoso de imagen de la cámara ubicada en el dormitorio con vista a la puerta.

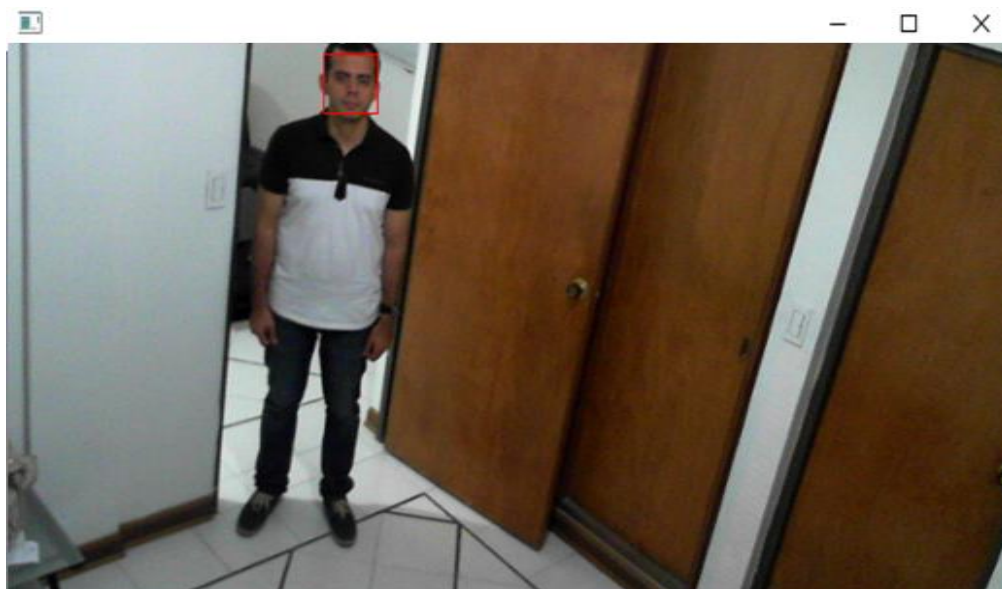
### **Figura 39**

*Econocimiento de Rostro de Dormitorio*



*Fuente. Autoría propia*

Se muestra reconocimiento de rostro con falla de imagen de la cámara ubicada en el dormitorio con vista a la puerta.

**Figura 40***Falla en Reconocimiento de Rostro Entrada al Dormitorio*

*Fuente.* Autoría propia

Como se puede apreciar en las anteriores imágenes, es posible detectar el rostro en cualquier ubicación, desde alguna de las cámaras instaladas. Esto da como resultado la información necesaria de la ubicación de la persona, según las coordenadas del rostro detectado y la identificación de la cámara en la cual se realizó dicha detección.

Conociendo la ubicación de la persona, se reproducen los sonidos para orientar y guiar a la persona hasta el lugar indicado, que en este caso puede ser alguno de los otros espacios dentro de la casa.

***Resultados***

Al implementar el sistema en el espacio doméstico, se tiene inicialmente el reconocimiento de rostros en cada cámara instalada. A continuación, una imagen de los rostros detectados en cada cámara.

Conociendo la ubicación de la persona, se reproducen los sonidos para orientar y guiar a la persona hasta el lugar indicado, que en este caso puede ser alguno de los otros espacios dentro de la casa.

Cabe recordar que los 4 espacios utilizados y parametrizados son: Sala, cocina, habitación, baño.

Se realizaron 220 pruebas, variando los recorridos y con diferentes personas, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6**

*Resultados para 100 Recorridos*

<b>Total recorridos</b>	<b>100</b>
Recorridos que presentaron fallas en detección o reconocimiento	13
Recorridos sin fallas en detección	87
Orientación exitosa	83

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados de 100 recorridos para la primera persona

*Fuente.* Autoria propia

**Tabla 7**

*Resultados para 60 Recorridos*

<b>Total recorridos</b>	<b>60</b>
Recorridos que presentaron fallas en detección o reconocimiento	7
Recorridos sin fallas en detección	53
Orientación exitosa	50

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados de 60 recorridos para la segunda persona

*Fuente.* Autoria propia

**Tabla 8***Resultados para 60 Recorridos*

<b>Total, recorridos</b>	<b>60</b>
Recorridos que presentaron fallas en detección o reconocimiento	5
Recorridos sin fallas en detección	55
Orientación exitosa	53

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados de 60 recorridos para la tercera persona

*Fuente.* Autoria propia.

Como se puede observar en la tabla 6, 7 y 8, el sistema tiene una confiabilidad y eficiencia superior al 80%, lo que es un resultado importante y significativo, ya que se les facilita en gran manera la movilidad a las personas en situaciones de discapacidad.

### **Mantenimiento del Sistema**

El sistema de orientación esta diseñado para que los equipos electrónicos no estén al alcance de los niños, tampoco depende de baterías que se tengan que estar cambiando cada periodo de tiempo. Por lo tanto hace que el sistema no necesite de mantenimientos periódicos, solo se presentara mantenimiento en caso que se dañe o se requiera limpiar un equipo electrónico para alargar la vida útil de estos mismos.

## Conclusiones

El sistema embebido de orientación a bajo costo desarrollado en este proyecto tiene como objetivo ayudar a personas con discapacidad visual a desplazarse dentro de un lugar específico sin necesidad de utilizar dispositivos u objetos en sus manos. Se complementa como dispositivo de orientación, integrando tecnologías mediante una tarjeta de desarrollo de bajo costo, permitiendo que esta población pueda adquirir el sistema.

El estado del arte destaca que existe un amplio campo de investigación para utilizar la tecnología como ayuda a personas con discapacidad. En la actualidad existen tecnologías para las personas con discapacidad visual, pero no se integran debido a su diseño poco amigable y a los altos costos que la mayoría de la población objeto no puede permitirse.

El diseño, las características y funciones del aplicativo se determinaron mediante el acompañamiento directo con varios usuarios y la Asociación de Invidentes (Asociegos) que accedió a participar en la investigación realizada.

La implementación confirmó que es posible desarrollar sistemas de tecnología sofisticada como ayuda para usuarios con discapacidades a nivel nacional, con costos moderados y utilizando software gratuito.

La implementación se basa en la libertad del usuario para movilizarse de un lugar a otro sin depender de ningún artículo u objeto que tenga que llevar puesto o a la mano, lo que hace que el sistema sea fácil de adaptar para los usuarios, como se pudo notar en las pruebas realizadas con el prototipo de sistema de orientación.

### **Recomendaciones**

Se ha observado que el sistema de orientación tiene una buena efectividad y ofrece fiabilidad. Aunque ha presentado algunas fallas, es probable que estas no afecten significativamente el rendimiento. Sería muy beneficioso para el proyecto avanzar en la unión de varias tarjetas de desarrollo, con el fin de ampliar el rendimiento, el control y el alcance del sistema.

Se recomienda ampliar el número de equipos electrónicos para garantizar un mejor rendimiento del sistema.

Sería recomendable agregar más acciones de control para el usuario al sistema, de manera que no solo se utilice para la orientación, sino también para solucionar otros problemas que puedan presentarse en los hogares.

Se sugiere llevar a cabo mantenimientos preventivos programados para prolongar la vida útil de los equipos del sistema.

Se sugiere utilizar mayor capacidad de memoria

## Referencias Bibliográficas

- ACM (2022). Association for Computing Machinery. "What is Artificial Intelligence (AI) ACM," [Online]. Disponible: <https://www.acm.org/publications/policies/artificial-intelligence>.
- Álvarez, P. A (2013). Prototipo de sistema piloto para control de acceso basado en reconocimiento de rostros. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Ingeniería en Multimedia.
- Arriarán, Sergio Salas (2015). Todo sobre sistemas embebidos. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- B. M. Lahasan, I. Venkat y S. L. Lutfi (2014). «Recognition of occluded faces using an enhanced EBGM algorithm,» de International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS), Kuala Lumpur.
- Be My Eyes (2019). Be My Eyes: A Crowdsourcing Mobile Application for Visually Impaired Users. [En línea]. Retrieved from <https://www.bemyeyes.com/>.
- Bradski, Gary, and Adrian Kaehler. "OpenCV." *Dr. Dobb's journal of software tools* 3.2 (2000).
- Bradski, Gary, and Adrian Kaehler. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."
- Brahmbhatt, Samarth. (2013). *Practical OpenCV*. Apress.
- Briceño, Lucía Millán (2011). et al. "Orientación y Movilidad en espacios exteriores para jóvenes y adultos ciegos congénitos y adquiridos apoyados por sistemas de tecnología móvil en la Región Metropolitana." Santiago de Chile.
- Cao, Z., et al (2010). Face recognition with learning-based descriptor. 2010 IEEE Computer

Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Carrión Puelles, Naldi Susan, Carlos Eduardo Silva Osoreo, and Jorge Valerio Araoz (2022). "La fabricación digital como herramienta de educación inclusiva para personas con discapacidad visual: análisis literario y bibliométrico."

Cho, Y., Kim, H., & Kim, Y (2016). A Bluetooth-based indoor navigation system for people with visual impairment. *Sensors*, 16(10), 1732.

CISDPD 2006. Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, A/RES/61/106, Asamblea General de las Naciones Unidas, 13 de diciembre de 2006.

D. Monzo, A. Albiol, J. Sastre and A. Albiol (2008), 'HOG-EBGM VS. GABOR EBGM', IEEE, p. Decreto 1377 de 2013, Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012.[En línea].

Disponible en: Decreto 1377 de 2013 - Gestor Normativo - Función Pública  
(funcionpublica.gov.co)

Duque, C. E., & Beltrán, C. A. (2015). Sistema de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual en el campus de la Universidad del Valle, Cali-Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 11(17), 58-66.

El-Khozondar, H. J., & Al-Bashabsheh (2016). Microcontroller based control system for a small-scale wave power generation prototype. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 6(6), 2761-2767.

F. A. Viscaino Naranjo, A. P. Arcos, F. P. Baño y H. W. Baño. (2018). «APP móvil para el reconocimiento facial,» *Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas*, vol. 1, n° 2, pp. 84 -94, 2018.

Fernández-Sánchez, J., Muñoz-Arteaga, J., & Romero-González (2020). Mejora de la seguridad de ubicación para personas con discapacidad visual en entornos urbanos. *Journal of*

- Accessibility and Design for All, 10(2), 189-206.
- Franco, C. H. E., Ospina, C. T., Cuevas, E. E. S., & Capacho, D. A. V (2015). Reconocimiento facial basado en Eigenfaces, LBHP y Fisherfaces en la Beagleboard- xM. *Revista Colombiana de Tecnologías de avanzada (RCTA)*, 2(26), 145-152.
- Gao, J., et al. (2017). A Personalized Navigation System for Visually Impaired Using Facial Recognition. *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, pp. 293-298. DOI: 10.1109/ROBIO.2017.8324516
- García Rojas, Jean Andrés (2020). Implementación de un sistema de monitoreo y control, aplicado a personas con discapacidad motriz por parálisis cerebral. BS thesis. Quito: Universidad de las Américas.
- Gómez, J. M., García, J., Gil, A., Luján-Mora, S., & Ballesta, M. BlindAid (2019). A Mobile and Wearable Platform for Blind People. In *International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems* (pp. 181-184). Springer, Cham.
- González Duque, Raúl. (2011). "Python para todos."
- González, C., González S, J. L., & Carrasco G. (2018). R. Sistemas de orientación y movilidad para personas con discapacidad visual: revisión bibliográfica. *Universitas Psychologica*, 17(5), 1-13. 2018.
- Huang, J., Zhang, J., Wu, Y., & Xie, X (2016). A sound guide system for visually impaired people based on smartphones. *Journal of Network and Computer Applications*, 68, 153-164.
- ICONTEC. "Accesibilidad de las personas con discapacidad al medio físico." *Normatécnica colombiana NTC 5854*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2017.
- John Wiley & Sons, (2021). Halfacree, Gareth, and Eben Upton. *Raspberry Pi user guide*.

John Wiley & Sons, (2021). McManus, Sean, and Mike Cook. Raspberry Pi for dummies.

Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. [En línea]. Disponible en: Ley 1581 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública ([funcionpublica.gov.co](http://funcionpublica.gov.co))

Ley 1618 de 2013. Por la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52081>

M. A. Sánchez (2019), "La discapacidad visual en regiones de bajos y medianos ingresos," *Revista de Salud Pública*, vol. 21, no. 3, pp. 297-302.

M.F. Bietti (2023). "Personas con discapacidad e inclusión laboral en América Latina y el Caribe: principales desafíos de los sistemas de protección social", Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/23), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Mínguez, Tomás Domínguez, (2021). *Visión artificial: aplicaciones prácticas con OpenCV-Python*. Marcombo.

Ministerio de Salud y Protección Social (2015), "Discapacidad visual en Colombia: situación actual y desafíos," Bogotá, Colombia.

Molero Aranda, Tania, et al (2021). "Tecnologías Digitales para la atención de personas con Discapacidad Intelectual." RIED. *Revista iberoamericana de educación a distancia*.

Montoro, Arturo Fernández, (2012). *Python 3 al descubierto*. RC libros.

OMS (2015). Organización Mundial de la Salud. Plan de Acción para la Prevención de la Ceguera y la Discapacidad Visual Evitable en las Américas 2014-2019. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/29758> .

- Pedre, Sol (2017). "Sistemas embebidos." Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos, Departamento de computación FCEN UBA (2017).
- Peña, L. M., Martínez, A. M., & Montoya, J. C. (2016). Desarrollo de un sistema de navegación y orientación para personas con discapacidad visual en ambientes interiores. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), 119-134.
- Pérez-Garrido, C., Rodríguez-Molina, J., García-Hernández, D. A., & Sánchez- Rodríguez, D. (2020). A Smart IoT Device for Automatic Classification of Banknotes by Visually Impaired People. *Sensors*, 20(6), 1636. doi: 10.3390/s20061636
- Rodríguez, L. F., Rodríguez, J. F., & González, F. A (2017). Diseño y construcción de un dispositivo electrónico para la detección y reconocimiento de obstáculos en personas con discapacidad visual. *Revista de Tecnología*, 16(2), 27-36.
- Salazar, R. D. V., & Mesa, A. A. C (2019). Escudero JC. Discapacidad visual y ceguera en el adulto: revisión de tema. *Medicina UPB*, 2011. Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica. *Revista Politécnica*, 15(28),107-116.
- Sánchez, J., González, J., & Martínez, F (2019). Perspectives and Challenges in Assistive Technologies for Visually Impaired People. *Frontiers in Robotics and AI*, 6, 25. doi: 10.3389/frobt.2019.00025.
- Sánchez-Rodríguez, D., García-Hernández, D. A., & García-Sánchez, F. (2021). IoT-Based System for Remote Assistive Navigation of Visually Impaired People. *Sensors*, 21(2), 406. doi: 10.3390/s21020406
- Sánchez-Solano, S., López-Cuadrado, J. L., & Pérez (2016). A survey of robotics simulators for education and research. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 81(1), 133-156.

- Saponas, T. S., Guha, A., Lester, J., Fogarty, J., & Weld, D. S. (2018). Accessmaps: Web and Mobile Tools for Collaborative Mapping of Accessibility. In Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (pp. 277-279).
- Silva, E., Esparza, C., & Mejía (2012). POEM based facial expression recognition, a new approach. In Image, Signal Processing, and Artificial Vision (STSIVA), 2012 XVII Symposium of (pp. 162–167). IEEE.
- T. Ramayah, M. Munusamy and Y. Sun (2019). "A Review on Applications of Artificial Intelligence in Various Fields," in Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 14, no. 5, pp. 1495-1504.
- Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. (2016). Diseño y desarrollo de productos.
- Umuluru, S., & Rongali, S (2013). Implementing an embedded systems project course withan FPGA-based soft processor. In Proceedings of the 2013 International Conference on Frontiers of Education and Educational Technology (Vol. 1, pp. 5-8). Atlantis Press.
- WHO (2019). "WHO Global Data on Visual Impairments 2010." Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2019.
- WHO (2020). World Health Organization. Blindness and vision impairment. [Online]. Available:<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- Winston W. Royce. (2018). El modelo en cascada de cinco niveles.
- World Health Organization. Blindness and vision impairment [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> .
- 2021

## Apéndices

### Apéndice A

*Presentación del proyecto*

<https://www.youtube.com/watch?v=S7oIJSTr-jY&feature=youtu.b>

**Apéndice B**

*Video funcionamiento del proyecto*

[https://drive.google.com/file/d/1OFidehxoA3k\\_C9grd7rLk1\\_oQtSqzFpL/view](https://drive.google.com/file/d/1OFidehxoA3k_C9grd7rLk1_oQtSqzFpL/view)

## **Apéndice C**

*Video realizando pruebas de reconocimiento de rostros en el aplicativo web*

<https://drive.google.com/file/d/1agNMZpQlsUAV7-FkUAG3TU17-W8-49Yf/view?usp=sharing>

**Apéndice D**

*Carta consentimiento informado de los usuarios con discapacidad visual*

<https://docs.google.com/document/d/1vZg4dc04xj->

[BbfNxbtYe4Nmh8oMaxw1q/edit?usp=sharing&ouid=116520017722598563728&rtpof=tr](https://docs.google.com/document/d/1vZg4dc04xj-BbfNxbtYe4Nmh8oMaxw1q/edit?usp=sharing&ouid=116520017722598563728&rtpof=true)

[ue&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1vZg4dc04xj-BbfNxbtYe4Nmh8oMaxw1q/edit?usp=sharing&ouid=116520017722598563728&rtpof=true)

**Apéndice E**

*Carta consentimiento informado de los usuarios con discapacidad visual*

<https://docs.google.com/document/d/1uJhN->

[vSO\\_uV4p4Wk9nPBACy26ya1Ljeg/edit?usp=sharing&oid=116520017722598563728&](https://docs.google.com/document/d/1uJhN-vSO_uV4p4Wk9nPBACy26ya1Ljeg/edit?usp=sharing&oid=116520017722598563728&)

[rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1uJhN-vSO_uV4p4Wk9nPBACy26ya1Ljeg/edit?usp=sharing&oid=116520017722598563728&rtpof=true&sd=true)