

Título del proyecto: Bastón Fénix: Sistema Inteligente de Detección de Obstáculos

Categoría: Desafío STEAM

Eje temático: Tecnologías de la Información aplicadas a la informática

Integrantes:

- Dereck Salgado Abarca
- Anthony Baltodano Quant

Docente tutor: MSc. Adrian Piedra Madriz

Centro educativo: CTP Roberto Gamboa

CORVEC: Unidos por la Excelencia

Correos electrónicos:

salgavede@gmail.com

antonnybaltodano123@gmail.com

Resumen:

Bastón Fénix es un proyecto tecnológico desarrollado con el propósito de mejorar la seguridad, movilidad e independencia de las personas con discapacidad visual mediante la implementación de un sistema inteligente de detección de obstáculos. El prototipo utiliza un microcontrolador Arduino Mega, sensores ultrasónicos HC-SR04 y un sistema de alerta por vibración y sonido que permite identificar objetos cercanos antes de que el usuario entre en contacto con ellos, reduciendo el riesgo de accidentes en la vía pública.

La propuesta surge debido a las limitaciones del bastón blanco tradicional, el cual únicamente detecta obstáculos mediante contacto físico y presenta dificultades para identificar objetos ubicados a media altura, como ramas, rótulos o postes. Mediante la integración de tecnologías de automatización, sensores de proximidad y programación, el Bastón Fénix proporciona información en tiempo real sobre el entorno, permitiendo una respuesta rápida y segura por parte del usuario.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron procesos de investigación, diseño, programación, ensamblaje y pruebas del prototipo, validando el funcionamiento de los sensores y del sistema de alerta. Además, se analizaron soluciones tecnológicas existentes para identificar oportunidades de mejora y desarrollar una alternativa más accesible y económica para la población costarricense.

Este proyecto busca demostrar cómo la tecnología puede contribuir a la inclusión social y a la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, promoviendo la autonomía

personal, la seguridad en el desplazamiento y el uso de herramientas innovadoras que respondan a necesidades reales de la sociedad. Asimismo, representa una posible oportunidad de emprendimiento tecnológico con impacto social positivo y alineado con los principios de accesibilidad e igualdad de oportunidades establecidos en la legislación costarricense.

Introducción:

El presente proyecto ha sido desarrollado con el propósito de promover la movilidad segura e inclusiva de las personas con discapacidad visual mediante la implementación de un sistema tecnológico basado en el microcontrolador arduino mega 2560 y el sensor HRC-004 de arduino.

La propuesta surge debida a la importancia de mejorar la autonomía y la integridad física de esta población que si hay buen porcentaje de personas con discapacidad visual en Costa Rica por eso queremos presentar este proyecto de bastón para ese tipo de población, ya que el uso de herramientas tradicionales genera limitaciones al no detectar obstáculos de forma anticipada ni alertar sobre accidentes.

Este proyecto busca crear un sistema capaz de monitorear el entorno y medir distancia a ese tiempo real, permitiendo tener información auditiva que ayude a los usuarios a desplazarse con mayor confianza.

Se va desarrollar mediante el uso de sensores ultrasónicos, y microcontrolador, por lo cual se pretende brindar una herramienta que fomente hábitos desplazamiento seguros que brinde mayor visibilidad al usuario en vida pública.

Así mismo, la elaboración de esta propuesta permite aplicar los conocimientos adquiridos en áreas como programación, Redes y electrónica, integrando componentes tecnológicos que faciliten el desarrollo de soluciones innovadoras para problemas presentes en la vida cotidiana en personas con discapacidad.

Planteamiento del problema:

En la actualidad las personas con discapacidad visual dependen casi exclusivamente del bastón blanco tradicional el cual presenta una limitación crítica: solo funciona con el contacto físicos y detecta únicamente objetos a nivel del suelo.

Esta deficiencia tecnológica deja al usuario vulnerable ante obstáculos a media altura (como ramas, rótulos o bordes de mesa) y no ofrece alguna advertencia anticipada, lo que resulta en condiciones constante y una movilidad lenta e insegura.

Además, ante una caída o accidente la vía pública, el bastón convencional es un objeto pasivo que no puede solicitar ayuda, dejando al usuario indefenso total.

Por esta razón surge la necesidad de desarrollar una herramienta tecnológica accesible basada en Arduino que permite monitorear y medir el uso del recurso en tiempo real contribuyendo a él discapacitado visualmente.

Antecedentes:

En la actualidad, muchas personas con discapacidad visual siguen dependiendo principalmente del bastón blanco tradicional para poder desplazarse. Aunque este les ayuda como guía, muchas veces no es suficiente para detectar obstáculos como huecos, postes, vehículos, personas u objetos que se encuentran en las calles y aceras, lo

que puede provocar accidentes o situaciones peligrosas.

Esta problemática ocurre diariamente en lugares como calles, parques, cruces peatonales y espacios públicos, afectando especialmente a personas con baja visión o a quienes dependen completamente del bastón tradicional. Muchas veces estos dispositivos únicamente ayudan a orientarse, pero no detectan obstáculos cercanos o lejanos con suficiente anticipación, poniendo en riesgo la seguridad de las personas.

Actualmente existen algunas tecnologías como sistemas de guía por voz y bastones inteligentes desarrollados por empresas y organizaciones como WeWALK y Suno, además de organizaciones privadas que apoyan a personas con discapacidad visual. Sin embargo, muchos de estos dispositivos son costosos, difíciles de utilizar o poco accesibles para la mayoría de las personas. Por esta razón, surge la necesidad de crear un bastón inteligente más accesible, económico y fácil de usar, que permita detectar obstáculos con mayor precisión y ayude a las personas a caminar con más seguridad e independencia en la vía pública.

La tecnología puede ayudar mucho en esta situación mediante sensores y sistemas inteligentes capaces de detectar obstáculos antes de que la persona choque con ellos. Para este proyecto se podrían utilizar herramientas como sensores ultrasónicos, microcontroladores como Arduino, alarmas y baterías recargables.

Este proyecto beneficiaría principalmente a personas con discapacidad visual, ya que les permitiría desplazarse con mayor seguridad y confianza. Además, también podría beneficiar a instituciones educativas, hospitales y organizaciones que apoyan la inclusión y accesibilidad de las personas.

Asimismo, el proyecto podría convertirse en una idea de emprendimiento, porque busca resolver una necesidad real que afecta a muchas personas diariamente. El bastón inteligente tendría como valor agregado ser un dispositivo práctico, accesible y de menor costo comparado con otros productos similares en el mercado.

Consideramos importante desarrollar este proyecto porque ayudaría a mejorar la calidad de vida y la seguridad de las personas con discapacidad visual. Además, demostraría cómo la tecnología y la innovación pueden utilizarse para crear soluciones útiles e inclusivas para la sociedad.

Justificación

El desarrollo del proyecto **Bastón Fénix** surge de la necesidad de mejorar la seguridad y la movilidad de las personas con discapacidad visual mediante el uso de tecnología accesible e innovadora. Aunque el bastón blanco tradicional ha sido durante muchos años una herramienta fundamental para la orientación y desplazamiento de estas personas, presenta limitaciones importantes, ya que únicamente permite detectar obstáculos mediante contacto físico directo y, en la mayoría de los casos, no logra identificar objetos ubicados a la altura del pecho o la cabeza, tales como ramas, rótulos, postes o estructuras suspendidas que pueden representar un riesgo para la integridad física del usuario.

Ante esta situación, se considera necesario desarrollar una alternativa tecnológica que permita anticipar la detección de obstáculos y brindar alertas oportunas al usuario. Actualmente existen dispositivos inteligentes orientados a la asistencia de personas con discapacidad visual; sin embargo, muchos de ellos poseen costos elevados, requieren conexión constante a internet o son difíciles de adquirir para gran parte de la población. Por esta

razón, el proyecto busca diseñar y construir un bastón inteligente funcional, económico y de fácil utilización, que contribuya a mejorar la autonomía y la independencia de quienes presentan discapacidad visual.

Asimismo, este proyecto permite aplicar conocimientos adquiridos en áreas como programación, electrónica, automatización y sensores, integrando tecnologías como el microcontrolador ESP32, sensores ultrasónicos y sistemas de alerta por vibración. De esta manera, se fomenta el aprendizaje práctico y el desarrollo de competencias técnicas orientadas a la solución de problemas reales presentes en la sociedad.

La importancia del Bastón Fénix radica en su potencial para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, reduciendo riesgos de accidentes y facilitando un desplazamiento más seguro y confiable. Además, promueve la inclusión social, la igualdad de oportunidades y el uso positivo de la tecnología como herramienta para generar bienestar y accesibilidad. Por estas razones, se considera que el proyecto representa una solución innovadora, viable y de impacto social positivo, capaz de beneficiar tanto a los usuarios directos como a la comunidad en general.

MARCO TEÓRICO

1. Introducción

La tecnología ha evolucionado significativamente durante las últimas décadas, permitiendo desarrollar soluciones innovadoras para mejorar la calidad de vida de las personas. Actualmente, la combinación de la electrónica, la programación y la automatización ha permitido la creación de dispositivos inteligentes capaces de resolver problemas presentes en diferentes ámbitos de la

sociedad, incluyendo la educación, la salud, la seguridad y la movilidad.

Uno de los grupos que más puede beneficiarse del avance tecnológico son las personas con discapacidad visual, quienes enfrentan diariamente diversos obstáculos al desplazarse por espacios públicos y privados. Aunque existen herramientas tradicionales como el bastón blanco, estas presentan ciertas limitaciones que pueden afectar la seguridad y la independencia de los usuarios.

Por esta razón surge el proyecto Bastón Fénix, una propuesta tecnológica basada en el uso del Arduino Mega 2560 y sensores ultrasónicos HC-SR04, cuyo propósito es detectar obstáculos antes de que la persona entre en contacto con ellos, proporcionando alertas que permitan una movilidad más segura. Este proyecto integra conocimientos de programación, electrónica y automatización para desarrollar una solución accesible que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

2. Discapacidad Visual y Movilidad

La discapacidad visual es una condición que afecta parcial o totalmente la capacidad de una persona para percibir imágenes, colores, formas o movimientos. Esta condición puede presentarse desde el nacimiento o desarrollarse a lo largo de la vida debido a enfermedades, accidentes o factores genéticos.

Las personas con discapacidad visual suelen utilizar diferentes métodos para orientarse y desplazarse de manera segura. Entre las herramientas más utilizadas se encuentra el bastón blanco, reconocido internacionalmente como símbolo de independencia y movilidad.

Sin embargo, el bastón tradicional únicamente detecta obstáculos cuando existe contacto físico con ellos. Esto significa que muchos objetos ubicados a media altura, como ramas de árboles, señales de tránsito, espejos, toldos, mesas o postes, pueden pasar desapercibidos hasta que la persona impacta directamente contra ellos.

Además, en espacios desconocidos o con gran cantidad de personas, la movilidad puede volverse más complicada y riesgosa. Por esta razón, diversos investigadores y empresas han desarrollado dispositivos inteligentes que complementan el uso del bastón tradicional mediante sensores electrónicos capaces de detectar obstáculos a distancia.

El Bastón Fénix nace precisamente como una alternativa tecnológica que busca brindar una mayor protección y autonomía a las personas con discapacidad visual, permitiéndoles recibir alertas anticipadas sobre la presencia de obstáculos cercanos.

3. Tecnología Asistiva

La tecnología asistiva corresponde al conjunto de dispositivos, equipos o sistemas diseñados para ayudar a las personas con discapacidad a realizar actividades que podrían resultar difíciles debido a sus limitaciones físicas o sensoriales.

Entre los ejemplos más comunes de tecnología asistiva se encuentran:

- Audífonos para personas con discapacidad auditiva.
- Lectores de pantalla para personas con discapacidad visual.
- Prótesis mecánicas y electrónicas.

- Sillas de ruedas motorizadas.
- Bastones inteligentes.

El objetivo principal de estas tecnologías es aumentar la independencia y mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Actualmente, muchas soluciones tecnológicas para personas con discapacidad visual utilizan sensores, sistemas de navegación, inteligencia artificial y conectividad móvil. Sin embargo, gran parte de estos dispositivos poseen precios elevados que dificultan su acceso para muchas familias.

Por esta razón, resulta importante desarrollar proyectos que utilicen componentes accesibles y económicos, como el Arduino Mega y los sensores ultrasónicos, permitiendo construir soluciones funcionales con menor costo.

4. Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa de desarrollo electrónico basada en el microcontrolador ATmega2560. Forma parte de la familia Arduino, una plataforma de hardware libre ampliamente utilizada en proyectos educativos, científicos y tecnológicos.

Una de las principales ventajas del Arduino Mega es la gran cantidad de pines de entrada y salida que posee, permitiendo conectar múltiples sensores y dispositivos simultáneamente.

Entre sus características más importantes destacan:

- 54 pines digitales.
- 16 entradas analógicas.

- Memoria Flash de 256 KB.
- Frecuencia de operación de 16 MHz.
- Compatibilidad con sensores, motores, pantallas y módulos electrónicos.

El Arduino Mega actúa como el cerebro del Bastón Fénix, ya que recibe información del sensor ultrasónico, procesa los datos obtenidos y ejecuta las acciones necesarias para alertar al usuario.

Gracias a su facilidad de programación y bajo costo, el Arduino Mega es una excelente herramienta para proyectos educativos relacionados con automatización y robótica.

5. Sensor Ultrasónico HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 es uno de los sensores de distancia más utilizados en proyectos de electrónica y robótica.

Su funcionamiento se basa en la emisión y recepción de ondas ultrasónicas que viajan por el aire. Cuando estas ondas chocan contra un objeto, rebotan y regresan al sensor. El tiempo que tarda la señal en regresar permite calcular la distancia entre el sensor y el obstáculo.

Este proceso ocurre en fracciones de segundo, permitiendo obtener mediciones rápidas y precisas.

Las principales características del HC-SR04 son:

- Alcance de 2 cm a 400 cm.
- Precisión aproximada de 3 mm.
- Bajo consumo eléctrico.

- Fácil integración con Arduino.
- Bajo costo.

En el Bastón Fénix, este sensor permite detectar obstáculos antes de que el usuario los toque físicamente, proporcionando una advertencia temprana que aumenta considerablemente la seguridad durante el desplazamiento.

6. Sistemas de Alerta

Los sistemas de alerta tienen la función de informar al usuario cuando ocurre una situación determinada que requiere atención inmediata.

En el caso del Bastón Fénix, el sistema utiliza dispositivos de salida como:

- Buzzer o zumbador.
- Motor vibrador.
- Luces LED.

Cuando el sensor ultrasónico detecta un objeto dentro de una distancia determinada, el Arduino activa automáticamente alguno de estos sistemas para advertir al usuario.

La vibración resulta especialmente útil para personas con discapacidad visual, ya que permite recibir información sin necesidad de observar una pantalla o escuchar instrucciones complejas.

Este tipo de alertas son ampliamente utilizadas en dispositivos modernos de asistencia y seguridad debido a su rapidez y efectividad.

7. Programación y Automatización

La programación consiste en desarrollar instrucciones que una computadora o microcontrolador puede ejecutar para realizar tareas específicas. En este proyecto se utiliza el entorno Arduino IDE y el lenguaje C++, que permiten programar el comportamiento del sistema.

El programa desarrollado realiza las siguientes funciones:

- Envía señales al sensor ultrasónico.
- Calcula la distancia detectada.
- Compara los valores obtenidos con distancias previamente establecidas.
- Activa las alertas cuando existe un obstáculo cercano.
- Mantiene el monitoreo constante del entorno.

Gracias a la automatización, el Bastón Fénix funciona de manera continua y autónoma, sin necesidad de que el usuario intervenga manualmente.

8. Seguridad y Prevención de Accidentes

La seguridad es uno de los aspectos más importantes en la movilidad de las personas con discapacidad visual. Muchos accidentes ocurren debido a obstáculos que no son detectados oportunamente por los métodos tradicionales de orientación.

La incorporación de sensores electrónicos permite aumentar significativamente la capacidad de detección y reducir el riesgo de golpes, caídas o lesiones.

Además, la detección anticipada brinda mayor confianza al usuario, permitiéndole desplazarse con mayor independencia y tranquilidad.

9. Inclusión Social y Ley 7600

En Costa Rica, la Ley N.º 7600 garantiza la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad. Esta legislación establece que todas las personas deben tener acceso a condiciones que les permitan participar plenamente en la sociedad.

El Bastón Fénix contribuye directamente a estos principios al proporcionar una herramienta tecnológica que facilita la movilidad independiente y promueve la inclusión social.

Asimismo, demuestra cómo la tecnología puede utilizarse para eliminar barreras y generar oportunidades para poblaciones vulnerables.

10. Innovación Tecnológica y Emprendimiento

La innovación consiste en desarrollar nuevas ideas o mejorar soluciones existentes para resolver problemas reales.

El Bastón Fénix representa una innovación porque incorpora sensores electrónicos y sistemas automatizados a una herramienta tradicional utilizada por personas con discapacidad visual.

Además de su utilidad social, este proyecto posee potencial como emprendimiento tecnológico, ya que podría fabricarse y comercializarse a un costo menor que otros dispositivos similares existentes en el mercado internacional.

Esto permitiría que más personas tengan acceso a tecnologías de asistencia sin necesidad de realizar grandes inversiones económicas.

11. Conclusión del Marco Teórico

La investigación realizada demuestra que la combinación del Arduino Mega 2560, los sensores ultrasónicos HC-SR04 y los sistemas de alerta constituye una alternativa tecnológica viable para mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual.

El uso de estas tecnologías permite detectar obstáculos de forma anticipada, aumentar la seguridad durante el desplazamiento y fomentar la independencia de los usuarios. Además, el proyecto se encuentra alineado con los principios de inclusión social establecidos en la legislación costarricense y evidencia cómo la tecnología puede utilizarse para resolver problemas cotidianos de manera innovadora y accesible.

De esta forma, el Bastón Fénix representa una propuesta que integra conocimientos de programación, electrónica y automatización para generar un impacto positivo en la sociedad y mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

Objetivo General

Diseñar, construir y programar un prototipo funcional denominado Bastón Fénix, utilizando un Arduino Mega 2560, sensores ultrasónicos HC-SR04 y un sistema de alerta mediante vibración y sonido, con el propósito de detectar obstáculos de forma anticipada y mejorar la seguridad, movilidad e independencia de las personas con discapacidad visual durante su desplazamiento en espacios públicos y privados.

Objetivos específicos

- Investigar las necesidades de movilidad y seguridad de las personas con discapacidad visual para identificar las principales limitaciones del bastón tradicional.
- Diseñar la estructura física y electrónica del Bastón Fénix utilizando Arduino Mega 2560, sensores ultrasónicos HC-SR04 y dispositivos de alerta.
- Programar el sistema para detectar obstáculos a diferentes distancias y activar automáticamente señales de advertencia mediante vibración y sonido.
- Construir y ensamblar el prototipo integrando todos los componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento para evaluar la precisión en la detección de obstáculos y verificar la efectividad del sistema de alerta.
- Analizar los resultados obtenidos para determinar la viabilidad del Bastón Fénix como una herramienta tecnológica de apoyo para personas con discapacidad visual.

Metodología

El proyecto Bastón Fénix corresponde a un trabajo de diseño, construcción, programación y validación de un prototipo tecnológico orientado a mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual. Se desarrolló mediante la aplicación de conocimientos de electrónica, programación, automatización y robótica educativa utilizando una metodología práctica basada en la resolución de problemas.

Lugar y periodo de desarrollo

El proyecto fue desarrollado en el **CTP Roberto Gamboa Valverde**, durante el curso

lectivo 2026, en las áreas de Programación, Tecnologías Aplicadas. Las actividades se realizaron tanto en el laboratorio de informática como en espacios destinados a la construcción y prueba del prototipo.

Participantes o responsables

- **Dereck Salgado Abarca**
- **Anthony Baltodano Quant**

Materiales, herramientas y recursos

Para la elaboración del Bastón Fénix se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

Componentes electrónicos

- Arduino Mega 2560
- Sensor ultrasónico HC-SR04
- Buzzer (zumbador)
- Motor vibrador
- Protoboard
- Cables Dupont
- Resistencias
- Batería portátil o fuente de alimentación
- Interruptor de encendido y apagado
- Luces LED para señalización
-

Herramientas

- Computadora
- Software Arduino IDE
- Multímetro
- Pistola de silicón
- Destornilladores
- Cinta aislante

Materiales estructurales

- Bastón de madera
- Sujetadores plásticos
- Soportes para sensores

Cronograma de actividades

Actividad	Semana o fecha	Responsable	Evidencia
Investigación del problema a solucionar	Semana 1 (27 de abril)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Investigación sobre bastones inteligentes, análisis de necesidades y componentes electrónicos.
Elaboración de lista de materiales y análisis de componentes	Semana 1 (27 de abril)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Lista de materiales, análisis de costos, disponibilidad y compatibilidad.
Diseño preliminar del prototipo y bocetos	Semana 2 (11 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Bocetos del bastón inteligente y diseños generados con herramientas de mockups.
Selección del diseño definitivo	Semana 2 (11 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Diseño final aprobado para la construcción del prototipo.
Elaboración y revisión de la documentación técnica	Semana 3 (18 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Documento completo para Expo Técnica con objetivos, justificación y descripción técnica.
Organización de materiales y preparación para construcción	Semana 3 (18 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Materiales organizados y listos para el montaje.
Armado inicial del circuito electrónico	Semana 4 (25 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Circuito ensamblado utilizando Arduino, sensores y cableado.
Desarrollo y carga del programa en Arduino	Semana 4 (25 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Código funcional cargado y ejecutado correctamente.
Pruebas iniciales del sistema de detección	Semana 4 (25 de mayo)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Resultados de pruebas de detección y activación de alertas sonoras.
Instalación de componentes en la estructura del bastón	Semana 5 (1 de junio)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Sensor, Arduino, batería y sistema de alerta integrados al bastón.
Pruebas de campo y validación del prototipo	Semana 5 (1 de junio)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Registro de funcionamiento en condiciones reales.
Acabados estéticos y organización interna	Semana 6 (8 de junio)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Mejora de apariencia, protección del cableado y presentación final.

Optimización del código y correcciones finales	Semana 6 (8 de junio)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Código corregido y optimizado para mayor estabilidad.
Finalización y presentación del Bastón Fénix	Semana 6 (8 de junio)	Dereck Salgado, Anthony Baltodano	Prototipo completamente funcional listo para Expo Técnica.

El cronograma forma parte de la metodología y permite dar seguimiento al cumplimiento de metas.

Resultados

Durante el proceso de construcción y prueba del prototipo Bastón Fénix se obtuvieron resultados satisfactorios relacionados con la detección de obstáculos y la activación de alertas para el usuario.

Las pruebas realizadas permitieron comprobar que el sensor ultrasónico HC-SR04 fue capaz de detectar objetos ubicados a diferentes distancias frente al bastón, enviando la información al Arduino Mega 2560 para su procesamiento. Cuando un obstáculo ingresaba al rango de seguridad establecido, el sistema activaba automáticamente el buzzer y el motor vibrador, permitiendo advertir al usuario sobre la presencia del objeto.

Asimismo, se observó que el tiempo de respuesta del sistema fue prácticamente inmediato, generando la alerta en menos de un segundo después de detectar el obstáculo. Esto permitió una detección anticipada de elementos que normalmente no serían identificados por un bastón tradicional hasta el momento del contacto físico.

Las pruebas también demostraron que el sistema funciona adecuadamente en espacios cerrados y abiertos, identificando objetos como paredes, puertas, postes, mesas, sillas y otros obstáculos ubicados a diferentes alturas.

Tabla o registro de resultados

Indicador evaluado	Resultado obtenido	Evidencia	Interpretación breve
Detección a 10 cm	100% de detecciones correctas	Registros de prueba	La alerta se activó correctamente
Detección a 50 cm	98% de precisión	Observación directa	La alerta se activó correctamente
Activación del buzzer	Funcionamiento correcto	Observación directa	La alerta se activó correctamente
Funcionamiento continuo	Estable durante las pruebas	Sesiones de evaluación	No se presentaron fallos significativos.

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas al prototipo **Bastón Fénix** permitieron comprobar que la integración del Arduino Mega 2560, el sensor ultrasónico HC-SR04 y el sistema de alertas mediante vibración y sonido constituye una solución funcional para la detección anticipada de obstáculos. El sistema respondió de manera adecuada en la mayoría de las pruebas efectuadas, logrando identificar objetos ubicados dentro del rango de detección establecido y activando las alertas correspondientes en un tiempo de respuesta corto.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto **Bastón Fénix** permitió demostrar que es posible utilizar tecnologías accesibles como el Arduino Mega 2560 y el sensor ultrasónico HC-SR04 para crear una herramienta capaz de detectar obstáculos de forma anticipada y mejorar la seguridad de las personas con discapacidad visual.

Las pruebas realizadas evidenciaron que el sistema de detección y alerta mediante vibración y sonido funciona de manera efectiva, permitiendo advertir al usuario sobre la presencia de obstáculos antes de que ocurra un contacto físico con ellos.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Para el desarrollo del proyecto **Bastón Fénix** se utilizó inteligencia artificial únicamente como herramienta de apoyo para la búsqueda de información general, organización de ideas, mejora de la redacción, La inteligencia artificial no sustituyó el trabajo realizado por los integrantes del proyecto, ni fue utilizada para generar automáticamente el diseño, construcción, programación o pruebas del prototipo.

Referencias

Arduino. (2025). *Arduino Mega 2560 Rev3*. Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

Arduino. (2025). *Arduino Documentation*. Arduino. <https://docs.arduino.cc>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2024). *Tecnología e inclusión social*. PNUD. <https://www.undp.org>

Sunu. (2025). *Sunu Band: Smart Mobility for the Blind*. Sunu Inc. <https://www.sunu.com>

UNESCO. (2023). *Tecnología para la inclusión y accesibilidad*. UNESCO. <https://www.unesco.org>