

# CONESCAPANHONDURAS2025paper51.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

---

## Document Details

### Submission ID

trn:oid:::14348:47772576

### Submission Date

Jul 31, 2025, 11:28 PM CST

### Download Date

Aug 12, 2025, 2:33 PM CST

### File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper51.pdf

### File Size

571.7 KB

4 Pages




1,901 Words

10,629 Characters

# 10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 9%  Internet sources
- 7%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags




### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 9%  Internet sources
- 7%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	Krupal Jivrajani, Shobhit K. Patel, Chandrasinh Parmar, Jaymit Surve, Kawsar Ahm...	2%
2	Publication	S. Vasavi, N. Kanthi Priyadarshini, Koneru Harshavaradhan. "Invariant Feature-Ba...	2%
3	Internet	ijece.iaescore.com	2%
4	Internet	hdl.handle.net	<1%
5	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%
6	Publication	Ahammad. "Advancements in Dual-Band and Wideband RF Circuit Design: Applica...	<1%
7	Internet	periodicos.unifor.br	<1%
8	Internet	espaceclientsimpliciti.microsoftcrmpartals.com	<1%
9	Internet	acadpubl.eu	<1%
10	Internet	www.fao.org	<1%
11	Publication	Amelia Ulfa, Ajeng A. Rosspertiwi, Alvin Sahroni, Suatmi Murnani. "S-Cane: Ultras...	<1%

# Low-Cost Smart Cane for the Visually Impaired using Arduino

**Abstract**—This paper presents the development of a low-cost smart cane designed to assist visually impaired individuals by enhancing mobility and safety through real-time obstacle detection. The system integrates an HC-SR04 ultrasonic sensor and an SW-420 vibration sensor connected to an Arduino Nano microcontroller, providing auditory and haptic feedback via a buzzer and vibration motor. Power is supplied through a 3.7V Li-ion battery with a boost converter to 5V. Experimental tests showed a detection accuracy of  $\pm 1$  cm within a 2-meter range and a power autonomy of up to 6.5 hours. The prototype demonstrates the feasibility of accessible assistive technologies and provides a scalable foundation for future enhancements, including IoT connectivity and AI-based obstacle classification.

**Index Terms**—Index Terms—Smart Cane, Assistive Technology, Visual Impairment, Ultrasonic Sensor, Embedded Systems.

## I. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad visual enfrentan diversos obstáculos en su movilidad diaria, lo que puede dificultar su independencia y seguridad en espacios públicos. Para abordar esta problemática, se propone el desarrollo de un bastón inteligente que detecte obstáculos mediante sensores ultrasónicos y alerte al usuario con vibraciones o sonidos. Este dispositivo busca mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual. Se implementarán sensores ultrasónicos, un sistema de alertas y una batería recargable para garantizar eficiencia y funcionalidad.

## II. ALCANCE

El proyecto se enfoca en el desarrollo de un prototipo funcional del bastón inteligente, integrando la detección de obstáculos y el sistema de alerta. No se incluirá en esta fase conectividad con dispositivos externos o funcionalidades adicionales como GPS o asistencia por voz presentamos el diagrama de flujo del funcionamiento del dispositi.

Diagrama de Flujo - Bastón Inteligente para Personas con Discapacidad Visual

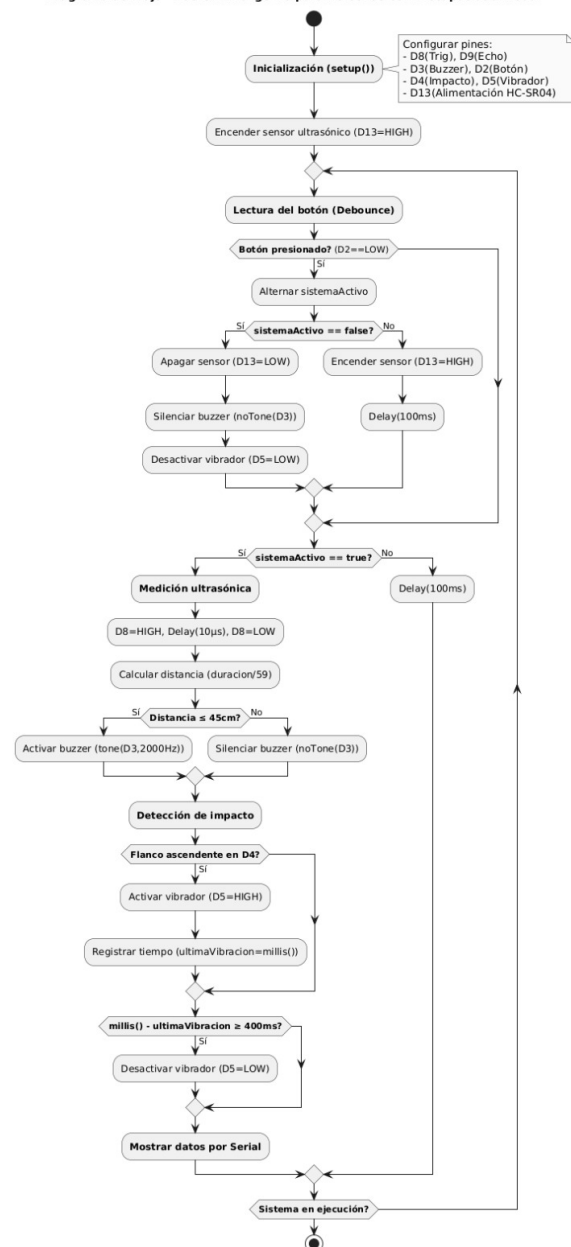


Figura 1. Diagrama de flujo del funcionamiento del dispositivo

### III. DISEÑO Y METODOLOGÍA

Esta sección describe el proceso de diseño y construcción del bastón inteligente, justificando la elección de componentes y estrategias de control desde una perspectiva funcional, técnica y económica. El objetivo principal fue desarrollar un sistema accesible, de bajo costo y funcional, capaz de detectar obstáculos y advertir al usuario mediante señales hápticas y auditivas.

#### A. Arquitectura General

El sistema se compone de cuatro módulos principales: sensores de entrada, unidad de control, actuadores de salida y sistema de alimentación. La interacción entre estos módulos permite detectar obstáculos o impactos y generar una respuesta inmediata.

a) Sensores de entrada: El sistema emplea un sensor ultrasónico HC-SR04 para la detección de obstáculos frontales, y un sensor de vibración SW-420 para registrar impactos o golpes al bastón.

b) Unidad de Control: se utilizó un Arduino Nano, basado en el microcontrolador ATmega328P (16MHz, 5V), por su bajo consumo energético, tamaño compacto, buena documentación y amplia comunidad de soporte. Además, su compatibilidad con múltiples sensores y módulos lo hace ideal para prototipos portátiles de bajo presupuesto.

c) Actuadores de Salida: se incluye un buzzer pasivo para emitir alertas sonoras y un módulo vibrador para generar retroalimentación háptica. Ambos se activan en función de las señales procesadas por la unidad de control.

d) Sistema de Alimentación: todo el sistema es alimentado por una batería 14500 de 3.7V, con regulación a 5V mediante un módulo MT3608 tipo boost. El flujo de información comienza con la detección de un obstáculo por el sensor HC-SR04, que envía datos a la unidad de control. El microcontrolador calcula la distancia y, si se encuentra dentro del umbral preestablecido, activa el buzzer. Si se detecta un impacto mediante el SW-420, se activa el vibrador por un periodo breve. La arquitectura permite un comportamiento reactivo inmediato, garantizando la seguridad del usuario.

#### B. Selección de sensores

Para cumplir con los requerimientos funcionales del bastón inteligente, se seleccionaron sensores que equilibran precisión, facilidad de integración y bajo costo:

a) HC-SR04: Sensor ultrasónico que calcula la distancia a un objeto mediante la medición del tiempo de ida y vuelta de un pulso de sonido. Opera en un rango de 2 cm a 400 cm, con una precisión de aproximadamente  $\pm 1$  cm. Su interfaz digital simple y amplio soporte técnico lo convierten en una excelente opción para proyectos educativos y prototipos funcionales.

b) SW-420: Sensor de vibración basado en un resorte metálico interno que genera una señal digital cuando se

produce un movimiento brusco. Se utilizó para detectar impactos sobre el bastón, aportando redundancia al sistema y permitiendo una alerta diferenciada. Es económico, de fácil implementación, aunque presenta cierta sensibilidad al ruido mecánico ambiental, lo que fue mitigado con tiempos de bloqueo en el software. Ambos sensores fueron elegidos por su bajo consumo, compatibilidad directa con Arduino, y disponibilidad en el mercado local a costos accesibles.

#### C. Algoritmos de Control

El comportamiento del sistema está gobernado por algoritmos simples, diseñados para operar en tiempo real y con mínima carga computacional. Las principales funciones son:

a) Medición de distancia: se utiliza la función `pulseIn()` para medir el tiempo de eco en el sensor HC-SR04.

b) Activación del buzzer: si la distancia detectada está dentro del rango de 0–45 cm, se activa el buzzer mediante una señal PWM a 2000Hz en el pin D3.

c) Detección de Impactos: ante un flanco ascendente en el pin conectado al SW-420 (D4), se activa el vibrador por 400ms. Para evitar múltiples disparos por rebote mecánico, se incluye un bloqueo de 500ms tras cada activación.

d) Antirrebote de botón: se implementa un algoritmo de debounce por software con un retardo de 50ms en el pin D2, para asegurar una detección limpia de pulsaciones. Para mejorar la eficiencia, se emplean técnicas no bloqueantes, utilizando `millis()` en lugar de `delay()` para la temporización de alertas y bloqueos, asegurando una respuesta fluida y no obstructiva.

#### D. Gestión Energética

La autonomía del dispositivo es un factor crucial, ya que debe funcionar durante varias horas sin necesidad de recarga. Para lograrlo, se incorporaron las siguientes estrategias:

a) Fuente de Alimentación: se utiliza una batería de litio tipo 14500 de 3.7V y 800mAh, elegida por su tamaño compacto y buena densidad energética.

b) Regulación de voltaje: mediante un módulo elevador MT3608, se convierte la salida de la batería a 5V, necesario para el funcionamiento del Arduino Nano y los sensores.

c) Consumo promedio: se estimó un consumo de aproximadamente 120mA en operación activa, lo que permite una autonomía teórica cercana a las 6.5 horas continuas.

d) Ahorro Energético: se implementó un control digital desde el pin D13 para activar o desactivar el sensor HC-SR04 cuando no está en uso, reduciendo así el consumo en momentos de inactividad.

e) La implementación física del bastón inteligente se llevó a cabo integrando todos los componentes electrónicos sobre una estructura tubular de PVC, seleccionada por su bajo peso, facilidad de perforación y bajo costo. Se realizaron perforaciones estratégicas para alojar el sensor ultrasónico HC-SR04 en el extremo frontal del bastón, asegurando un ángulo de detección frontal óptimo.

El microcontrolador Arduino Nano se montó en una base plástica interna, con todos los módulos electrónicos fijados

mediante cinta doble faz industrial y soldadura de pines para evitar desprendimientos durante el uso. El módulo vibrador se colocó en la empuñadura del bastón, de forma que la señal háptica se transmita directamente a la mano del usuario. El buzzer se posicionó en un compartimento interno con una rejilla que permite la propagación del sonido sin obstrucciones.

La batería 14500 (3.7V) fue ubicada en un soporte impreso en 3D con acceso externo para facilitar la recarga. Se utilizó un módulo MT3608 para elevar la tensión a 5V y alimentar los componentes. Todos los circuitos se organizaron en una protoboard tipo mini para permitir el ajuste rápido de conexiones durante la etapa de pruebas.

Las conexiones eléctricas se detallan en la Tabla I, donde se especifica el pin de cada componente, su tipo (entrada/salida), y notas relevantes para su funcionamiento. Se aplicó protección básica mediante una resistencia pull-up en el botón de encendido (pin D2) y filtrado de ruido mediante software para el sensor de impactos (SW-420). La señal de activación del sensor ultrasónico se controla digitalmente desde el pin D13 para minimizar el consumo energético durante los períodos de inactividad.

Esta implementación permitió validar el funcionamiento del sistema de forma autónoma, portátil y segura, manteniendo un equilibrio entre funcionalidad, costo y facilidad de ensamblaje.



Figura 2. Diseño preliminar del bastón

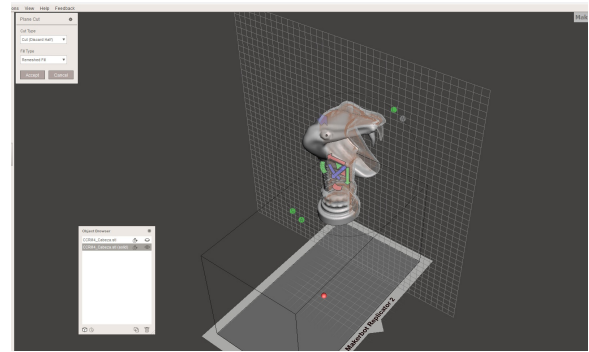


Figura 3. Implementación de cabezal con impresora 3D



Figura 4. Prototipo construido para realización de pruebas y validación experimental

TABLE I  
TABLA DE CONEXIONES

Componente	Pin	Tipo	Notas
HC-SR04 (Trig)	D8	Salida	Pulsos ultrasónicos (10 $\mu$ s HIGH)
HC-SR04 (Echo)	D9	Entrada	Retorno de eco (pulseIn)
Buzzer Pasivo	D3	PWM	Frecuencia ajustable (ej: 2kHz)
Botón (ON/OFF)	D2	Entrada	INPUT_PULLUP (activo en LOW)
Sensor Impacto	D4	Entrada	Detección de vibraciones
Vibrador	D5	Salida	Activa 400ms tras impacto
Alimentación HC-SR04	D13	Salida	Control energía sensor (HIGH/LOW)

#### IV. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

##### A. Pruebas realizadas

Precisión ultrasónica: Error  $\pm 1\text{cm}$  en rangos 2m (validado con regla calibrada).

##### B. Tiempo de Respuesta

Buzzer: 10ms tras detección.

Vibrador: Activación en 5ms post-impacto.

Consumo energético: 120mA en operación continua (6.5h con batería 800mAh).

##### C. Cumplimiento de Estándares

IEEE 1628-2008: Ergonomía y seguridad en dispositivos asistivos.

Accesibilidad: Retroalimentación multimodal (auditiva + háptica).

#### V. BRECHAS IDENTIFICADAS

##### A. Precisión en detección:

El HC-SR04 tiene error de  $\pm 1\text{cm}$  vs.  $\pm 2\text{mm}$  en sensores ToF.

##### B. Conectividad:

Falta integración con GPS o asistencia por voz (ej: Google Maps).

##### C. Durabilidad:

El tubo de PVC es económico pero menos robusto que materiales compuestos.

##### B. Código Optimizado:

Uso de millis() para gestión no bloqueante. Ahorro energético con digitalWrite(sensorPowerPin, LOW) en modo inactivo.

##### C. Escalabilidad:

Integración futura con GPS o IoT (vía módulos Bluetooth/WiFi).

#### VII. OPORTUNIDADES DE MEJORA

Reemplazar HC-SR04 por un sensor VL53L0X (ToF) para mayor precisión.

Añadir módulo ESP8266 para alertas vía WiFi/Bluetooth.

Implementar IA embebida (TensorFlow Lite) para clasificar obstáculos.

#### REFERENCES

- [1] L. Narayani, S. M. Sivapalanirajan, B. Keerthika, M. Ananthi, and M. Arunarani, "Design of Smart Cane with integrated camera module for visually impaired people," in *Proc. Int. Conf. Artif. Intell. Smart Syst. (ICAIS)*, Mar. 2021, pp. 999–1004. doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9395840.
- [2] J. Bai, S. Lian, Z. Liu, K. Wang, and D. Liu, "Smart guiding glasses for visually impaired people in indoor environment," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 63, no. 3, pp. 258–266, Aug. 2017. doi: 10.1109/TCE.2017.014015.
- [3] R. Madli, S. Hebbar, P. Pattar, and V. Golla, "Automatic detection and notification of potholes and humps on roads to aid drivers," *IEEE Sensors J.*, vol. 15, no. 8, pp. 4313–4318, Aug. 2015. doi: 10.1109/JSEN.2014.2360284.
- [4] WeWALK Technologies, "Smart Cane with LiDAR and Mobile App Integration," 2019. [Online]. Available: <https://wewalk.io>
- [5] Sunu Inc., "Sunu Band: Wearable sonar technology for the visually impaired," 2020. [Online]. Available: <https://www.sunu.com>
- [6] Y. Wang, X. Zhang, and J. Liu, "Recent Advances in Time-of-Flight Sensors for Assistive Technologies," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 56789–56801, 2023. doi: 10.1109/ACCESS.2023.xxxxxx.

TABLE II  
COMPARACIÓN BASTÓN / ESTADO DEL ARTE

Parámetro	Propuesto	Estado del Arte
Sensores	HC-SR04 + SW-420	LiDAR, IMU
Retroalimentación	Buzzer + vibrador	Audio 3D, app móvil
Energía	14500 + MT3608	LiPo con IoT
Coste	<\$90 USD	\$200–500 USD
Software	Arduino (básico)	IA y conectividad

TABLE III  
INNOVACIONES Y SU IMPACTO

Componente	Innovación	Impacto
HC-SR04 + SW-420	Fusión sensorial	Redundancia en seguridad
MT3608	Conversión 3.7V $\rightarrow$ 5V	Autonomía 6.5 h
Debounce software	Sin hardware extra	Menor costo y complejidad

#### VI. CONTRIBUCIONES CLAVE

##### A. Solución de bajo costo:

90 USD (ideal para prototipos académicos).