

# Prototipo de un sistema de ultrasonido aplicado a un bastón blanco

Edy Leonardo Ayala Cruz / Fernando Oswaldo Vásquez Freire



**PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE ULTRASONIDO  
APLICADO A UN BASTÓN BLANCO**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Área de Ciencia y Tecnología

Carrera de Ingeniería Electrónica

**PROTOTIPO DE UN  
SISTEMA DE ULTRASONIDO  
APLICADO A UN BASTÓN BLANCO**

---

*Edy Leonardo Ayala Cruz / Fernando Oswaldo Vásquez Freire*



**ABYA** | UNIVERSIDAD  
**YALA** | POLITÉCNICA  
SALESIANA

# **Prototipo de un sistema de ultrasonido aplicado a un bastón blanco**

*Edy Leonardo Ayala Cruz / Fernando Oswaldo Vásquez Freire*

© Universidad Politécnica Salesiana  
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
Casilla: 2074  
P.B.X.: (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4088958  
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec  
Área de Ciencia y Tecnología  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Casilla: 2074  
P.B.X.: (+593 7) 2050000  
Cuenca-Ecuador

Diseño  
diagramación,  
e impresión: Editorial Universitaria Abya-Yala  
Quito Ecuador

Edición: Sofía Jarrín

ISBN UPS: 978-9978-10-131-5

Impreso en Quito-Ecuador, mayo 2012

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

# ÍNDICE GENERAL

## Contenidos

---

<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>5</b>
Contenidos.....	5
Figuras.....	8
Tablas .....	13
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
Objetivo del proyecto .....	17
<b>Capítulo 1</b>	
<b>BASTONES PARA NO VIDENTES.....</b>	<b>19</b>
1.1. La ceguera.....	19
1.2. Adaptación de los sentidos de un no vidente .....	21
1.3. Percepción de un no vidente del ambiente.....	22
1.3.1. Conocimiento espacial.....	22
1.3.2. Percepción cinestésica-táctil .....	23
1.4. Alternativas para la movilidad de un no vidente...	24
1.4.1. Técnica de guía vidente.....	24
1.4.2. El bastón blanco.....	24
1.4.3. El perro guía.....	25
1.4.5. Técnica de rastreo.....	27
1.4.6. Técnica de localización de objetos caídos....	27
1.4.7. Utilización de puntos y pistas de referencia	28
1.5. Problemas y soluciones en la ciudad de Cuenca ...	29
1.6. Análisis del funcionamiento del bastón blanco .....	31
1.6.1. Técnicas para el uso del bastón blanco .....	31
1.7. Desarrollo de bastones inteligentes en el mundo ..	34

1.8. Ventajas y desventajas entre el bastón blanco y el bastón inteligente .....	35
--	----

### Capítulo 2

<b>TECNOLOGÍA DE COMPONENTES DE DISEÑO.....</b>	<b>37</b>
2.1. Dispositivos disponibles en el mercado .....	38
2.1.1. Sensor de medición de distancias por ultrasonido.....	38
2.1.2. Módulo MP3 de reproducción de audio .....	40
2.1.3. Micromotor (motor de carga desbalanceada).....	41
2.1.4. Microcontroladores .....	43
2.1.5. Baterías .....	44
2.2. Dispositivos desarrollados no disponibles en el mercado .....	46
2.2.1. Desarrollo de un sistema braille (de accionamiento eléctrico).....	46
2.2.2. Desarrollo de un sistema de recarga de baterías .....	52
2.2.3. Diseño de una caja (carcasa).....	53

### Capítulo 3

<b>DISEÑO ELECTRÓNICO Y MECÁNICO PARA EL SISTEMA .....</b>	<b>55</b>
3.1. Desarrollo de alternativas .....	55
3.1.1. Planteamiento del problema específico.....	55
3.1.2. Definición de las contradicciones técnicas...	56
3.2. Diseño del sistema con salida sensitiva (Alternativa 1) .....	56
3.3. Diseño del sistema con salida auditiva, braille y sensitiva (Alternativa 2) .....	57
3.4. Diseño electrónico de circuitos.....	57
3.4.1. Alternativa 1 .....	57
3.4.2. Alternativa 2.....	61
3.5. Desarrollo del software.....	64
3.6. Programa en el microcontrolador .....	70

3.7. Simulaciones .....	73
3.8. Diseño de las PCB.....	77
3.9. Diseño de las cajas (carcasas).....	80
3.10. Ensamblaje del sistema.....	82
3.11. Encuestas a no videntes.....	84
3.12. Funcionamiento del dispositivo (manual de usuario).....	86
3.13. Pruebas de campo.....	89

### Capítulo 4

<b>ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO .....</b>	<b>93</b>
4.1. Impacto social del sistema.....	93
4.2. Análisis económico de costos y beneficios.....	94
4.3. Ventajas y desventajas de las alternativas.....	98
4.4. Desarrollo de la matriz de contradicción ubicando los principios de inventiva .....	99
4.5. Descripción de los principios de TRIZ.....	101
4.5.1. (1) Segmentación.....	101
4.5.2. (3) Calidad local .....	102
4.5.3. (5) Combinando.....	103
4.5.4. (10) Acción previa .....	103
4.5.5. (11) Precaución previa .....	104
4.5.6. (13) Inversión .....	105
4.5.7. (14) Esfericidad.....	105
4.5.8. (15) Dinámica.....	105
4.5.9. (16) Acciones parciales.....	105
4.5.10. (17) Otra dimensión.....	106
4.5.11. (19) Acción periódica.....	107
4.5.12. (25) Autoservicio .....	107
4.5.13. (26) Copiado.....	108
4.5.14. (27) Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable .....	109
4.5.15. (28) Reemplazo de sistemas mecánicos .....	109
4.5.16. (40) Materiales compuestos.....	110
4.6. Análisis de resultados .....	111
4.6.1. La Alternativa 2.....	111

4.6.2. La Alternativa 1.....	111
4.6.3. Discusión.....	112
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
5.1. Conclusiones.....	113
5.2. Recomendaciones.....	114
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>

## Figuras

---

Figura 1: Realizando pruebas en la Sociedad de No Videntes del Azuay (SONVA).....	16
Figura 2: Realizando pruebas de campo del dispositivo con Johana Meneses (no vidente, 18 años).....	17
Figura 1.1: Conocer de cerca las necesidades permite un correcto desarrollo tecnológico para solucionar un problema específico.....	20
Figura 1.2: Los sentidos, a través de la experiencia táctil, desarrollan una compleja orientación.....	21
Figura 1.3: El planteamiento de soluciones se las hace desde el entendimiento de la percepción cinestésica-táctil y el conocimiento espacial.....	23
Figura 1.4: Bastón blanco de 1.35m de fabricación ecuatoriana.....	25
Figura 1.5: El perro guía con los accesorios para permitir la movilidad.....	26
Figura 1.6: Para un no vidente es importante aprender a utilizar las diferentes técnicas con un auxiliar de movilidad y de no movilidad.....	28
Figura 1.7: Las encuestas son fundamentales pues brindan información importante para un diseño correcto.....	30
Figura 1.8: Aprender a utilizar el bastón blanco no es una tarea sencilla puesto se requiere de sincronización, concentración y destreza.....	33

Figura 1.9: Maqueta, bastón inteligente para realizar pruebas tácticas .....	36
Figura 2.1: La utilización de la matriz de TRIZ permite optimizar al máximo los recursos para obtener un dispositivo eficaz .....	38
Figura 2.2: Dimensiones del sensor EZ4 .....	39
Figura 2.3: Arquitectura del sensor.....	40
Figura 2.4: Módulo reproductor MP3 WTM-SD.....	41
Figura 2.5: Micromotor de 2010 rpm.....	42
Figura 2.6: Bobina del micromotor DC con carga desbalanceada.....	42
Figura 2.7: Escobillas del micromotor DC.....	43
Figura 2.8: Batería Nokia junto a la tarjeta electrónica con todos los componentes .....	45
Figura 2.9: Cabezal de una impresora matricial marca ERICSSON .....	47
Figura 2.10: Agujas aceradas con los diminutos resortes que permiten la percusión y a su vez la impresión sobre el papel .....	48
Figura 2.11: Disposición de las distancias de los agujeros en el cabezal para permitir el deslizamiento de las agujas .....	48
Figura 2.12: Las dos partes principales del cabezal Braille, el de la izquierda es la pieza plástica modificada a 6 puntos, el de la derecha es la carcasa con las 9 bobinas y colocado un bus de datos .....	49
Figura 2.13: Acople plástico entre la matriz braille de 3x2 y la carcasa con las bobinas.....	49
Figura 2.14: Dispositivo braille ensamblado.....	50
Figura 2.15: Baterías genéricas de celular para conexión en serie .....	51
Figura 2.16: Pruebas de bassetta del cabezal braille con las dos baterías genéricas en serie.....	51

Figura 2.17: Prueba de carga de batería en el prototipo donde el plug ingresa al jack desconectando dos pines de alimentación y aislando mecánicamente la recarga eléctrica, protegiendo al circuito y permitiendo una carga directa .....	52
Figura 2.18: Sistema de carga eléctrica para la batería del dispositivo .....	53
Figura 3.1: Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos.....	59
Figura 3.2: Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos.....	60
Figura 3.3: Pruebas de diseño .....	62
Figura 3.4: Diseño electrónico del dispositivo de pruebas 2...	63
Figura 3.5: Amplificador de audio para adaptar al prototipo de prueba.....	64
Figura 3.6: A la izquierda el sensor se encuentra a 3 metros del obstáculo y las vibraciones son lentas, a la derecha conforme se acerca, las vibraciones aumentan .....	66
Figura 3.7: Esquema de distancias típicas con el uso del dispositivo en el bastón blanco.....	67
Figura 3.8: Control de vibraciones acorde a la distancia .....	67
Figura 3.9: Activación del micromotor en función de la distancia de sensado .....	68
Figura 3.10: Desactivación del micromotor en función de la distancia de sensado.....	69
Figura 3.11: Dispositivo ensamblado y el estuche de protección para efectuar pruebas del programa .....	73
Figura 3.12: Simulación del sistema con el PIC 12F675 .....	74
Figura 3.13: Simulación del sistema, sin activar la salida de sonido con el PIC 12F675 .....	74

Figura 3.14: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 .....	75
Figura 3.15: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 .....	76
Figura 3.16: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 .....	76
Figura 3.17: Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la Alternativa 1 .....	77
Figura 3.18: Diseño electrónico de la PCB (capa inferior) .....	78
Figura 3.19: Diseño electrónico de la PCB (capa de conexión).....	78
Figura 3.20: Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la Alternativa 2 .....	79
Figura 3.21: Dispositivo 2 con medidas sin plano de tierra....	80
Figura 3.22: Caja prefabricada utilizada para pruebas .....	80
Figura 3.23: Caja de acrílico diseñada para el primer prototipo 14x6x6cm .....	81
Figura 3.24: Caja de acrílico diseñada para el primer prototipo .....	82
Figura 3.25: Los dos dispositivos finales ensamblados.....	83
Figura 3.26: Vista posterior del dispositivo donde se ve el jack de carga eléctrica .....	87
Figura 3.27: Vista lateral del dispositivo, donde se aprecia la batería y los componentes, entre ellos el micromotor .....	88
Figura 3.28: Vista lateral del dispositivo incluyendo el interruptor ON-OFF, pulsante para activar el sonido y el sensor de ultrasonido.....	88
Figura 3.29: Vista superior del dispositivo.....	89
Figura 3.30: Realizando pruebas del dispositivo (Alternativa 1) montado inicialmente en una caja prefabricada.....	90
Figura 3.31: Realizando pruebas del dispositivo 1 ensamblado en acrílico .....	91

Figura 4.1: El impacto social es positivo cuando las personas comienzan a familiarizarse con el dispositivo.....	94
Figura 4.2: Las pruebas realizadas muestran los resultados positivos.....	94
Figura 4.3: Dispositivo final ensamblado totalmente.....	98
Figura 4.4: Esquema de procedimiento de desarrollo mediante TRIZ.....	100
Figura 4.5: Matriz de contradicciones técnicas con las soluciones respectivas.....	101
Figura 4.6: Segmentación de las partes que conforman la carcasa.....	102
Figura 4.7: Se realizan pruebas de funcionamiento para verificar que el sistema electrónico aproveche al máximo los recursos disponibles.....	103
Figura 4.8: Un ejemplo de adaptación del prototipo al bastón .....	104
Figura 4.9: Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal braille .....	106
Figura 4.10: Este es el módulo de carga eléctrica, se utiliza de un cargador universal.....	108
Figura 4.11: Sistema de recarga eléctrica muy económica .....	109
Figura 4.12: Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal braille .....	110
Figura 4.13: Análisis de las encuestas realizadas a 50 no videntes del SONVA .....	112

## Tablas

---

Tabla 1.1: Principales diferencias entre el bastón blanco tradicional y el bastón inteligente.....	35
Tabla 2.1: Características de los microcontroladores.....	44

Tabla 3.1: Encuesta realizada a 50 no videntes, la mayoría socios del la Sociedad de No Videntes del Azuay (SONVA), que conocieron el dispositivo.....	85
Tabla 4.1: Costos de producción de un dispositivo.....	95
Tabla 4.2: Costos de producción de un dispositivo importando directamente los elementos.....	97
Tabla 4.3: Tabla comparativa del diseño de las Alternativa 1 y 2 .....	99



# INTRODUCCIÓN

En la novela de H. G. Wells *El País de los ciegos*, considerada por muchos como un antecedente literario del celebrado *Ensayo sobre la ceguera* de José Saramago publicada en 1995, describe: “Con la pérdida de los ojos, dones adaptados a su oído y a su tacto habían surgido en los ciegos” (Wells, 2010). Relatando así una sociedad organizada sin sentido de la vista, una realidad palpable donde los no videntes se adaptan al medio de una manera sorprendente, hipótesis que se confirma cuando conocemos de cerca su realidad.

Generalmente un no vidente para movilizarse en lugares desconocidos, emplea el bastón blanco (tubo delgado y hueco que generalmente se compone de 4 o 5 partes para plegarlo), que se llama así por norma internacional con el objetivo que las demás personas los reconozcan y brinden facilidades a su transitar. Esta herramienta les permite detectar obstáculos como piedras, gradas, baches con los cuales pudiesen tropezar al caminar. El bastón tiene un largo de acuerdo a la altura de la persona, normalmente referenciado hasta la altura del pecho (esternón). Se construyen normalmente de aluminio y se pintan de blanco. El bastón blanco también se considera como una extensión de la extremidad para reconocer mejor el ambiente en el que se transita. Gracias a un grueso cascabel en la punta del bastón, el no vidente puede identificar si se topa con una piedra o con un pedazo de madera hueca. Sin embargo, el bastón blanco tiene la deficiencia que no detecta obstáculos que se encuentran fuera de su rango de rastreo o por encima de éste.

La presente es una investigación que evalúa el uso de un sistema para la detección de obstáculos que impiden la movilidad o “capacidad para desplazarse de un lugar a otro de forma independiente, segura y eficaz” (Gallegos, 2007) de los no videntes que utilizan como herramienta el bastón blanco. Se logró diseñar un dispositivo que mide la distancia de los objetos con un límite de 5,5 metros que permitió a los no videntes

complementar la funcionalidad del bastón blanco para detectar obstáculos, con los cuales podrían tropezar al caminar por encima del área de rastreo. Se realizó pruebas en las cuales el dispositivo se ubicó en el mango del bastón blanco a una distancia de entre 0 a 10cm desde el dedo índice, y de esta forma no modificó su uso normal. El sensor de ultrasonido se colocó en la esquina superior derecha de la carcasa, lo que permitió la emisión de la señal de ultrasonido a 42,5KHz con un ancho de haz máximo de 67cm siguiendo una trayectoria perpendicular respecto al bastón blanco. Se añadió un buzzer o zumbador que funciona como señal de alerta cuando la distancia de los objetos es demasiado corta; en este caso se realizaron pruebas que se establecieron para longitudes menores a 75cm. También se añadió un LED de alto brillo de 3mm que cumple la función de señal de advertencia en las noches para las personas videntes con el objetivo de facilitar su movilidad. A diferencia del Bastón Radar que se puede adquirir bajo pedido actualmente en otros países, este prototipo emplea elementos muy fáciles de obtener en el mercado local así como económicos, es versátil puesto que permite la recarga eléctrica, permite mantenimiento, es pequeño y liviano.



**Figura 1: Realizando pruebas en la Sociedad de No Videntes del Azuay (SONVA)**

## Objetivo del proyecto

Se presenta el diseño y construcción de un prototipo que se adapte al bastón blanco para que le ayude al no vidente a identificar los obstáculos que se encuentren por encima de su capacidad de rastreo. Debe ser fácil de manipular, pequeño, liviano, asequible, y debe poder indicar la presencia de obstáculos con rapidez y precisión. La metodología empleada para el desarrollo inventivo del prototipo es el de TRIZ (Savransky, 2000), que propone una solución pragmática ante los conflictos de inventiva.

El uso del dispositivo adaptado al bastón blanco permite complementar su uso normal con nuevas herramientas electrónicas. Aunque pueden existir casos en los que además de ceguera, el individuo padece de alguna deficiencia cognitiva, donde se deberá emplear métodos adecuados para lograr la adaptación.



**Figura 2: Realizando pruebas de campo del dispositivo con Johana Meneses (no vidente, 18 años)**