



## **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### **ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

#### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO  
MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL.”**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES.

**AUTOR:** FRANKLIN GUSTAVO JIMÉNEZ PERALTA

**DIRECTOR:** ING. JUAN MANUEL GALINDO VERA, Mg. Sc.

**LOJA - ECUADOR**

**2014**

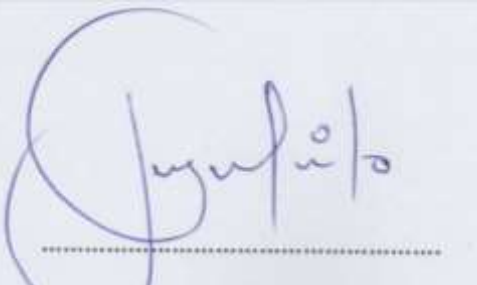
## CERTIFICACIÓN

Ingeniero  
Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS**

### CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, cuyo tema versa: **“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, realizado por el señor egresado: **Franklin Gustavo Jiménez Peralta**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Mayo del 2014.



.....

Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo **FRANKLIN GUSTAVO JIMÉNEZ PERALTA**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Autor:** Franklin Gustavo Jiménez Peralta



**Firma:** .....

**Cédula:** 1104816218

**Fecha:** 6 de junio del 2014

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo **FRANKLIN GUSTAVO JIMÉNEZ PERALTA**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL.”**, como requisito para optar al grado de: **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 6 días del mes de junio del dos mil catorce.



**Firma:** .....

**Autor:** Franklin Gustavo Jiménez Peralta

**Cédula:** 1104816218

**Dirección:** La Argelia

**Correo electrónico:** francklin\_9@hotmail.com

**Teléfono:** 2547505

**Celular:** 0989394759

**DATOS COMPLEMENTARIOS.**

**Director de Tesis:** Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio, Mg. Sc.

Ing. Julio César Guamán Segarra, Mg. Sc.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primeramente a Dios por ser quien guía mi camino y ayudarme en todo momento brindándome la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Ángel y Mariana por siempre darme su apoyo, afecto y comprensión, por siempre tener un consejo y una frase alentadora y por ser mi motor para siempre seguir adelante.

A mis hermanos, por ser siempre mi inspiración y por cada una de las enseñanzas con ejemplos y lecciones a lo largo de mi vida, y a todas mis sobrinitas y sobrinitos por traer alegría y felicidad a mi vida.

Por su apoyo incondicional y por estar a mi lado en cada momento a Marianela, por ser mi inspiración y por ayudarme a ser una mejor persona día a día, mi lealtad total hacía ella por amarme tal y como soy.

Al Ing. Juan Manuel Galindo por su acertada dirección y guía constante en el desarrollo del presente proyecto.

A todas las personas que colaboraron en las pruebas y encuestas del dispositivo, por sus consejos y recomendaciones para poder mejorar el prototipo.

A todos mis amigos con los que hemos compartido buenos e inolvidables momentos, en especial a Edison, Emanuel, Nadia, Alex, Roger, Galo por ayudar de una u otra manera y por su constante apoyo durante el desarrollo del presente proyecto.

## **DEDICATORÍA**

Con mucho cariño a mis padres, a quienes amo y admiro, por ser un pilar fundamental en mi vida, por brindarme su apoyo y cariño, a usted siempre mi corazón y agradecimiento.

A mis hermanos por estar conmigo siempre y por ser mi motivación con cada ejemplo de lucha que me brindan día a día, los quiero mucho.

A mi novia por ser mi inspiración, este triunfo es nuestro, gracias por estar siempre a mi lado.

# ÍNDICE

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA.....	ii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO. ....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORÍA.....	v
ÍNDICE.....	vi
a. TÍTULO.....	1
b. RESUMEN .....	2
c. INTRODUCCIÓN .....	4
d. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
d.1. CAPÍTULO 1: DISCAPACIDAD VISUAL Y MÉTODOS DE AYUDA A LA PERSONA INVIDENTE .....	5
d.1.1. DISCAPACIDAD VISUAL .....	5
d.1.1.1. Definición de Discapacidad Visual .....	5
d.1.1.2. Definición según la OMS.....	6
d.1.1.3. Definición según el CONADIS.....	6
d.1.2. TIPOS DE AYUDA A PERSONAS NO VIDENTES.....	7
d.1.2.1. LA TIFLOTECNOLOGÍA .....	7
d.1.2.2. BASTONES COMO MÉTODO DE AYUDA AL DISCAPACITADO VISUAL .....	8
d.1.2.2.1. Bastón Blanco.....	8
d.1.2.3. SISTEMAS EMPLEADOS PARA EL DESPLAZAMIENTO .....	10
d.1.2.3.1. En Solitario .....	10
d.1.2.3.2. Con perro guía.....	10
d.1.2.3.3. Con guía vidente .....	10
d.1.2.4. TÉCNICAS PARA EL USO DEL BASTÓN .....	11
d.1.2.4.1. Técnica de Hoover.....	11
d.1.2.4.2. Técnica de deslizamiento .....	12
d.1.2.4.3. Técnica de toque .....	12
d.1.2.4.4. Técnica de subir y bajar escaleras .....	12
d.2. CAPÍTULO 2: SENSORES.....	13
d.2.1. SENSORES DE PROXIMIDAD.....	13
d.2.1.1. Sensor de Proximidad Interruptor de posición o de final de carrera .....	13
d.2.1.2. Sensor de Proximidad Capacitivo .....	14

d.2.1.3.	Sensor de Proximidad Inductivo .....	15
d.2.1.4.	Sensor de Proximidad Fotoeléctrico .....	16
d.2.1.5.	Sensor de Proximidad Infrarrojo .....	17
d.2.1.6.	Sensor de Proximidad Magnético .....	18
d.2.1.7.	Sensor de Proximidad por Ultrasonido .....	18
d.2.2.	FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE ULTRASONIDO .....	19
d.2.3.	PROBLEMAS CON LOS SENSORES DE ULTRASONIDO .....	20
d.3.	CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS .....	25
d.3.1.	SELECCIÓN DEL SENSOR .....	25
d.3.2.	SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04 .....	26
d.3.2.1.	Modo de empleo del sensor HC-SR04 .....	27
d.3.2.2.	Características Técnicas .....	28
d.3.2.3.	Conexión del sensor HC-SR04 .....	29
d.3.3.	MICROCONTROLADOR PIC 16F628A .....	29
d.3.3.1.	Diagrama de terminales del PIC 16f628a y sus funciones especiales .....	30
d.3.3.2.	Características principales del PIC 16f628a .....	31
d.3.3.3.	Tipos de memoria del PIC 16f628a .....	32
d.3.3.3.1.	Memoria flash .....	32
d.3.3.3.2.	Memoria RAM .....	32
d.3.3.3.3.	Memoria EEPROM .....	32
d.3.3.4.	Tipos de osciladores .....	33
d.3.4.	MULTIPLEXOR 74LS151 .....	33
d.3.4.1.	Puertos del multiplexor 74LS151 .....	33
d.3.4.2.	Funcionamiento .....	34
d.3.4.3.	Tabla de verdad .....	34
d.3.4.4.	Esquema de entradas y salidas .....	35
d.3.5.	Motor de Vibración .....	35
d.3.6.	Parlante Zumbador HYDZ .....	36
e.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
e.1.	CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO .....	37
e.1.1.	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL BASTÓN ELECTRÓNICO .....	37
e.1.2.	Eta de Alimentación del Sistema .....	38
e.1.3.	Eta de detección de obstáculos .....	39
e.1.4.	Eta de activación de las alarmas del sistema .....	40
e.1.4.1.	Circuito de activación del motor de vibración .....	40
e.1.4.2.	Circuito de activación del parlante zumbador .....	42
e.2.	CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL BASTÓN ELECTRÓNICO .....	43
e.2.1.	CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO .....	43
e.2.1.1.	Parte Superior .....	44



e.2.1.2.	Parte Inferior .....	45
e.2.1.3.	Acoplamiento y ubicación de Sensores .....	46
e.2.2.	SOFTWARE DEL BASTÓN .....	48
e.2.2.1.	Desarrollo del Software .....	48
e.2.2.2.	Diagramas de flujo del programa .....	49
f.	CAPÍTULO 6. PRUEBAS Y RESULTADOS .....	54
f.1.	PRUEBAS INICIALES DEL SISTEMA .....	54
f.1.1.	Pruebas de distancia con sensor HC-SR04 .....	54
f.1.2.	Pruebas con motor vibrador .....	56
f.1.3.	Prueba con parlante zumbador .....	57
f.1.4.	Pruebas con multiplexor 74LS151 .....	58
f.2.	Pruebas finales del sistema .....	60
f.3.	RESULTADOS .....	62
f.3.1.	Etapa de detección de obstáculos .....	62
f.3.2.	Etapa de activación de alarmas .....	65
f.3.3.	RESULTADOS EN PRUEBAS DE CAMPO .....	66
g.	ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA .....	69
g.1.	IMPACTO SOCIAL DEL SISTEMA .....	69
g.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE COSTOS Y BENEFICIOS .....	70
h.	CONCLUSIONES .....	74
i.	RECOMENDACIONES .....	76
j.	BIBLIOGRAFÍA .....	78
k.	ANEXOS .....	82

**a. TÍTULO**

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL.

## **b. RESUMEN**

El presente trabajo desarrolla la construcción de un prototipo de bastón electrónico, como mecanismo de ayuda a personas con discapacidad visual, mediante el uso de sensores de distancia por ultrasonido. Los sensores de ultrasonido trabajarán como medidores de distancia, al detectar un posible obstáculo dentro de su rango de medición.

Para el desarrollo de este proyecto primeramente se realizó una investigación acerca de los métodos de ayuda a personas no videntes, dentro de la rama de la tiflotecnología, además de los sistemas empleados para el desplazamiento de una persona con discapacidad visual, las técnicas relacionadas con el uso del bastón y los sensores de distancia y sus diferentes tipos, luego se realizó la selección del sensor más apropiado para este tipo de aplicación analizando sus características, funcionamiento y realizando una comparación costo-beneficio de los mismos.

Además se diseñó cada una de las etapas del sistema, la etapa de alimentación encargada de abastecer de energía a todos los componentes del bastón; la etapa del circuito de detección de obstáculos comprendida por un multiplexor y el microcontrolador, el primero encargado de seleccionar de acuerdo a los datos en sus entradas de selección de que sensor proviene la señal, dicha señal será la que indicará la existencia de un obstáculo, el segundo se encarga de procesar dicha señal y funciona como cerebro principal del prototipo de bastón, para luego proceder a la activación de la etapa final o de alarmas, comprendida por un motor vibrador y un parlante o buzzer los mismos que generarán un zumbido para prevenir a la persona no vidente.

Luego de esto, se realizaron las simulaciones respectivas de todo el sistema, para posteriormente realizar el armado y ensamblaje de toda la parte física del bastón, es decir todo el hardware del dispositivo.

Finalmente se realizaron las pruebas del dispositivo con la ayuda de varias personas, las cuales determinaron varios factores, como funcionalidad, utilidad y facilidad de uso del prototipo de bastón.

## **ABSTRACT**

The present work develops the construction of a prototype electronic cane, as a mechanism to help people with visual disabilities, using ultrasonic distance sensors. Ultrasonic sensors work as distance meters, to detect a possible obstacle within its measuring range.

The development of this project first held a research about the methods of aid to blind people, within the branch of the Conference, as well as the systems used for the displacement of a person with visual impairment, the techniques related to the use of the cane and distance sensors and its different types, then he was the selection of the sensor most appropriate for this type of application by analyzing its characteristics, operating and performing cost-benefit of such a comparison.

In addition we designed each of the stages of the system, the stage of power responsible for supplying energy to all parts of the cane; the stage of detection of obstacles including a multiplexer and the microcontroller, the first Manager to select according to the data in your selection inputs that sensor comes the signal, this signal will be which will indicate the existence of an obstacle, the second is responsible for processing such signal and functions as the main brain of the prototype of cane, to then proceed to the final stage or alarms, comprised by a vibrator motor activation and a speaker or buzzer which will generate a buzz to prevent the blind person.

After this, the respective simulations of the entire system are performed, to subsequently perform assembly and assembly of the whole physical part of the cane, ie all hardware device.

Testing of the device with the help of several people, which determined several factors such as functionality, utility and ease of use of the prototype of cane was finally performed.

### **c. INTRODUCCIÓN**

A lo largo de la historia, uno de los objetivos principales del ser humano ha sido proteger y preservar su especie, una de estas premisas recae en la habilidad de lograr adaptarse a los continuos cambios que se dan en el mundo moderno, y de esa manera mejorar su calidad de vida.

Vista la incapacidad que poseen las personas no videntes para hacer uso de la tecnología y de esta manera mejorar sus condiciones de vida, se ha considerado un mecanismo el cual puede llegar a reemplazar a los habituales métodos de guía para personas no videntes como son el bastón convencional o el perro lazarillo, dicho dispositivo de ayuda electrónica permitirá a la persona no vidente percatarse a tiempo de la existencia de distintos obstáculos, tales como, paredes, postes, vehículos, gradas, veredas, entre otros. Los cuales podrían representar un posible riesgo para la persona discapacitada. Por ello y con ayuda de la tecnología se ha pensado en la construcción de un dispositivo que permita la detección de obstáculos de manera oportuna.

La electrónica y la automatización han sido ámbitos que han jugado un papel muy importante en el desarrollo y la implementación de varios productos como ayuda para personas que posean algún tipo de discapacidad física. En la actualidad existen en el mercado dispositivos como son los bastones electrónicos los cuales pueden servir para la detección de obstáculos mediante sonidos, se puede encontrar de varios tipos y modelos pero una limitante es el costo de estos dispositivos, ya que este se encuentra entre los \$1000 y \$2000 dólares o inclusive superior, por esta razón la idea de desarrollar un prototipo con características similares a las que se encuentra en el mercado de bajo costo y confiable, además que sea fácil de usar para que de esta manera brinde una gran utilidad y permita realizar de mejor manera las tareas más comunes de una persona discapacitada visualmente.

#### **d. REVISIÓN DE LITERATURA**

##### **d.1. CAPÍTULO 1: DISCAPACIDAD VISUAL Y MÉTODOS DE AYUDA A LA PERSONA INVIDENTE**

###### **d.1.1. DISCAPACIDAD VISUAL**

Para una persona el sentido de la visión se convierte en el más importante desde el momento del nacimiento, ya que se comporta como un canal sensorial social, el cual le permite visualizar cosas, objetos y demás, para de esta manera iniciar captando juegos de luces y sombras que activan zonas del cerebro las cuales emiten respuestas motrices, y justamente esta acción sensorio-motriz se convierte en la clave del desarrollo intelectual de los seres humanos. *“Según estudios realizados, hasta los doce años la mayoría de las nociones aprendidas se captan a través de las vías visuales, en una proporción del 83%, frente a los estímulos captados por los otros sentidos, que se reparten entre el 17% de los restantes”.*<sup>6</sup>

###### **d.1.1.1. Definición de Discapacidad Visual**

Se puede definir a la discapacidad visual como una limitación o disminución ya sea moderada, grave o la ausencia total de la capacidad de ver, observar o distinguir cualquier tipo de cosa u objeto, ocasionándole de esta manera a la persona una restricción o prohibición de poder mirar y de esta manera poderse desenvolver de manera natural en el medio o entorno en el cual se encuentra, las particularidades que este posee y en sí de poder apreciar visualmente el mundo.

Existen algunas definiciones acerca de la discapacidad visual, ya que no existe un acuerdo mundial acerca del tema, por lo que está varia de un país a otro, a continuación se cita algunas de las definiciones más importantes acerca de la discapacidad visual dictadas por organismos importantes como la Organización Mundial de la Salud (OMS), y el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador (CONADIS).

---

<sup>6</sup> Luisa A. Valdez V. Discapacidad Visual, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://www.educar.ec/noticias/visual.pdf>.

#### **d.1.1.2. Definición según la OMS**

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define a la discapacidad visual como: *“cualquier restricción o carencia (resultado de una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas”*<sup>7</sup>.

La discapacidad visual limita a una persona en cuanto a sus capacidades para realizar una tarea o labor en específica, esto debido a las restricciones que caracteriza a una persona limitada visualmente y a la imposibilidad de poder apreciar su entorno. La discapacidad visual en una persona no se considera como una enfermedad pero si como una limitación o condición especial la cual puede generar una ausencia de carácter en el ser humano al momento de realizar una actividad determinada.

#### **d.1.1.3. Definición según el CONADIS**

El CONADIS (Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador) define a la discapacidad visual como: *“la deficiencia del sistema de la visión, las estructuras y funciones asociadas con él. Es una alteración de la agudeza visual, campo visual, motilidad ocular, visión de los colores o profundidad, que determinan una deficiencia de la agudeza visual, y se clasifica de acuerdo a su grado”*<sup>8</sup>.

La discapacidad visual se considera como una alteración del sentido de la vista el cual es medido en niveles, entre los que se tiene niveles como la visión normal con un nivel aproximado de 0.8, baja visión con un nivel de 0.25 a 0.12 y ceguera total con un nivel de entre 0.1 y 0; todas las personas que posean un nivel de visión de entre estos rangos serán consideradas como discapacitadas visualmente.

---

<sup>7</sup> Organización Mundial de la Salud, Universidad España, 2011, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/discapacidad-visual/>.

<sup>8</sup> CONADIS, Glosario de términos sobre discapacidad, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://es.scribd.com/doc/110879483/Glosario-de-Terminos-Sobre-Discapacidad>.

## **d.1.2. TIPOS DE AYUDA A PERSONAS NO VIDENTES**

### **d.1.2.1. LA TIFLOTECNOLOGÍA**

*“La tiflotecnología está compuesta de las palabras “tiflo” (proviene del griego que significa ciego) y tecnología, por lo que se podría decir que la tiflotecnología es una ciencia la cual estudia el uso de la tecnología aplicada como métodos de ayuda a la discapacidad visual o ceguera, además si bien el término de la tiflotecnología abarca a los instrumentos no electrónicos, hoy en día esta aplicada principalmente al estudio y manejo de equipos e instrumentos electrónicos de acceso, lectura y proceso de la información”<sup>9</sup>.*

*“El campo de aplicación de esta ciencia es muy extenso, por lo que instrumentos de esta rama se pueden utilizar tanto como ayuda educativa como para la ayuda en labores o tareas de la vida diaria o en el trabajo, razón por la cual dichos instrumentos se convierten en herramientas “integradoras” de las personas con discapacidad visual a la sociedad”<sup>9</sup>.*

En este sentido existe una gran variedad de dispositivos denominados “tiflotécnicos”. Por un lado, se tiene los instrumentos “tiflológicos” que son aquellos instrumentos más utilizados en la cotidianidad por lo que no son considerados de alta tecnología, dentro de estos se encuentran: bastones y accesorios para la orientación y movilidad, maquinas perkins para la escritura en braille, equipos de grabación, brújulas parlantes y agendas digitales, entre otros dispositivos. Mientras por otra parte existen los denominados instrumentos “tiflotécnicos”, dentro de estos se destacan, por un lado, los que poseen autonomía de funcionamiento, y por otro, aquellos instrumentos que facilitan o permiten el acceso de las personas con discapacidad visual a la información de un ordenador, entre estos dispositivos se tiene: sistemas de información electrónicos braille (Braille hablado, PC hablado), Dispositivos vinculados al ordenador (convertidores de texto a voz, línea braille), impresoras braille, además de otros dispositivos como calculadoras parlantes, lupas televisión, entre otros.

---

<sup>9</sup> Cayetano Meroño F. Ayudas técnicas para personas ciegas y deficientes visuales, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/docs/2000/10-2000.pdf>.



#### **d.1.2.2. BASTONES COMO MÉTODO DE AYUDA AL DISCAPACITADO VISUAL**

A lo largo de los años se han venido realizando estudios e investigaciones con el objetivo de brindar a las personas invidentes herramientas y métodos los cuales le permitan guiarse y movilizarse con seguridad, esto principalmente con la meta de poder ayudar a mejorar sus condiciones y calidad de vida.

Los bastones como instrumentos y técnicas de ayuda al discapacitado visual se centran en proveer tres funciones básicas a la persona discapacitada, dichas funciones son: distintivo, protección e información.

La primera de estas funciones nos permite diferenciar a las personas invidentes, para de esta manera poderlas distinguir cuando estas se desenvuelven en un entorno específico, y de alguna u otra forma poder evitar algún accidente al chocar o rozarlas mientras ellas se desplazan con el uso del bastón, la segunda característica brinda defensa ya que mediante el uso del bastón se puede prevenir un posible obstáculo el cual pudiese de alguna forma convertirse en un peligro para la persona discapacitada; y la tercera característica es la de brindar información y características del medio, entorno o sitio en el que se encuentra la persona invidente. El bastón, no por su sencillez, deja de convertirse en una herramienta fundamental para la movilidad y orientación de una persona invidente.

##### **d.1.2.2.1. Bastón Blanco**

*“El Bastón Blanco es un instrumento que identifica a los ciegos y deficientes visuales y les permite desplazarse en forma autónoma. Sus peculiares características de diseño (figura 1) y técnica de manejo facilitan el rastreo y detección oportuna de obstáculos que se encuentran a ras del suelo”<sup>10</sup>.*

---

<sup>10</sup> Contacto Braille, El Bastón Blanco, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://www.contactobrilie.com/baston.html>.

*“El bastón blanco es un instrumento auxiliar a la movilidad que sirve para que las personas ciegas puedan desplazarse con mayor autonomía y seguridad en su vida cotidiana, al servir como distintivo, como informador y como protección”<sup>11</sup>.*

*“El uso correcto del bastón blanco implica emplear un conjunto de técnicas para que las personas ciegas puedan desplazarse con relativa seguridad. Cuando se emplea la técnica rítmica de contacto de dos puntos, la puntera del bastón deberá describir un arco levemente superior al ancho del cuerpo de la persona”<sup>10</sup>.*

*“Por ello el bastón blanco es y será una herramienta, que en el marco de una adecuación a las técnicas de uso, permiten la integración de la persona humana al escenario social dentro de una concepción solidariamente comprometida”<sup>10</sup>.*

*“El tamaño del Bastón Blanco debe llegar a la altura del esternón de la persona discapacitada, y la medida varía de acuerdo a la estatura. Hay bastones de 1.05, 1.10, 1.15 y 1.20 metros. En consecuencia, un bastón corto no permite detectar a tiempo los obstáculos, además de que origina esfuerzos innecesarios y maniobras incorrectas al momento del desplazamiento de la persona ciega, ocasionando fatiga, torpeza para caminar, trastornos musculo esqueléticos, e incluso, caídas y tropezones”<sup>10</sup>.*



*Figura 1. Bastón Blanco. Fuente [El Autor].*

<sup>11</sup> Historia del Bastón Blanco: la Orientación y Movilidad, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://varieduca.jimdo.com/orientaci%C3%B3n-y-movilidad/historia-del-bast%C3%B3n-blanco-la-orientaci%C3%B3n-y-movilidad/>

### **d.1.2.3. SISTEMAS EMPLEADOS PARA EL DESPLAZAMIENTO**

#### **d.1.2.3.1. En Solitario**

*“En este sistema es importante la ayuda del bastón con el objetivo de detectar irregularidades en el suelo: agujeros, baches, bordillos, y además para prevenir tropiezos con estos objetos.*

*La persona discapacitada visualmente suele caminar solo sin la ayuda del bastón, aunque existen especialistas que aconsejan su uso, incluso por los más pequeños, y para ello se han fabricado bastones adecuados en características de peso, tamaño, estética, entre otros factores”<sup>12</sup>.*

#### **d.1.2.3.2. Con perro guía**

*“Este sistema es poco empleado en nuestro país, principalmente porque es preciso acudir al extranjero para poder disponer de un perro adiestrado convenientemente. Por otra parte, el ciego prefiere moverse con mayor autonomía y sin los inconvenientes que el perro puede presentar al tener que tomar vehículos, entrar en establecimientos, etc”<sup>12</sup>.*

#### **d.1.2.3.3. Con guía vidente**

*“Ya es muy raro ver el lazarillo clásico que acompañaba al invidente. Es cierto que en muchas ocasiones se ve a un ciego caminar con una persona vidente, pero ésta puede ser su amigo, un familiar o una persona desconocida la cual le está brindando su ayuda.*

*En la rehabilitación de adultos invidentes se utilizan numerosas técnicas para adiestrar a la persona en estos sistemas de desplazamiento y en la realización de otros movimientos. Entre estas técnicas pueden citarse: las de rastreo, para encuadrarse, para alinearse, de autoprotección, de recogida de objetos, para sentarse, para pasar por puertas, entre otras. En tanto que para tratar de formar a un niño invidente el uso de estas técnicas es innecesario, ya que este las aprende de manera espontánea o quedan incluidas dentro de otras materias educativas: psicomotricidad, juegos, deportes, etc. Por tanto, el cuidador no tiene necesidad de conocerlas, y, siempre que lo necesite, en casos puntuales, deberá acudir al especialista”<sup>12</sup>.*

---

<sup>12</sup> La independencia de movimientos y desplazamientos del niño ciego, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), [http://www.psicologoescolar.com/CUIDADOR/29\\_la\\_independencia\\_de\\_movimientos\\_y\\_desplazamientos\\_del\\_nino\\_ciego.htm](http://www.psicologoescolar.com/CUIDADOR/29_la_independencia_de_movimientos_y_desplazamientos_del_nino_ciego.htm).

#### **d.1.2.4. TÉCNICAS PARA EL USO DEL BASTÓN**

*“El bastón puede manejarse con la mano derecha o con la izquierda indiscriminadamente, de acuerdo como se sienta más cómoda la persona, además deberá alcanzar por lo menos un metro delante de la persona invidente. En este sentido existen algunas técnicas las cuales ayudan a perfeccionar el uso del bastón por parte de las personas discapacitadas”<sup>13</sup>.*

##### **d.1.2.4.1. Técnica de Hoover**

*“El bastón debe llevarse con el brazo un poco doblado, cerca del cuerpo y centrado por la línea media (puede tomarse como referencia el ombligo), la mano debe sujetar el bastón con el dedo índice prolongado a lo largo en la parte plana del mango y los dedos restantes sujetando el bastón. Si el bastón no se centra, la persona tiende a caminar torcida.*

*El bastón debe moverse realizando un semicírculo de derecha a izquierda, con el solo movimiento de la muñeca; la punta del bastón debe tocar el piso en los dos extremos del semicírculo y el arco que se hace en el piso deberá ser más o menos del ancho de los hombros, de esta manera se revisa la zona por donde la persona va a caminar y lo protege de los huecos o de tropezar con cualquier obstáculo u objeto que se encuentre en el piso, ya que con el resto del bastón la persona protege sus piernas y cintura.*

*A medida que la persona camina debe realizar un movimiento intercambiado con el bastón y el pie, es decir, mientras se está explorando con el bastón en el lado izquierdo, se dará el paso con el pie derecho.*

*Es importante conservar siempre un movimiento armónico, es decir mantener un movimiento natural y elegante, cuidando de no exagerar movimientos o adoptar posturas inadecuadas con el uso del bastón”<sup>13</sup>.*

---

<sup>13</sup> Orientación y Movilidad, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), [http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca\\_virtual/archivos/69\\_orientacion\\_movilidad.pdf](http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca_virtual/archivos/69_orientacion_movilidad.pdf).

#### **d.1.2.4.2. Técnica de deslizamiento**

*“Esta técnica permite a la persona limitada visual desplazarse por sitios cerrados como centros comerciales, edificios, oficinas, entre otros.*

*El bastón deberá ir colocado en posición diagonal con la punta en el borde que está entre la pared y el suelo, sin realizar ningún toque, solo deslizando el bastón por el borde antes mencionado. Esta técnica también puede combinarse con la técnica Hoover deslizando el bastón por el suelo sin olvidar el ancho del y el ritmo al caminar”<sup>13</sup>.*

#### **d.1.2.4.3. Técnica de toque**

*“Permite dar mayor seguridad en los desplazamientos estando en terrenos montañosos o disparejos. Consiste en tomar el bastón por el mango en forma de agarre, ubicándolo al frente y al centro del cuerpo en forma paralela, dando dos o tres toques al terreno en forma de picado.*

*Además para caminar por zonas rurales (campo abierto, montañas, etc.), se recomienda usar un bastón rígido que permita no solo obtener información del suelo sino que en determinado momento le pueda servir de apoyo. Generalmente con este bastón se realiza la técnica de toque”<sup>13</sup>.*

#### **d.1.2.4.4. Técnica de subir y bajar escaleras**

*“La persona limitada visual deberá ubicarse a la derecha de ésta, tomando el bastón con agarre de pinza, la puntera del bastón deberá medir la altura y el ancho del escalón y el bastón deberá estar siempre un escalón delante, tocando el borde del peldaño, cuando el bastón no percibe más escalones la información dada es que se está llegando a un descanso de la escalera o que ya no hay más peldaños, tanto para bajar como para subir, se utiliza la misma técnica , conservando siempre la derecha”<sup>13</sup>.*

## **d.2. CAPÍTULO 2: SENSORES**

Se denomina sensores a aquellos dispositivos que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable de medida.

### **d.2.1. SENSORES DE PROXIMIDAD**

*“Un sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan”<sup>14</sup>.*

#### **d.2.1.1. Sensor de Proximidad Interruptor de posición o de final de carrera**

*“Dentro de los sensores de proximidad, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, los cuales son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.*

*Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc.*

*Entre las ventajas encontramos la facilidad en la instalación, la robustez del sistema, es insensible a estados transitorios, trabaja a tensiones altas, debido a la inexistencia de imanes es inmune a la electricidad estática. Los inconvenientes de este dispositivo son la*

---

<sup>14</sup> Sensores de proximidad, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>.

velocidad de detección y la posibilidad de rebotes en el contacto, además depende de la fuerza de actuación.

Este tipo de sensores están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio”<sup>14</sup>.



Figura 2. Sensor de Proximidad Interruptor Final de Carrera. Fuente [14].

#### **d.2.1.2. Sensor de Proximidad Capacitivo**

“La función del sensor capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador. El punto exacto de ésta función puede regularse mediante un potenciómetro, el cual controla la realimentación del oscilador. La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro.

La señal de salida del oscilador alimenta otro amplificador, el cual a su vez, pasa la señal a la etapa de salida. Cuando un objeto conductor se acerca a la cara activa del

detector, el objeto actúa como un condensador. El cambio de la capacitancia es significativo durante una larga distancia. Si se aproxima un objeto no conductor, ( $>1$ ) solamente se produce un cambio pequeño en la constante dieléctrica, y el incremento en su capacitancia es muy pequeño comparado con los materiales conductores”<sup>14</sup>.



Figura 3. Sensor de Proximidad Capacitivo. Fuente [14].

#### **d.2.1.3. Sensor de Proximidad Inductivo**

“Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos.

El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación.

El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado”<sup>14</sup>.





Figura 4. Sensor de Proximidad Inductivo. Fuente [14].

#### **d.2.1.4. Sensor de Proximidad Fotoeléctrico**

*“Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.*

*Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.*

*Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos, los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo o reflexión sobre objetos”<sup>14</sup>.*

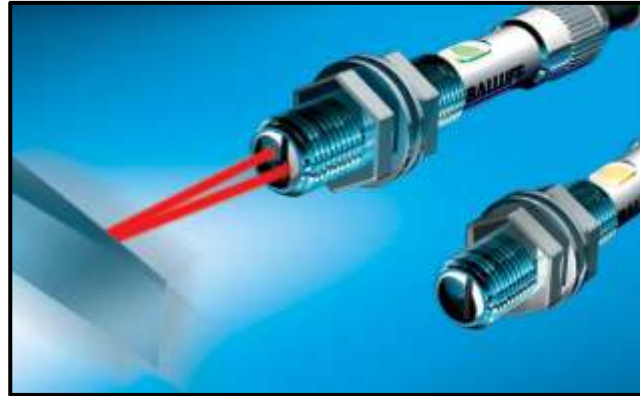


Figura 5. Sensor de Proximidad Fotoeléctrico. Fuente [14].

#### **d.2.1.5. Sensor de Proximidad Infrarrojo**

*“Los sensores ópticos de infrarrojo constan de un par de sensores de proximidad infrarrojos: fotodiodo y fototransistor, estos tienen la ventaja de que no necesitan contacto para detectar un objeto además al trabajar en el espectro de luz infrarrojo no se ven tan afectados por la luz ambiente, sin embargo la luz del sol y de las bombillas contienen cierta cantidad de luz infrarroja que puede afectar el correcto funcionamiento de los sensores. Aunque estos sensores sean muy prácticos no logran captar largas distancias y su pequeño haz hace que se disperse al devolverse la señal”<sup>14</sup>.*



Figura 6. Sensor de Proximidad Infrarrojo. Fuente [14].

#### **d.2.1.6. Sensor de Proximidad Magnético**

*“Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ej. hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura”<sup>14</sup>.*



Figura 7. Sensor de Proximidad Magnético. Fuente [14].

#### **d.2.1.7. Sensor de Proximidad por Ultrasonido**

*“Los sensores ultrasónicos tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a sensar, y al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inicio su conteo al emitir el pulso”<sup>14</sup>.*

*“Los ultrasonidos son una radiación mecánica de frecuencia superior a los audibles (20Khz). Toda radiación al incidir sobre un objeto, en parte se refleja, en parte se transmite y en parte es absorbida. Si además hay un movimiento relativo entre la fuente de radiación y el reflector, se produce un cambio de frecuencia de la radiación (efecto Doppler).*

*Todas estas propiedades de la interacción de una radiación con un objeto han sido aplicadas en mayor o menor grado a la medida de diversas magnitudes físicas. El poder de*

penetración de la radiación permite que muchas de estas aplicaciones sean totalmente no invasivas, es decir, que no acceda al interior del recinto donde se producen los cambios que se desean detectar”<sup>2</sup>.



Figura 8. Sensor de Proximidad por Ultrasonido. Fuente [14].

#### **d.2.2. FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE ULTRASONIDO**

“Los ultrasonidos son antes que nada sonidos, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que nosotros vamos a utilizar sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos”<sup>15</sup>.

“El funcionamiento genérico es bastante simple: se basa en la estimación del tiempo que transcurre entre la emisión de un corto tren de pulsos de ondas ultrasónicas y su recepción después de haber sido reflejado por algún objeto u obstáculo”<sup>15</sup>.

El funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en el siguiente esquema, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos:

---

<sup>15</sup> Diego P. Sensores de Distancia por Ultrasonidos, s/f, (Consulta: Diciembre de 2013), <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>.

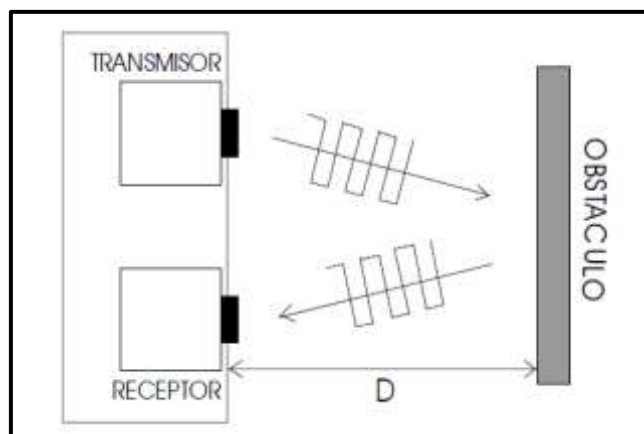


Figura 9. Funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia. Fuente [15]

En este tipo de sistemas el sensor genera un pulso ultrasónico el cual se transmite a través del medio (típicamente aire) hasta que es reflejado por alguna superficie reflectora, midiendo el tiempo entre la transmisión y la recepción del eco, la distancia al reflector puede ser medida indirectamente mediante la ecuación:

$$d = \frac{1}{2} V * t \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Distancia recorrida por una onda.

Dónde:

$V$  = Velocidad del sonido en el medio (km/s).

$t$  = tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso (s).

“De este modo, conociendo la velocidad de propagación, se puede estimar la distancia recorrida por la onda (ida y vuelta al obstáculo); la aplicación de los sensores de ultrasonido para la medición de proximidad o de distancias basadas en el tiempo de vuelo, es más simple y en consecuencia son menos costosas”<sup>15</sup>.

### **d.2.3. PROBLEMAS CON LOS SENSORES DE ULTRASONIDO**

“A pesar de que su funcionamiento parece muy sencillo, existen factores inherentes tanto a los ultrasonidos como al mundo real, que influyen de una forma determinante en las medidas realizadas. Por tanto, es necesario un conocimiento de las diversas fuentes de incertidumbre que afectan a las medidas para poder tratarlas de forma adecuada, minimizando su efecto en el conocimiento del entorno que se desea adquirir. Entre los

diversos factores que alteran las lecturas que se realizan con los sensores de ultrasonido cabe destacar:

- *El campo de actuación del pulso que se emite desde un transductor de ultrasonido tiene forma cónica. El eco que se recibe como respuesta a la reflexión del sonido indica la presencia del objeto más cercano que se encuentra dentro del cono acústico y no especifica en ningún momento la localización angular del mismo. Aunque la máxima probabilidad es que el objeto detectado esté sobre el eje central del cono acústico, la probabilidad de que el eco se haya producido por un objeto presente en la periferia del eje central no es en absoluto despreciable y ha de ser tenida en cuenta y tratada convenientemente”<sup>15</sup>.*

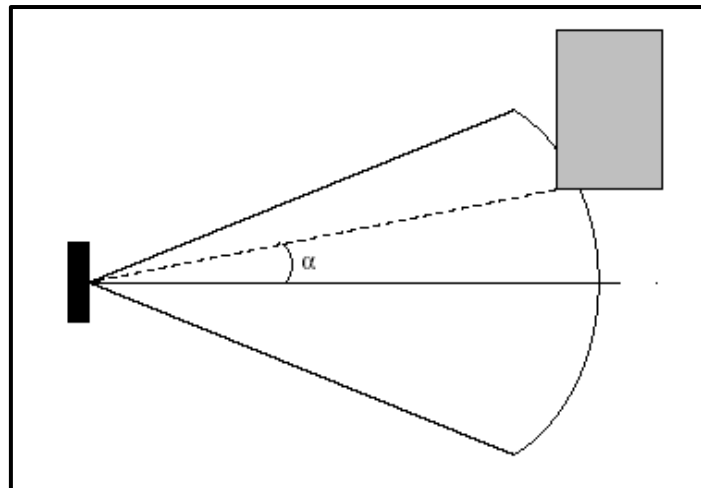


Figura 10. Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido. Fuente [15].

- *“La cantidad de energía acústica reflejada por el obstáculo depende en gran medida de la estructura de su superficie. Para obtener una reflexión altamente difusa del obstáculo, el tamaño de las irregularidades sobre la superficie reflectora debe ser comparable a la longitud de onda de la onda de ultrasonido incidente.*
- *En los sensores de ultrasonido de bajo coste se utiliza el mismo transductor como emisor y receptor. Tras la emisión del ultrasonido se espera un determinado tiempo a que las vibraciones en el sensor desaparezcan y esté preparado para recibir el eco producido por el obstáculo. Esto implica que existe una distancia mínima  $d$  (proporcional al tiempo de relajación del transductor) a partir de la cual el sensor*

mide con precisión. Por lo general, todos los objetos que se encuentren por debajo de esta distancia,  $d$ , serán interpretados por el sistema como que están a una distancia igual a la distancia mínima”<sup>15</sup>.

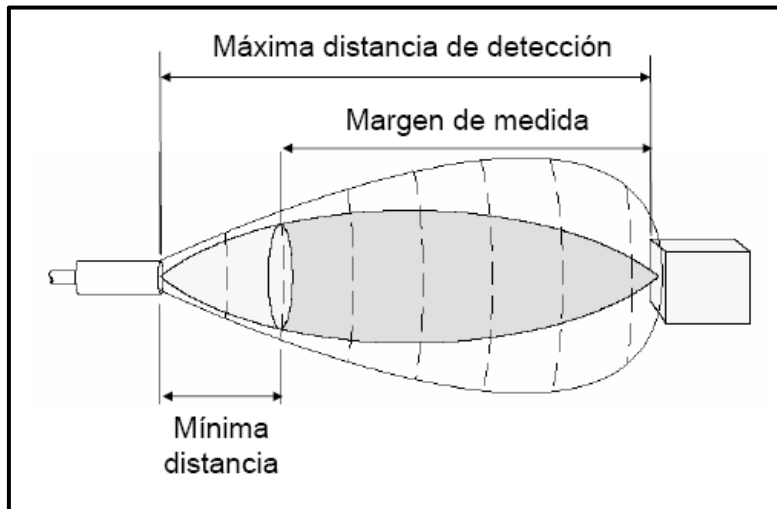


Figura 11. Margen de medida. Fuente [15].

Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas: Las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire. La densidad del aire depende de la temperatura, influyendo este factor sobre la velocidad de propagación de la onda según la expresión:

$$V_s = V_{s0} \sqrt{1 + \frac{T}{273}} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Velocidad de propagación en función de la temperatura.

Dónde:

$V_{s0}$  = Velocidad de propagación de la onda sonora a 0 °C (km/s).

$T$  = Temperatura absoluta (°K).

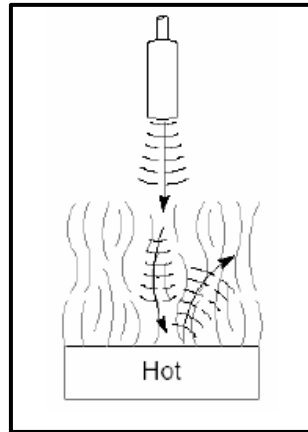


Figura 12. La temperatura afecta a la capacidad de detección. Fuente [15].

- *Un factor de error muy común es el conocido como falsos ecos. Estos falsos ecos se pueden producir por razones diferentes:*
  - *Puede darse el caso en que la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor (si es que incide). Este fenómeno, conocido como reflexiones múltiples, implica que la lectura del sensor evidencia la presencia de un obstáculo a una distancia proporcional al tiempo transcurrido en el viaje de la onda; es decir, una distancia mucho mayor que a la que está en realidad el obstáculo más cercano, que pudo producir la primera reflexión de la onda.*
- *Otra fuente más común de falsos ecos, conocida como crosstalk, se produce cuando se emplea un cinturón de ultrasonidos donde una serie de sensores están trabajando al mismo tiempo. En este caso puede ocurrir (y ocurre con una frecuencia relativamente alta) que un sensor emita un pulso y sea recibido por otro sensor que estuviese esperando el eco del pulso que él había enviado con anterioridad (o viceversa).*



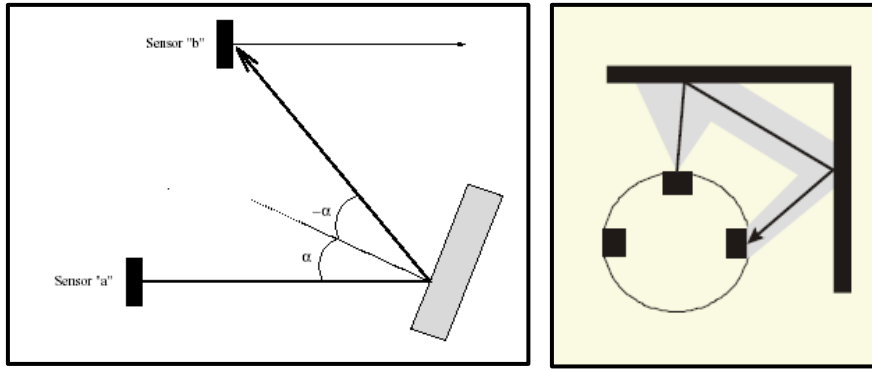


Figura 13. El sensor "a" emite el pulso que recibe el sensor "b". Fuente [15].

- “Las ondas de ultrasonido obedecen a las leyes de reflexión de las ondas, por lo que una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal a la superficie. Esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, el sensor nunca reciba el pulso de sonido que emitió”<sup>15</sup>.

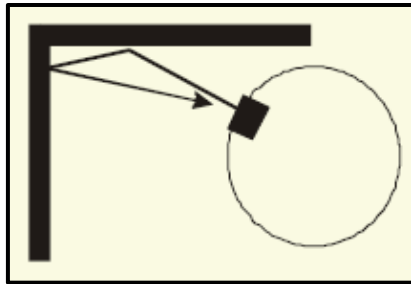


Figura 14. Ángulo de incidencia y reflexión de un ultrasonido. Fuente [15].

### **d.3. CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS**

#### **d.3.1. SELECCIÓN DEL SENSOR**

Para la selección del sensor, se deben tener en cuenta varios factores, entre ellos: la distancia a analizar, el costo del dispositivo y la facilidad de operación. En este sentido se tuvieron en cuenta algunos sensores de proximidad, entre ellos los infrarrojos y de ultrasonido. Primeramente se analizó tanto las características como el funcionamiento de los sensores infrarrojos, llegando a la conclusión que la utilización de este tipo de sensores no es posible debido a su corto alcance, y a que presentan problemas con la luz solar dificultando el censado con un objeto; luego de descartar la utilización de este tipo de sensores se dio paso a los ultrasónicos.

Tras analizar las características de los sensores de ultrasonido se los tomó en consideración debido a su mayor desempeño en las características de distancia, costo y facilidad de operación.

Se tomó en cuenta sensores ultrasónicos tales como el SRF04, el cual es capaz de detectar objetos y calcular su distancia en un rango de 3 a 300cm. Su uso es sencillo y consiste en enviar un pulso de arranque y medir el ancho del pulso de retorno. Necesita una alimentación de 5V y requiere de 30mA para funcionar, además posee una gran precisión y un bajo costo.

También se analizó el sensor SRF05, el cual consiste en una evolución del sensor SRF04, capaz de detectar objetos y calcular su distancia en un rango de 1,7cm a 4m, pero su limitante está en su costo más elevado y en que no se lo encuentra fácilmente en el mercado nacional.

Otra de las opciones fue el sensor ultrasónico SRF08 de la misma empresa fabricante (DEVANTECH Ltd), el cual es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad, además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, pero su

inconveniente está en su costo elevado, al ser uno de los sensores de ultrasonido más costosos en el mercado nacional.

Además se consideró en sensor PING PARALLAX con características similares al SRF04 en cuanto a la distancia y el modo de operación, pero una vez más su limitante fue el costo al semejarse al del sensor SRF08.

Finalmente se investigó acerca del sensor HC-SR04 de la empresa Micropicplus, el cual es capaz de detectar objetos y calcular su distancia en un rango de 2 a 500cm. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, el sensor HC-SR04 destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio, por lo que, luego de analizar todas estas características, lo convierten en el sensor más idóneo para la aplicación del prototipo de bastón. En la tabla 1. Se presentan las características de los diferentes tipos de sensores analizados.

Tabla 1. Características de los diferentes tipos de sensores ultrasónicos. Fuente [El Autor].

<b>SERIE DE SENSOR</b>	<b>TIPO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>DISTANCIA (cm)</b>	<b>COSTO</b>	<b>CONSUMO</b>
<b>SRF04</b>	<b>ULTRÁSÓNICO</b>	<b>DEVANTECH</b>	<b>3 a 300</b>	<b>20,00</b>	<b>30mA</b>
<b>SRF05</b>	<b>ULTRÁSÓNICO</b>	<b>DEVANTECH</b>	<b>1,7 a 400</b>	<b>60,00</b>	<b>4mA</b>
<b>SRF08</b>	<b>ULTRÁSÓNICO</b>	<b>DEVANTECH</b>	<b>3 a 600</b>	<b>65,00</b>	<b>15mA</b>
<b>PING</b>	<b>ULTRÁSÓNICO</b>	<b>PARALLAX</b>	<b>3 a 300</b>	<b>60,00</b>	<b>30mA</b>
<b>HC-SR04</b>	<b>ULTRÁSÓNICO</b>	<b>MICROPICPLUS</b>	<b>2 a 500</b>	<b>15,00</b>	<b>&lt;2mA</b>

### **d.3.2. SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04**

El sensor HC-SR04 es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 500 cm; el sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición; su uso es tan sencillo como enviar un pulso de arranque y medir el ancho del pulso de retorno. Con dimensiones pequeñas (43 x 20 x 15 mm), el sensor HC-SR04 destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio.

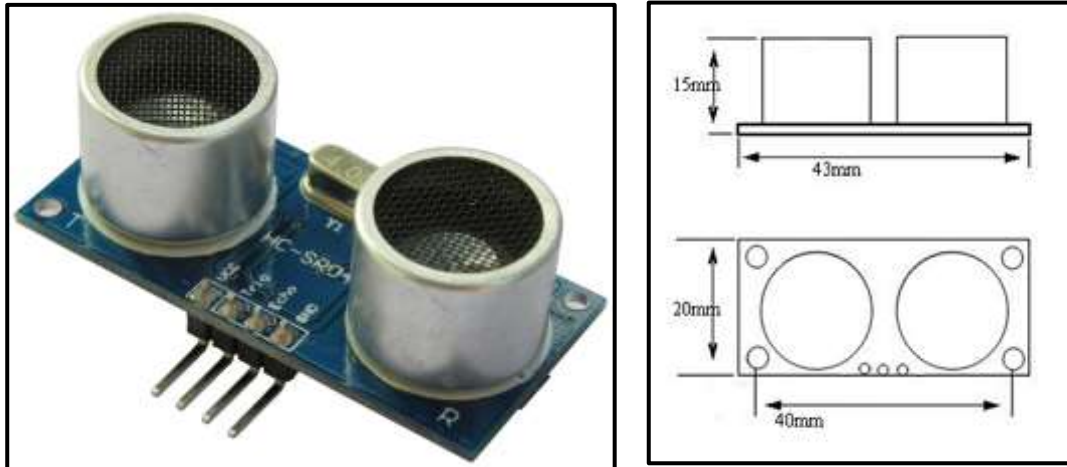


Figura 15. Sensor de Proximidad por Ultrasonido HC-SR04 y sus dimensiones. Fuente [16].

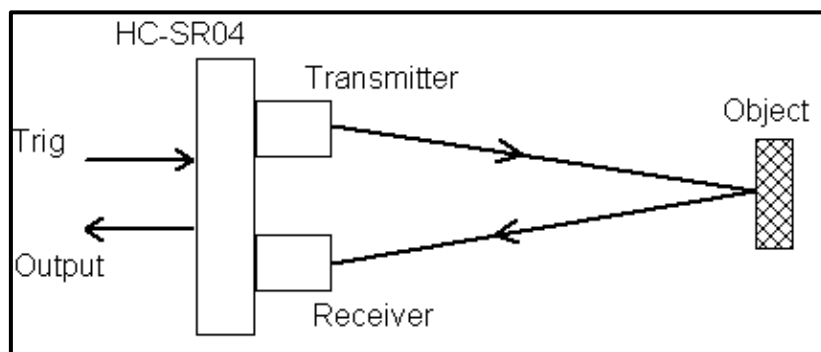


Figura 16. Esquema del modo del trabajo del sensor HC-SR04. Fuente [16].

#### d.3.2.1. Modo de empleo del sensor HC-SR04

Tal y como se muestra en el diagrama de tiempos de la figura 17, el modo de empleo es muy sencillo. Externamente se aplica, un pulso de disparo o trigger. Se inicia la secuencia. El módulo transmite un tren de pulsos o “burst” de 8 ciclos a 40 KHz. En ese momento la señal de salida ECO pasa a nivel ‘1’. Cuando la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto (eco), esta salida pasa de nuevo a nivel ‘0’. El usuario debe medir la duración del pulso de esta señal, es decir, el tiempo en que la señal eco se mantiene a ‘1’.

Con objeto de que el módulo se estabilice, se debe dejar un lapsus de tiempo mínimo de unos 10ms entre el momento en que la señal de eco pasa a ‘0’ y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo o medida.

La duración del pulso eco de salida mínimo es de aproximadamente 110us y el máximo es de 29000  $\mu$ s, en función de la distancia entre las cápsulas del módulo y el objeto. La velocidad del sonido es de 29.15  $\mu$ s/cm que, como realiza un recorrido de ida y vuelta, queda establecida en 58.30  $\mu$ s/cm Así pues el rango mínimo que se puede medir es de 1.9 cm (110  $\mu$ s / 58.3  $\mu$ s/cm) y el máximo de 498 cm (29000 us / 58.3  $\mu$ s/cm).

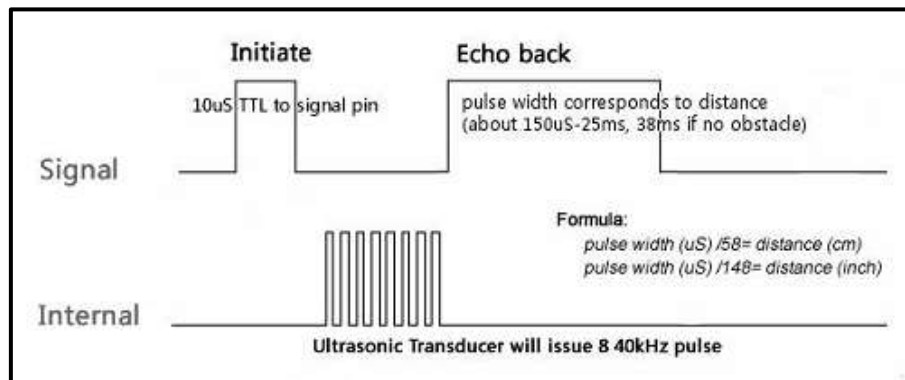


Figura 17. Diagrama de tiempos del sensor HC-SR04. Fuente [17].

#### d.3.2.2. Características Técnicas

En la tabla 2. Se presentan las características técnicas del sensor por ultrasonidos HC-SR04.

Tabla 2. Características técnicas sensor HC-SR04. Fuente [El Autor]

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensiones del circuito	43 x 20 x 15	mm
Tensión de alimentación	5	Vcc
Consumo	<2	mA
Frecuencia de trabajo	40	KHz
Rango máximo	500	cm
Rango mínimo	2	cm
Resolución	0,3	cm
Ángulo eficaz	<15	°
Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL)	10	uS
Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	29000 max	uS
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	20	mS
Peso	10	gr

El Rango efectivo del sensor SRF04 es de unos 30° como puede verse en el siguiente diagrama.

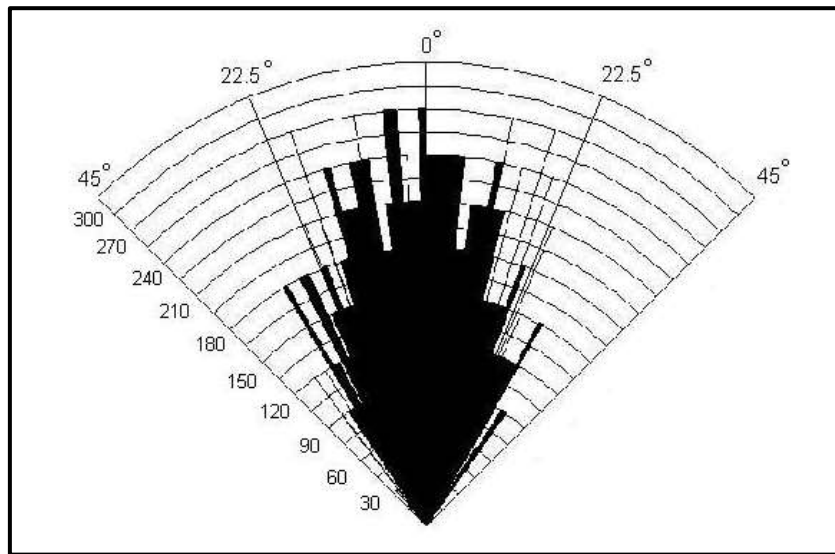


Figura 18. Rango efectivo del sensor HC-SR04. Fuente [17].

#### d.3.2.3. Conexión del sensor HC-SR04

El módulo emplea tan sólo 4 conexiones. Estas se muestran en la figura 19.

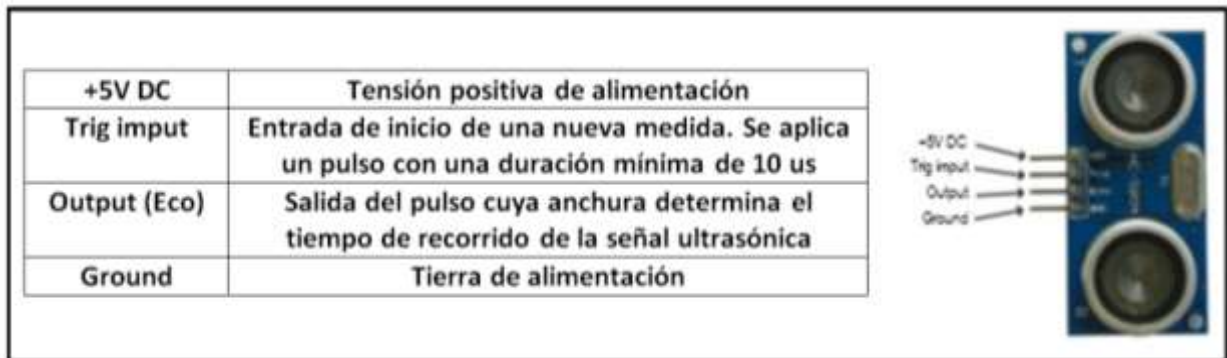


Figura 19. Esquema de conexión del HC-SR04. Fuente [El Autor].

#### d.3.3. MICROCONTROLADOR PIC 16F628A

El PIC 16f628A es un microcontrolador fabricado por la empresa MICROCHIP TECHNOLOGY INC, es uno de los microcontroladores más utilizados, debido a su gran versatilidad, bajo consumo de potencia, fácil manejo y gran disponibilidad de herramientas para su programación.

El PIC 16f628a es un microcontrolador de 8 bits, posee una arquitectura RISC avanzada, así como un juego reducido de 35 instrucciones. Este microcontrolador es el remplazo del obsoleto pic16f84a, los pines del pic16f628a son compatibles con el pic16f84a. A continuación se presenta una figura del PIC16f628A con su correspondiente diagrama de terminales.

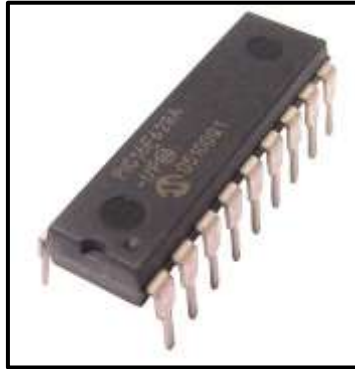


Figura 20. PIC 16f628A. Fuente [El Autor].

#### d.3.3.1. Diagrama de terminales del PIC 16f628a y sus funciones especiales

Excluyendo los dos terminales de alimentación, todos los 16 terminales pueden ser configurados como entradas o salidas, algunos de ellos tienen funciones especiales como se pueda apreciar en la tabla 3. A continuación se muestra el diagrama de terminales.

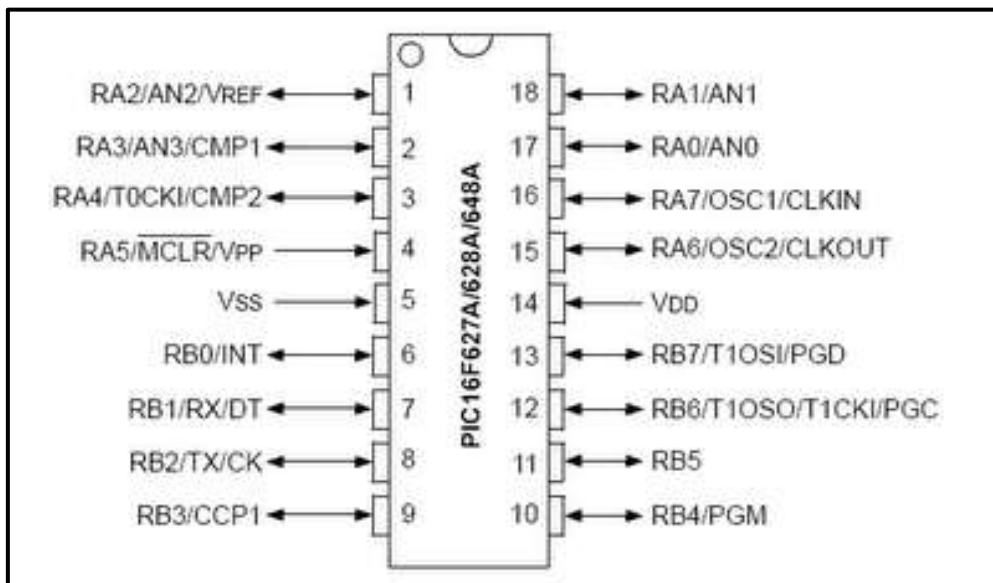


Figura 21. Diagrama de terminales del PIC 16f628A. Fuente [20].

Tabla 3. Descripción del diagrama de terminales del PIC16f628A con sus funciones especiales.

Fuente [20].

PIN	NOMBRE	DESCRPCIÓN
17	RA0/AN0	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo
18	RA1/AN1	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo
1	RA2/AN2/VREF	Pin bidireccional I/O, entrada comp. Análogo y Voltaje de referencia
2	RA3/AN3/CMP1	Pin I/O, entrada comparador análogo y salida comparador análogo 1
3	RA4/TOCKI/CMP2	Pin I/O, entrada reloj TIMER0y salida comparador análogo 2
4	RA5/MCLR/VPP	Pin de entrada, en modo MCLR activa RESET externo
15	RA6/OSC2/CLKOUT	Pin I/O, entrada oscilador externo, salida de ¼ de la frecuencia OSC 1
16	RA7/OSC1/CLKIN	Pin I/O, entrada oscilador externo, entrada de reloj externo
6	RB0/INT	Pin I/O, resistencia Pull-Up programable, entrada de interrupción ext
7	RB1/RX/DT	Pin I/O, resist Pull-Up programmable, entrada dato RS232, I/O dato serial asincrónico
8	RB2/TX/CK	Pin I/O, resist Pull-Up programable, salida dato RS232, I/O señal reloj asincrónico
9	RB3/CPPI	Pin I/O, resist Pull-Up programable, módulo CPP/PWM entrada o salida
10	RB4/PGM	Pin I/O, resist Pull-Up, entrada de voltaje bajo de programación
11	RB5	Pin I/O, resist Pull-Up programmable.
12	RB6/T1OSO/T1CKI	Pin I/O, resist Pull-Up, salida oscilador TIMER1, entrada reloj de ICSP
13	RB7/T1OSI	Pin I/O, resist Pull-Up, entrada oscilador TIMER1, I/O datos de ICSP

#### d.3.3.2. Características principales del PIC 16f628a

Las características más sobresalientes del PIC 16f628A son:

- Procesador con arquitectura Harvard.
- Rango de operación desde 3V. hasta 5.5V.
- Programable con bajo voltaje LPV (5V).
- 8 niveles de Pila.
- 15 pines de I/O y 1 sólo de entrada (RA5).
- Pin RA5 MCLR programable como reset externo o pin de entrada.
- Conjunto reducido de instrucciones RISC (35) gama media.
- Oscilador interno RC (resistencia condensador) de 4 MHZ calibrado de fábrica al  $\pm 1$  %.
- Velocidad de operación hasta 20 MHZ con oscilador externo.
- Admite 8 configuraciones de oscilador.



- Instrucciones de un ciclo excepto los saltos (200nS por instrucción a 20 MHZ).
- Resistencias Pull-Up programables en el puerto B.
- Temporizador Perro guardián WDT independiente del oscilador.
- Programación serial en Circuito ICSP por 2 pines: RB6 reloj y RB7 datos.
- Código de protección programable por sectores.
- Memoria de programa FLASH 2048K. de 100.000 ciclos escritura/borrado.
- Memoria de datos EEPROM de 1.000.000 ciclos escritura/borrado de 100 años retención.
- 2 circuitos comparadores análogos con entradas multiplexadas.
- 3 Timers, Timer 0 a 8 bits, Timer 1 a 16 bits y Timer 2 a 8 bits.
- Módulos CCP, Captura compara 16 bits, y PWM, modulación de ancho de pulso 10 bits.
- 10 fuentes de interrupción.
- Módulo de comunicación serial USART/SCI.
- Capacidad de corriente para encender leds directamente (25 mA I/O) por cada pin.

### **d.3.3.3. Tipos de memoria del PIC 16f628a**

#### **d.3.3.3.1. Memoria flash**

Esta memoria es de tipo no volátil en esta memoria ira nuestro programa que realicemos. El pic16f628a tiene una capacidad de 2048 words esto se podría traducir a 2048 líneas de código que podemos escribir en lenguaje ensamblador para este microcontrolador.

#### **d.3.3.3.2. Memoria RAM**

Esta memoria sirve para guardar datos y variables, esta memoria es de tipo volátil es decir perderá la información cuando desaparezca la alimentación. La memoria RAM que posee el microcontrolador pic16f628a es de 224 bytes.

#### **d.3.3.3.3. Memoria EEPROM**

Es una memoria de tipo no volátil de poca capacidad sirve para guardar datos aun cuando deje de recibir alimentación la información no se perderá. La memoria EEPROM que posee el pic16f628a es de 128bytes.

#### d.3.3.4. Tipos de osciladores

El PIC 16f628A puede ser operado en ocho diferentes modos de oscilador:

- RC, Oscilador con resistencia y condensador (2 modos).
- XT, Cristal de cuarzo.
- HS, Cristal de alta velocidad.
- LP, Cristal de baja frecuencia y bajo consumo de potencia.
- INTOSC, oscilador interno de precisión de 4mhz (2 modos).
- EC, señal externa de entrada de reloj.

#### d.3.4. MULTIPLEXOR 74LS151

El circuito integrado TTL 74151, contiene un multiplexor con ocho entradas de datos y una salida. Tiene una entrada de inhibición (STROBE G) activa a nivel bajo (0V) y tres entradas de selección (SELECT A, B y C), y además necesita una alimentación nominal de 5V para funcionar.

##### d.3.4.1. Puertos del multiplexor 74LS151

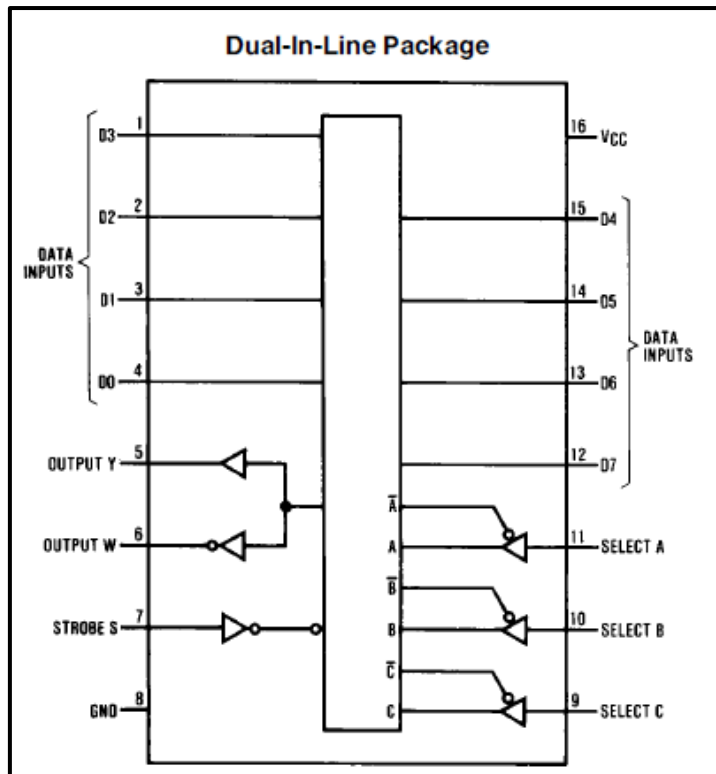


Figura 22. Diagrama de Puertos del Multiplexor 74LS151. Fuente [21].

### d.3.4.2. Funcionamiento

El funcionamiento de un multiplexor es parecido al de un conmutador, pero en vez de accionarlo manualmente, se acciona mediante un código binario. El multiplexor consta de 8 entradas y 1 salida y también 3 entradas de control. Las entradas de control son las que conmutan cada entrada con la salida. Además cuando el STROBE (G) está a nivel bajo, las entradas SELECT A, B y C seleccionan el canal cuyo dato aparecerá en la salida, tal como se observa en la figura 23.

ENTRADAS				SALIDAS	
SELECT			STROBE	Y	
C	B	A			
X	X	X	1		0
0	0	0	0		C0
0	0	1	0		C1
0	1	0	0		C2
0	1	1	0		C3
1	0	0	0		C4
1	0	1	0		C5
1	1	0	0		C6
1	1	1	0		C7

X= estado indiferente  
1= nivel alto (5V)  
0= nivel bajo (0V)

Figura 23. Tabla de funcionamiento del Multiplexor 74LS151. Fuente [22].

### d.3.4.3. Tabla de verdad

A continuación se muestra la tabla de verdad del multiplexor 74LS151.

Tabla 4. Tabla de verdad del multiplexor 74LS151. Fuente [El Autor].

ENTRADAS												SALIDA	
C	B	A	STROBE	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Y	W
X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	0	1
0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	0	1
0	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	1	0
0	0	1	0	X	0	X	X	X	X	X	X	0	1
0	0	1	0	X	1	X	X	X	X	X	X	1	0
0	1	0	0	X	X	0	X	X	X	X	X	0	1
0	1	0	0	X	X	1	X	X	X	X	X	1	0
0	1	1	0	X	X	X	0	X	X	X	X	0	1
0	1	1	0	X	X	X	1	X	X	X	X	1	0
1	0	0	0	X	X	X	X	0	X	X	X	0	1
1	0	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	1	0
1	0	1	0	X	X	X	X	X	0	X	X	0	1
1	0	1	0	X	X	X	X	X	1	X	X	1	0
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	0	X	0	1
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	1	X	1	0
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	1	1	0

#### d.3.4.4. Esquema de entradas y salidas

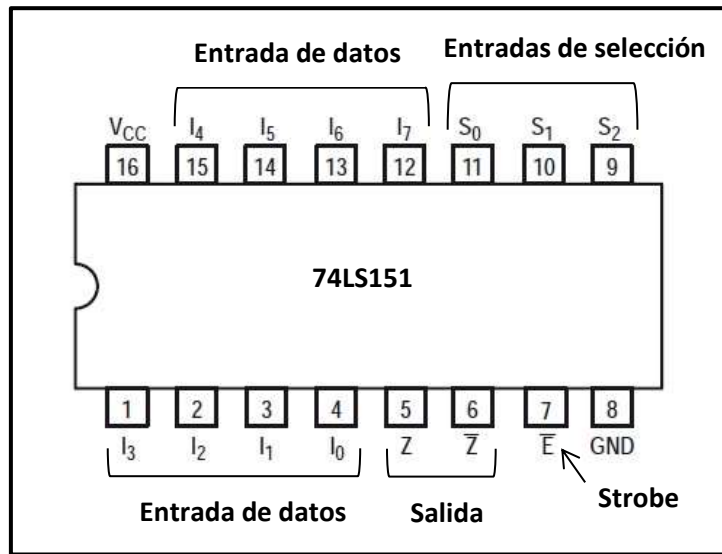


Figura 24. Esquema de entradas y salidas del Multiplexor 74LS151. Fuente [El Autor].

#### d.3.5. Motor de Vibración

El motor vibrador permitirá dar una forma de aviso para alertar a la persona no vidente, y gracias a su tamaño y peso se adaptará de manera idónea al módulo de bastón electrónico.

El motor utilizado es el que por lo general se lo utiliza en los teléfonos celulares, el mismo se muestra en la figura 25, esté motor trabaja emitiendo ondas vibratorias y presenta algunas características y condiciones de operación, las mismas se muestran en la tabla 5.



Figura 25. Motor de Vibración, vista externa. Fuente [El Autor].

Tabla 5. Especificaciones técnicas del motor de vibración. Fuente [El Autor].

<b>Tamaño</b>	<b>10 mm de diámetro, altura 2,0 mm</b>
<b>Peso</b>	<b>0,8 g</b>
<b>Voltaje de funcionamiento recomendada</b>	<b>2.5 a 3.5 V</b>
<b>Velocidad a 3 V</b>	<b>14.500 rpm (12.000 RPM min)</b>
<b>Corriente libre del motor a 3 V</b>	<b>60 mA (80 mA máximo)</b>
<b>Corriente de arranque a 3 V</b>	<b>120 mA máx</b>
<b>Resistencia del motor</b>	<b>29 ± 6 Ω</b>
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	<b>-10 ° C a 60 ° C</b>

#### d.3.6. Parlante Zumbador HYDZ

El zumbador, es un transductor electro acústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. Sirve como mecanismo de señalización o aviso. Su construcción consta de dos elementos, un electroimán y una lámina metálica de acero. El zumbador puede ser conectado a circuitos integrados especiales para así lograr distintos tonos. Cuando se acciona, la corriente pasa por la bobina del electroimán y produce un campo magnético variable que hace vibrar la lámina de acero sobre la armadura.

El parlante utilizado se muestra en la figura 26, éste es un pequeño zumbador de la serie HYDZ el mismo que trabaja de 5VDC a 9VDCmáx, y tiene una corriente nominal 30mA.

Este zumbador se adapta de manera óptima a las características del prototipo de bastón, ya que su precio es muy bajo, su peso de apenas unos cuantos gramos permite adaptarlo fácilmente al sistema y además es capaz de generar un chillido suficiente para alertar a la persona invidente de un posible obstáculo.



Figura 26. Parlante zumbador HYDZ, vista externa. Fuente [El Autor].

**e. MATERIALES Y MÉTODOS**

**e.1. CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO**

**e.1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL BASTÓN ELECTRÓNICO**

En la figura 27 se muestra cada uno de los bloques con los que consta el sistema del prototipo de bastón electrónico, los mismos que serán descritos a continuación:

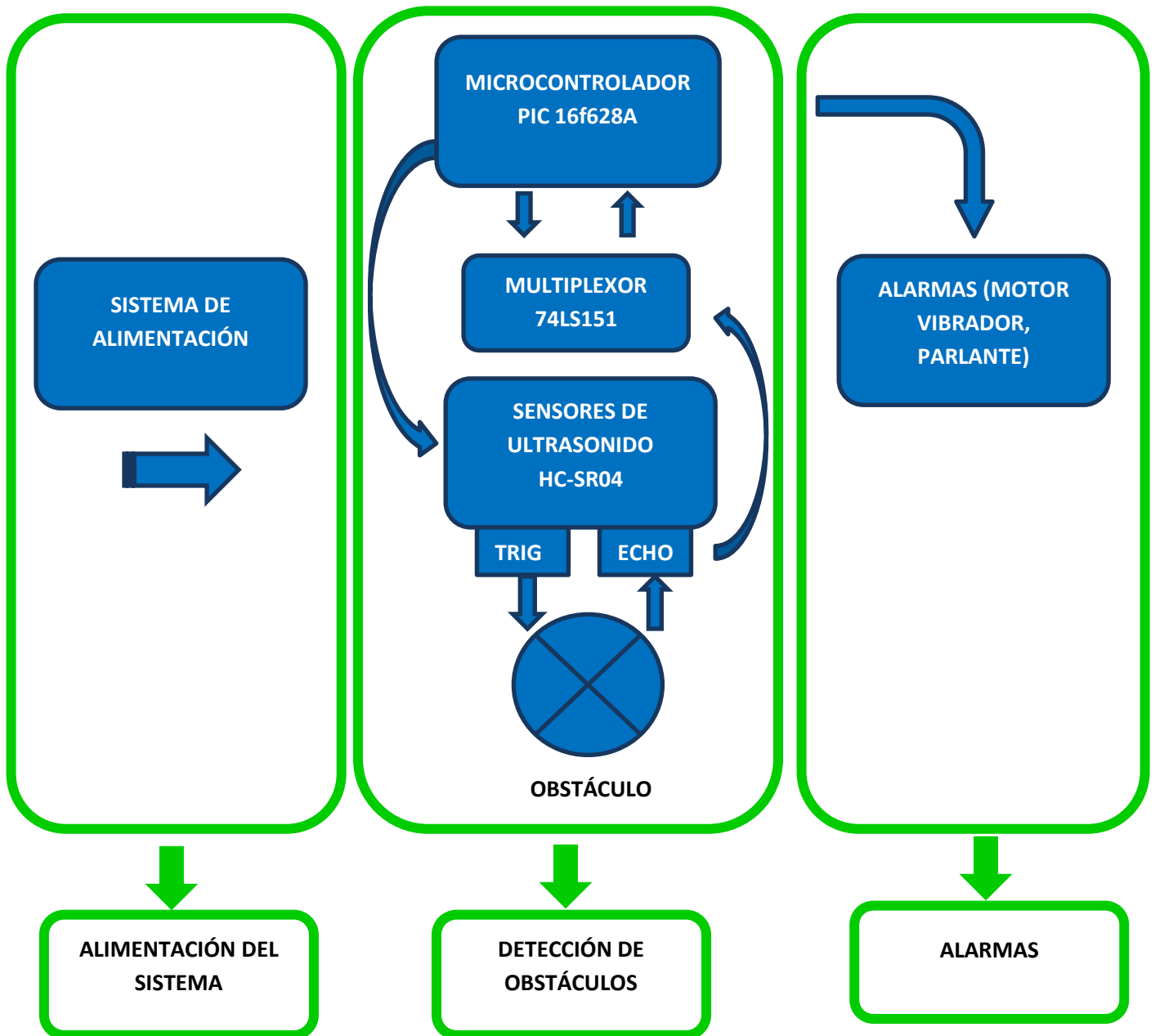


Figura 27. Diagrama de bloques para el desarrollo del bastón electrónico. Fuente [El Autor].

### **e.1.2. Etapa de Alimentación del Sistema**

En esta etapa se describirá todo lo referente al diseño del circuito de alimentación del dispositivo, el cuál abastecerá de energía a cada uno de los componentes del sistema, permitiendo un correcto funcionamiento; esta etapa se diseñó con el objetivo de dar la característica de portabilidad al dispositivo, para lo cual se utilizó como fuente de alimentación del sistema una pila o batería recargable de 9V y de 250mAh, la misma que permitirá un uso permanente del bastón aproximadamente por 6 horas, y además permitirá al usuario recargar las baterías para poder continuar de manera normal con el uso del módulo o bastón.

El circuito mostrado en la figura 28 presenta el sistema de alimentación para la etapa de detección de obstáculos, debido a que los dispositivos de esta etapa necesitan de 5VDC para trabajar, y se está utilizando una batería de 9VDC, se requirió un regulador de voltaje LM7805 para realizar este cambio de voltaje; este circuito integrado entrega un voltaje fijo y estable a su salida, a pesar de que puedan existir variaciones en el voltaje de entrada, es decir regula la tensión de alimentación a 5VDC y 5mA y tiene una corriente de entrada de 1.5A. Este circuito integrado puede ser conectado con una tensión de alimentación de hasta 30V, y además es aconsejable conectar una pequeña placa de aluminio, la cual trabaje como disipador del calor generado cuando el dispositivo es conectado a una tensión superior a 15V, en este caso no se utilizará dicha placa debido a que únicamente se utilizará una batería de 9V por lo que el calor generado será mínimo.

Además para trabajar con baterías sólo basta con conectar la entrada del CI (PIN 1) al terminal positivo de la misma y el común (PIN 2) al negativo, a la salida tendremos los 5V que es la tensión de trabajo del microcontrolador PIC 16f628A, de los sensores de ultrasonido HC-SR04 y del multiplexor 74LS151; asimismo como se puede apreciar en la figura se añadió un capacitor de 100uF, entre GND y la salida, para eliminar cualquier fluctuación de voltaje que pueda ocurrir, esto es recomendable hacerlo siempre con el microcontrolador independientemente del origen que tenga la alimentación.

Finalmente se añadió un switch que permitirá el encendido y apagado del sistema por parte del usuario.

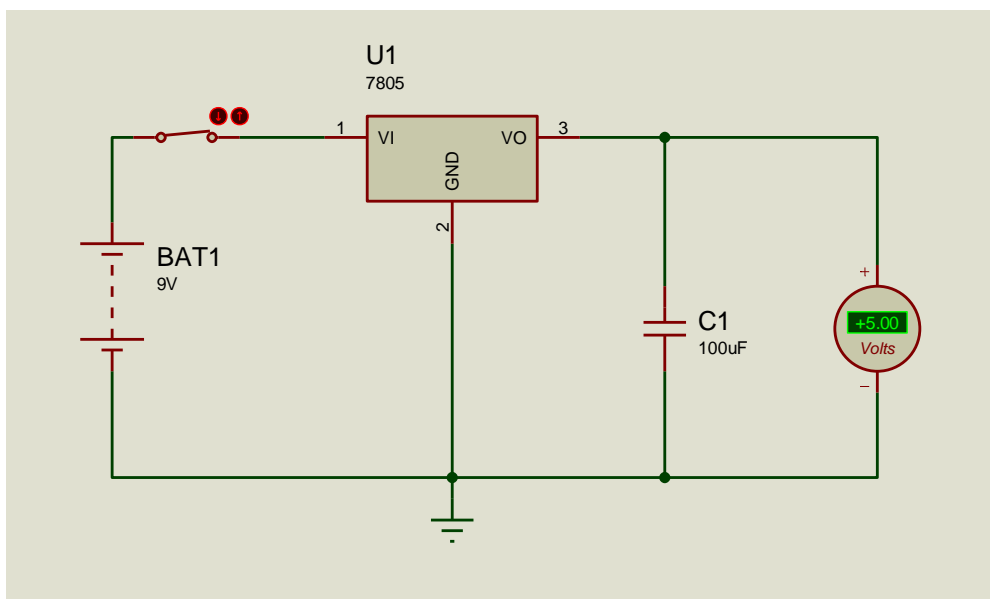


Figura 28. Etapa de Alimentación del Sistema. Fuente [El Autor].

### e.1.3. Etapa de detección de obstáculos

Esta etapa es la encargada del procesamiento de las señales indicadoras de un posible obstáculo, las mismas que provienen de los sensores de ultrasonido HC-SR04, y serán recibidas por el multiplexor 74LS151 que será el encargado de seleccionar una sola señal, para que la misma posteriormente pase al microcontrolador y sea receptada a través del puerto RB.1 del microcontrolador 16f628A el cual se encargará de procesarla.

Como se muestra en la figura 29 primeramente se envía un pulso con una duración de 10us a través del pin RB.0 del microcontrolador hacía la entrada de cada sensor correspondiente al pin TRIG, esto con el objetivo de inicializar los sensores para que empiecen a trabajar, estos sensores van a permanecer trabajando y enviando pulsos de respuesta, hacía las entradas del multiplexor, estas señales determinarán la distancia al objeto en base a la duración del pulso, los rangos previamente establecidos para los sensores mediante la programación son: sensor 1 (entre 10 y 100cm), sensor 2(entre 10 y 120cm) y sensor 3 (entre 10 y 100 cm); el microcontrolador es el encargado de procesar las señales provenientes de la salida del multiplexor y determinar si existe o no una obstrucción presente, si existe obstáculo dará paso a la activación de las alarmas, caso contrario se seguirá realizando el censado mediante el módulo de bastón.



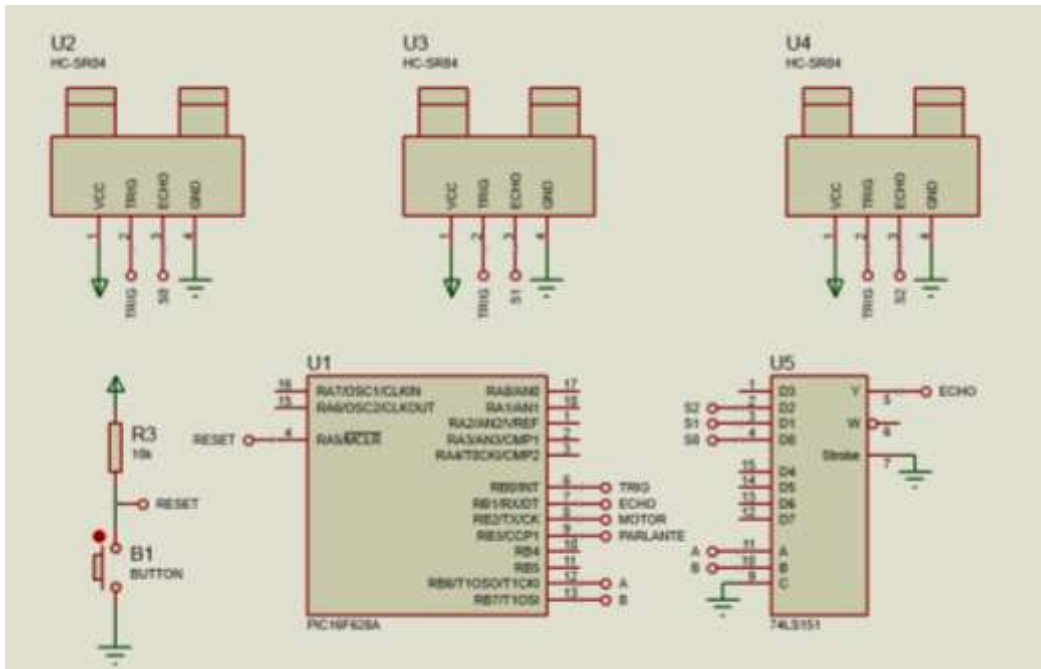


Figura 29. Etapa de detección de obstáculos del sistema. Fuente [El Autor].

#### e.1.4. Etapa de activación de las alarmas del sistema

Esta etapa es la encargada de enviar avisos o alertas luego de que las señales han sido procesadas por el microcontrolador, a través de los dos métodos de alarmas escogidos, los cuales son: el motor vibrador y el parlante zumbador, para que la persona invidente pueda estar atenta y de esta manera pueda esquivar o evadir cada uno de los obstáculos que se le vayan presentando. Dichas alarmas fueron escogidas para que se complementen a la vez, ya que por ejemplo si la persona invidente presenta otra discapacidad como la sordera, el motor de vibración será el encargado de enviar la señal de alarma ante un posible obstáculo.

Para el circuito de activación de alarmas, tanto de vibración como de sonido se utilizó un pequeño motor como el utilizado en los teléfonos celulares y un pequeño parlante de baja impedancia respectivamente.

##### e.1.4.1. Circuito de activación del motor de vibración

El circuito utilizado para la operación del motor de vibración se muestra en la figura 30. Se utiliza un transistor 2N3904, el mismo que funcionará como dispositivo de conmutación para la activación y desactivación del motor. Este circuito es manipulado a

través de un pin del microcontrolador en este caso RB.2, además el circuito cuenta con dos diodos los mismos que sirven para reducir el voltaje que activará al motor ya que este trabaja a un voltaje en un rango de 2.5 a 3.5VDC.

Cada uno de los diodos permitirá una caída de tensión de 0.71V, por lo tanto entre los dos se obtendrá un voltaje de 1.42; restado de los 5V (voltaje de alimentación), se obtiene 3.58V. Además hay que restar el voltaje que se encuentra en el transistor en el momento de la saturación, que es de 0.47; con lo que se obtiene un total de 3.10V aproximado, voltaje suficiente para la activación del motor de vibración.

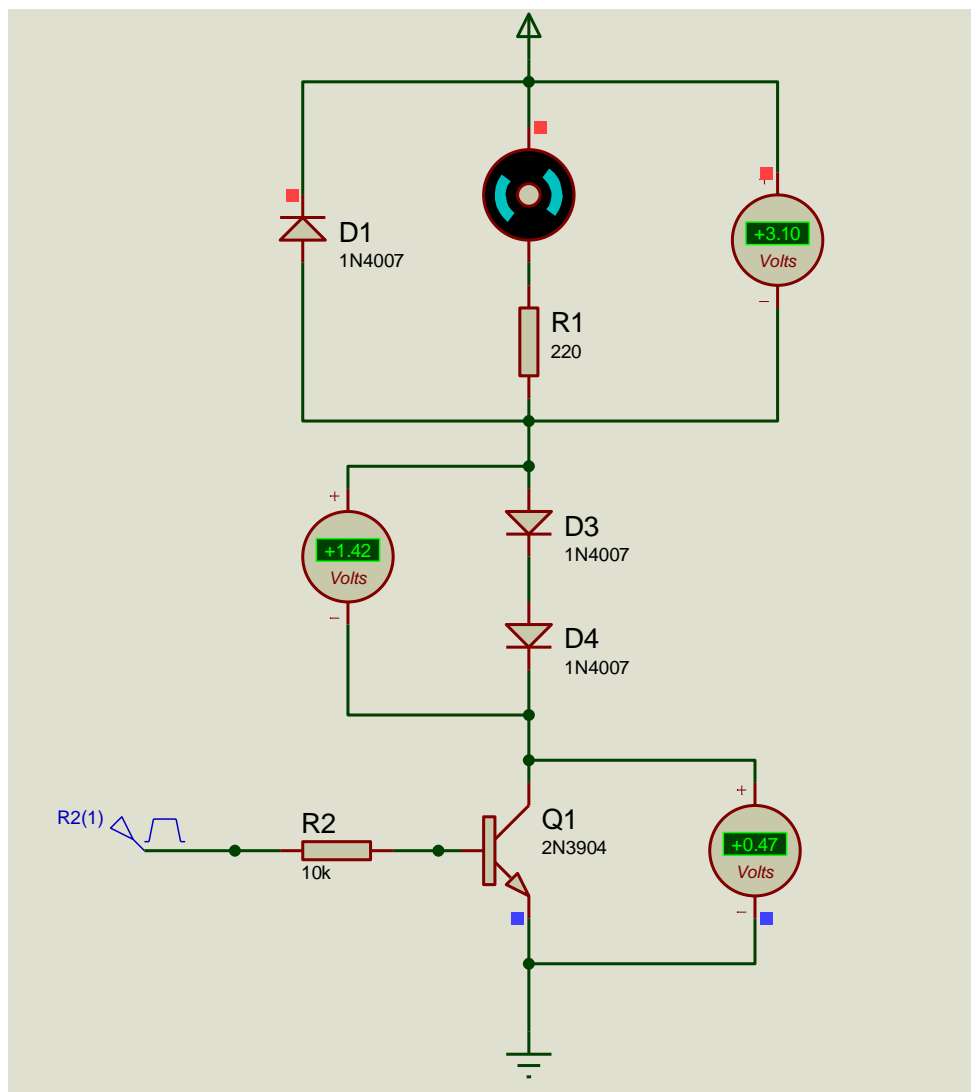


Figura 30. Etapa de activación de las alarmas del sistema (motor vibrador). Fuente [El Autor].

Debido a que el motor es una carga de tipo inductiva, es necesario colocar un diodo en paralelo, para de esta manera proteger al transistor en el momento del apagado.

#### e.1.4.2. Circuito de activación del parlante zumbador

El circuito utilizado para la operación del parlante zumbador se muestra en la figura 31. Se utiliza un transistor 2N3904, que de la misma manera como en el caso del motor vibrador funcionará como dispositivo de conmutación para la activación y desactivación del parlante, además un capacitor de 22 $\mu$ f a 16voltios que actúa como batería de la alarma, para no disipar el sonido si se hace trabajar el dispositivo continuamente. Este circuito es manipulado a través de un pin del microcontrolador (RB.3), el objetivo al momento del diseño de todos estos circuitos es que sean lo más sencillos y fáciles de armar posibles, facilitando así la reparación de los mismos en caso de presentarse alguna avería.

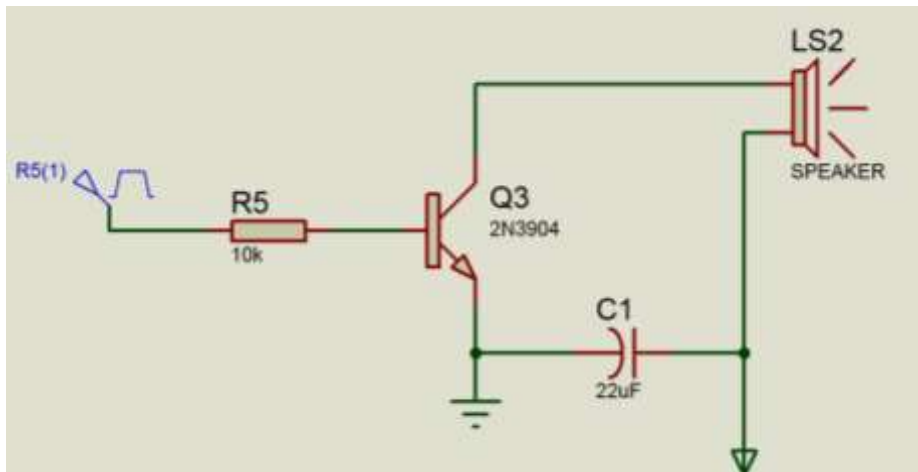


Figura 31. Etapa de activación de las alarmas del sistema (parlante zumbador).

Fuente [El Autor].

## e.2. CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL BASTÓN ELECTRÓNICO

### e.2.1. CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO

Para llevar a cabo la implementación del prototipo de bastón primeramente se contó con un bastón blanco tipo plegable (figura 32), el mismo que se lo encuentra fácilmente en el mercado nacional, el cual tiene una longitud de 1,2m y está conformado por un tubo hueco con un diámetro de 1,3cm. Fabricado de aluminio, es liviano y posee un puño con agarradera de color negro para facilitar su enganche, además de presentar la facilidad de plegarse en 4 partes con lo cual facilita su almacenaje, también presenta una cubierta de material reflectante a la luz para pueda ser visualizado con facilidad, todas estas características proporcionan un fácil manejo a la persona que lo usa, es por estas razones que se ha considerado idóneo el uso de este bastón para adaptarlo al prototipo del sistema.

A dicho bastón se le incorporará 3 sensores de ultrasonido HC-SR04, ubicados en la parte frontal del mismo, para de esta manera detectar todos los objetos que se presenten frente a la persona no vidente. Además fueron necesarias otras adecuaciones al dispositivo, tanto en la parte superior e inferior, las mismas se presentan a continuación.



Figura 32. Bastón blanco tipo plegable para no videntes con estuche. Fuente [El Autor].

### e.2.1.1. Parte Superior

Para el alojamiento del circuito principal del dispositivo se contó con una caja de plástico de (8.5 x 6 x 3.5) cm, la misma que facilito el acople de los componentes principales al bastón blanco.

Además se debió acoplar un porta baterías para que la pila de 9V recargable pueda ser fácilmente removible cada vez que se requiera renovar su carga, con esto se garantiza el correcto funcionamiento del dispositivo.



*Figura 33. Caja con el circuito principal del sistema junto con el porta baterías. Fuente [El Autor].*

Para el alojamiento del motor vibrador se acopló una pequeña pieza de plástico en el extremo superior, luego se lo introdujo en el mango del bastón de manera q sea imperceptible a la vista, y además tomando en cuenta que al momento de activarse la vibración pueda ser captada por la persona no vidente. Luego también se forró la parte superior del mango del bastón con cuero sintético negro para dar un mejor acabado al dispositivo.



*Figura 34. Pieza de alojamiento del motor vibrador. Fuente [El Autor].*

#### **e.2.1.2. Parte Inferior**

Se retiró la punta de la parte inferior o también conocida como contera y se la sustituyó con una llanta pequeña de 1.5cm de alto y 3.5cm de diámetro, la cual está fabricada de material plástico resistente, y permite movimientos giratorios de 360° permitiendo de esta manera poder deslizar el dispositivo sin que este se atranque por las irregularidades del piso.



*Figura 35. Llanta giratoria acoplada al bastón. Fuente [El Autor].*

### e.2.1.3. Acoplamiento y ubicación de Sensores

Para el acoplamiento de los sensores de ultrasonido se optó por la fabricación de pequeñas piezas de material acrílico tipo caja con el tamaño justo de cada sensor y con pequeños orificios centrales en la parte de los transductores de cada dispositivo actuador para no interferir con las ondas emitidas y recibidas, la función de estas piezas es fijar los sensores al tubo del bastón blanco y además protegerlos de agentes externos o simplemente de algún daño que puedan sufrir si estuviesen a la intemperie.



*Figura 36. Piezas de acrílico para acoplamiento de sensores. Fuente [El Autor].*

Para la ubicación de los sensores se tomó en cuenta diferentes ángulos y alturas para de esta manera poder detectar distintos obstáculos, tanto aéreos, frontales como también impedimentos o irregularidades que se encuentren a ras del piso.

De esta manera el sensor ultrasónico #1 se encuentra ubicado a una altura de 95cm aproximadamente, es el encargado de detectar obstáculos que se encuentren en el rango de los 10 a 100cm, obstáculos como las ramas de un árbol, el espejo retrovisor de un camión o impedimentos a la altura de la cabeza de la persona no vidente.

El sensor ultrasónico #2 se encuentra ubicado a una altura de 70cm aproximadamente, y con un ángulo de 25° enfocado hacia abajo, este sensor detectará obstáculos en el rango de los 10 a los 120cm, previniendo de objetos tales como paredes o impedimentos que se encuentren a la altura de la cintura de la persona invidente.

El sensor ultrasónico #3 se encuentra ubicado a una altura de 12cm aproximadamente y con un ángulo de 25° enfocado hacia abajo es el encargado de detectar obstáculos que

se encuentren en el rango de los 10 a 100cm, obstáculos a ras del piso con los cuales el discapacitado pueda tropezar o caer, tales como baches, gradas, veredas, piedras o deformaciones que se encuentren en el terreno por donde circula la persona discapacitada.

En la figura 37 se muestra la ubicación de cada uno de los sensores con su haz de radiación efectivo, el cual es de aproximadamente 30°, cabe indicar que cada una de las alturas a las cuales se encuentran ubicados los sensores fueron pensadas para que los lóbulos de radiación no interfieran entre sí.

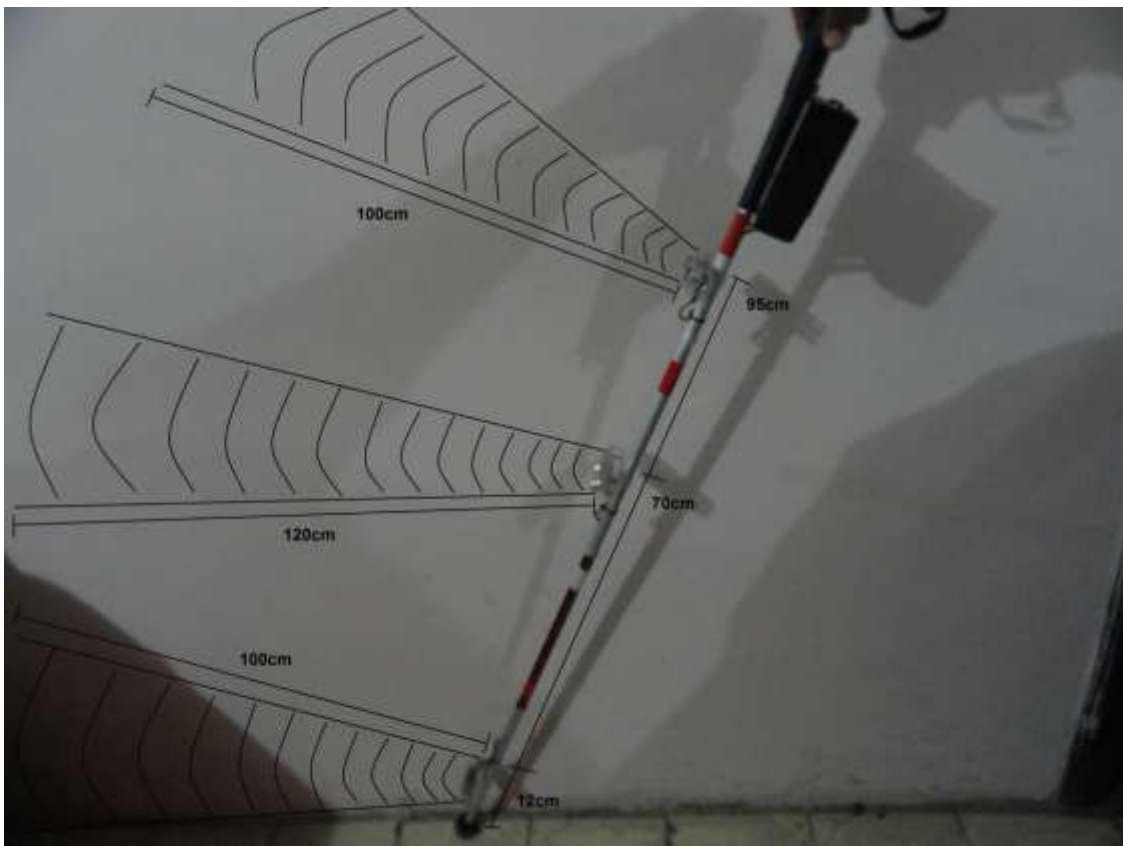


Figura 37. Piezas de acrílico para acoplamiento de sensores. Fuente [El Autor].

Cabe indicar que todo el cableado para los sensores y para el motor vibrador se lo realizó internamente, aprovechando que el tubo del bastón es totalmente hueco, con esto se logró dar un mejor acabado al dispositivo, además de prevenir cualquier molestia que pueda generar tener cables sueltos y fuera del bastón.



## **e.2.2. SOFTWARE DEL BASTÓN**

### **e.2.2.1. Desarrollo del Software**

El diseño del software del prototipo de bastón electrónico constituye una de las partes más importantes ya que mediante este, el microcontrolador que será el que actúe como cerebro del dispositivo, podrá comunicarse y enviar todas las órdenes para los demás dispositivos como sensores, multiplexor, y circuitos de alarmas.

Para el desarrollo del software del prototipo de bastón se ha utilizado el lenguaje de programación Basic mediante el compilador Pic Basic Pro (PBP), por lo que este lenguaje es fácil de interpretar, ya que al ser un lenguaje de alto nivel es el que más entendemos los humanos, por lo cual permite una manera de programar microcontroladores más fácil y rápida.

A continuación se muestra los diagramas de flujo del sistema, los mismos que permitieron la realización del código del programa.

e.2.2.2. Diagramas de flujo del programa

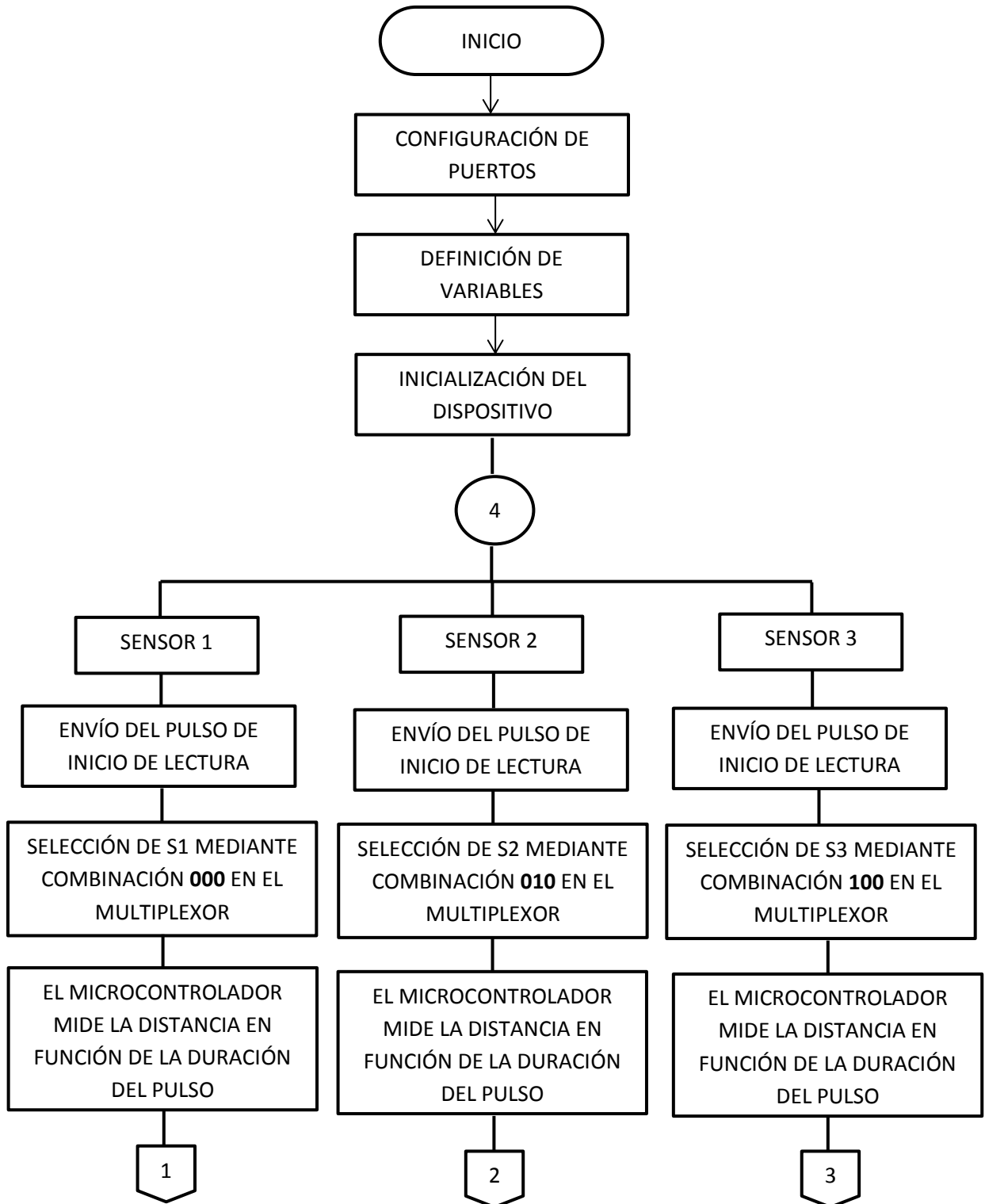


Figura 38. Diagrama de flujo del sistema de control. Fuente [El Autor].

Descripción:

Al iniciar el sistema del bastón electrónico se tiene primeramente la configuración de los puertos del microcontrolador, tanto puertos de entrada, salida, así como puertos digitales, además de las variables y alias que se han creado, seguido se tiene la inicialización del dispositivo, la cual se realiza activando por dos ocasiones las alarmas (motor vibrador y parlante zumbador) por un corto período de tiempo (200ms c/u), con lo cual se indicará a la persona no vidente de que el bastón está trabajando correctamente y se encuentra listo para usarse.

Luego se encuentra la parte de la detección de obstáculos por parte de los 3 sensores de ultrasonido HC-SR04, a los cuales se les envía el pulso de inicio de lectura, el mismo que tiene una duración de 10us para el caso de estos sensores, esta señal activa los sensores para que de esta manera permanezcan censando hasta encontrar algún tipo de impedimento en los rangos de distancia establecidos, al encontrarse con un obstáculo el sensor enviará una señal de respuesta las mismas que ingresarán en las entradas del multiplexor y serán enrutadas de acuerdo a las combinaciones en las entradas de selección del mismo, de esta manera se tendrá las combinaciones presentes en la siguiente tabla.

Tabla 6. Combinaciones de entrada en el multiplexor para enrutar cada sensor.  
Fuente [El Autor].

Entradas de selección para multiplexor	
ABC	# de sensor
000	sensor 1
010	sensor 2
100	sensor 3

Estas señales llegarán hasta el microcontrolador el mismo que se encarga de determinar la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, en función de la duración del pulso de retorno, mediante la siguiente formula:

$$distancia = \frac{\left( (duración\ del\ pulso) * \left( \frac{1}{29\ cm/us} \right) \right)}{2}$$
$$distancia = \frac{duración\ del\ pulso}{5.8\ cm/us} \tag{Ec. 5.1}$$

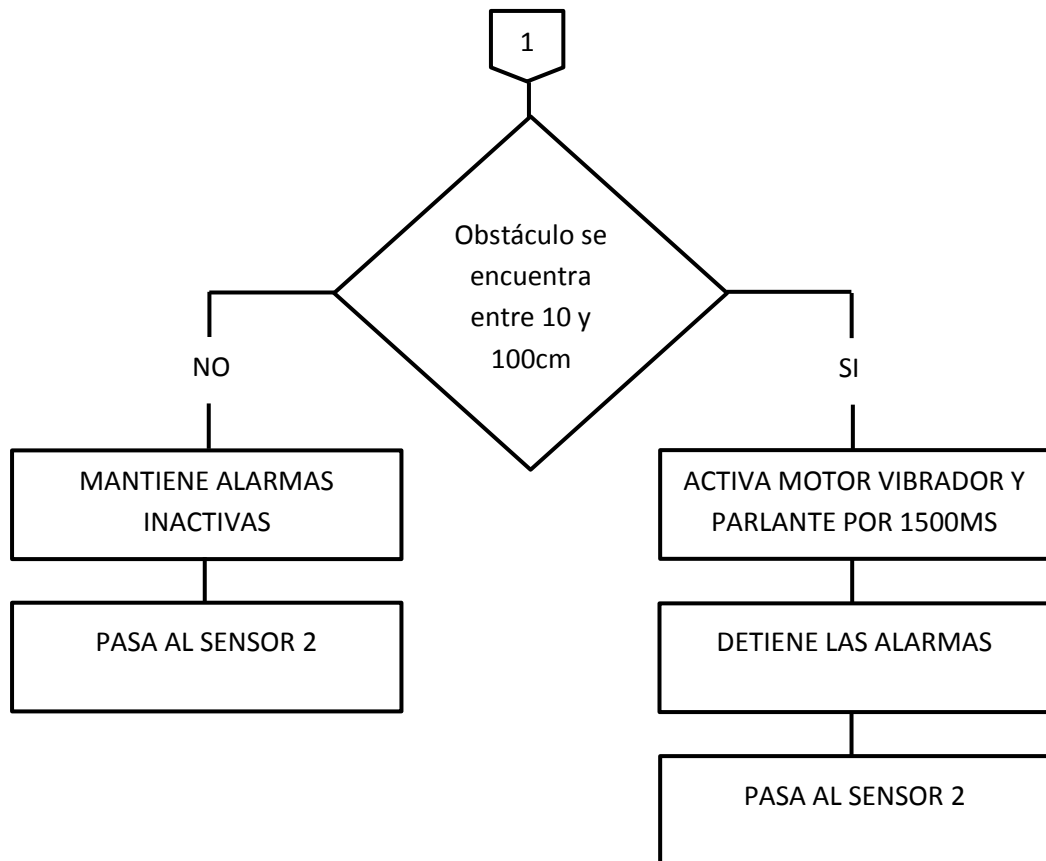


Figura 39. Diagrama de flujo del sistema de control (Sensor 1). Fuente [El Autor].

Al momento de que el microcontrolador determina la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, se presenta la condicionante de la distancia para el sensor 1, que en este caso está en el rango de los 10 a 100cm, si el obstáculo se encuentra en este rango el microcontrolador enviará una señal de activación de alarmas por un período de 1500ms, anunciando a la persona acerca del peligro al que se puede enfrentar, luego de esto las alarmas se detienen en caso de que la persona haya realizado la acción de evasión, caso contrario las alarmas seguirán activadas hasta que se realice la acción. Cuando se evade el obstáculo, las alarmas se desactivan y se sigue con la lectura por parte del siguiente sensor.

En caso de que el sensor 1 no encuentre ningún obstáculo en el rango establecido se mantiene inactivas las alarmas y el sistema sigue con la lectura por parte del siguiente sensor.

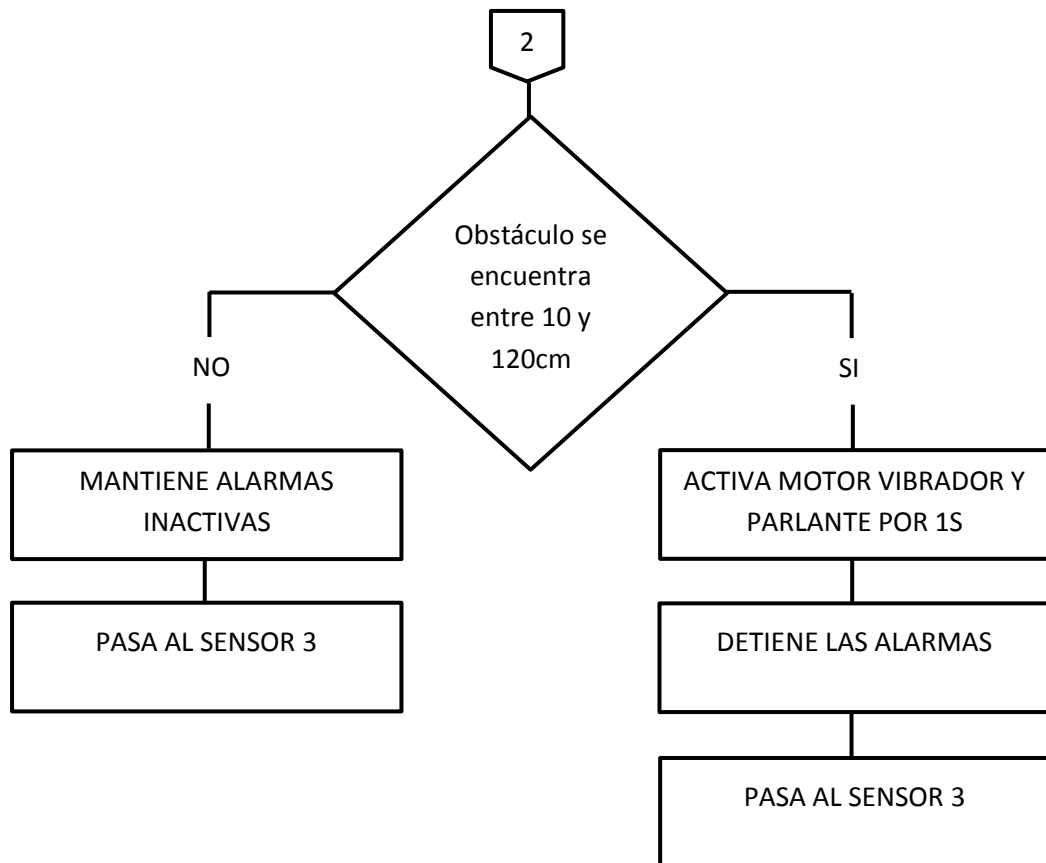


Figura 40. Diagrama de flujo del sistema de control (Sensor 2). Fuente [El Autor].

Al momento de que el microcontrolador determina la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, se presenta la condicionante de la distancia para el sensor 2, que en este caso está en el rango de los 10 a 120cm, si el obstáculo se encuentra en este rango el microcontrolador enviará una señal de activación de alarmas por un período de 1s, anunciando a la persona acerca del peligro al que se puede enfrentar, luego de esto las alarmas se detienen en caso de que la persona haya realizado la acción de evasión, caso contrario las alarmas seguirán activadas hasta que se realice la acción. Cuando se evade el obstáculo, las alarmas se desactivan y se sigue con la lectura por parte del siguiente sensor.

En caso de que el sensor 2 no encuentre ningún obstáculo en el rango establecido se mantiene inactivas las alarmas y el sistema sigue con la lectura por parte del siguiente sensor.

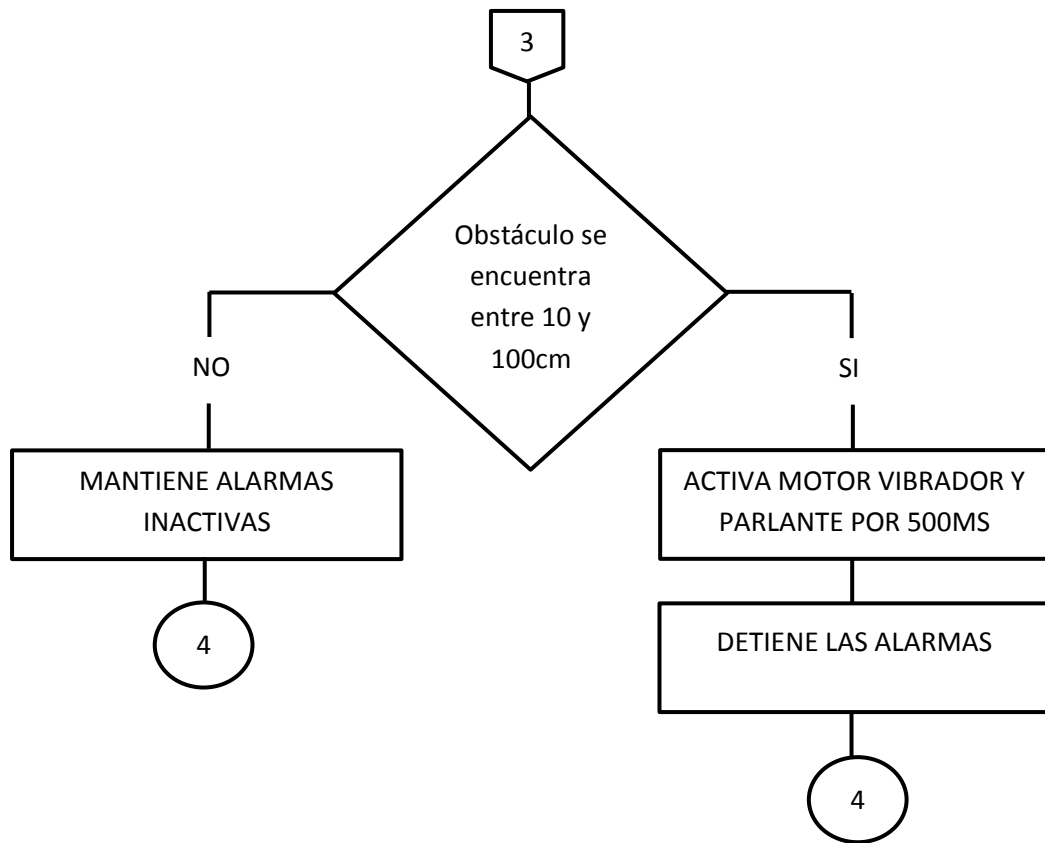


Figura 41. Diagrama de flujo del sistema de control (Sensor 3). Fuente [El Autor].

Al momento de que el microcontrolador determina la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, se presenta la condicionante de la distancia para el sensor 3, que en este caso está en el rango de los 10 a 100cm, si el obstáculo se encuentra en este rango el microcontrolador enviará una señal de activación de alarmas por un período de 500ms, anunciando a la persona acerca del peligro al que se puede enfrentar, luego de esto las alarmas se detienen en caso de que la persona haya realizado la acción de evasión, caso contrario las alarmas seguirán activadas hasta que se realice la acción. Cuando se evade el obstáculo, las alarmas se desactivan y se retorna a inicio para empezar nuevamente las lecturas.

En caso de que el sensor 3 no encuentre ningún obstáculo en el rango establecido se mantiene inactivas las alarmas y el sistema retorna a inicio para empezar nuevamente las lecturas.

## **f. CAPÍTULO 6. PRUEBAS Y RESULTADOS**

Luego de haber realizado la construcción del hardware y la implementación del software, una parte de vital importancia son las pruebas realizadas a cada una de las partes del dispositivo, las mismas que ayudarán a determinar si el sistema funciona correctamente y además si cumple con todos los requerimientos planteados en un inicio, asimismo estas pruebas nos ayudarán a encontrar posibles errores o fallas en el transcurso de la implementación del prototipo, para de esta manera efectuar una depuración del sistema y asegurar su correcto desempeño.

Cabe indicar que primeramente se realizaron pruebas individuales de cada uno de los dispositivos y partes que conforman el sistema, así por ejemplo se comprobó las distancias máximas y mínimas a las cuales se puede detectar un obstáculo mediante el sensor de ultrasonido HC-SR04, las mismas que fueron presentadas mediante un módulo LCD, además pruebas con los dispositivos del sistema de alarmas (motor vibrador, parlante zumbador) y con el multiplexor 74LS151, verificando su funcionamiento y su tabla de verdad.

Luego finalmente se realizó las pruebas de todo el sistema en conjunto primeramente armado en protoboard, para así tener la facilidad de que si se detecta alguna falla poderla corregir de inmediato, antes de realizar la implementación, y luego las pruebas finales de campo del dispositivo con la ayuda de personas no videntes para validar la funcionalidad del dispositivo.

### **f.1. PRUEBAS INICIALES DEL SISTEMA**

#### **f.1.1. Pruebas de distancia con sensor HC-SR04**

Dentro de las primeras pruebas que se realizaron, estuvo la prueba de distancia por medio del sensor escogido (HC-SR04), la misma que permitió comprobar los valores de distancia mínimos y máximos que se puede obtener con el uso de este sensor, los mismos que están en el rango de 2 a 498cm, y fueron presentados en una pantalla lcd 16x2.

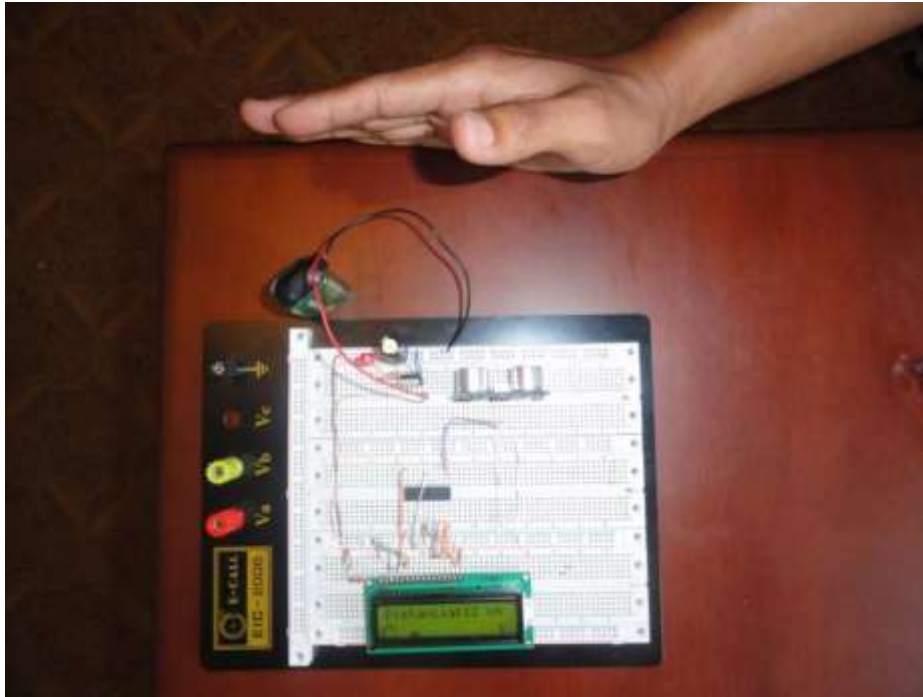


Figura 42. Pruebas de distancia del sensor HC-SR04. Fuente [El Autor].

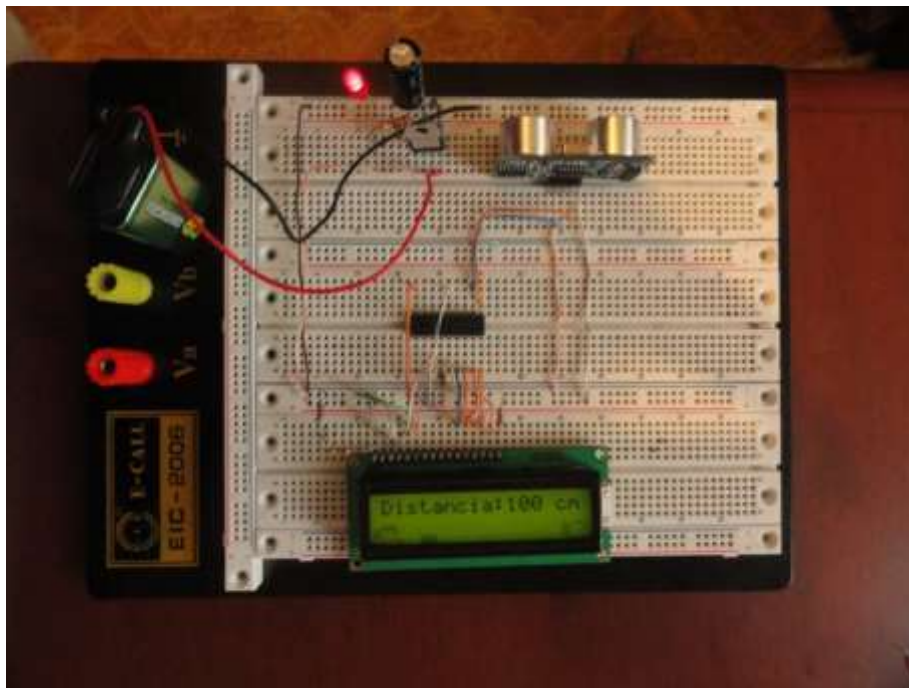


Figura 43. Pruebas de distancia del sensor HC-SR04. Fuente [El Autor].



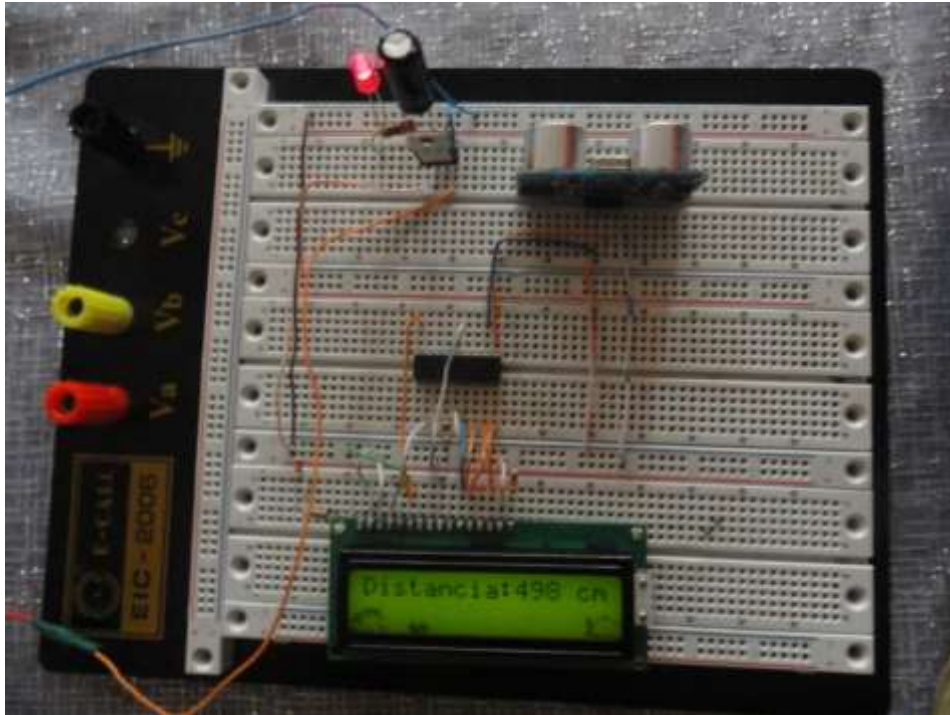
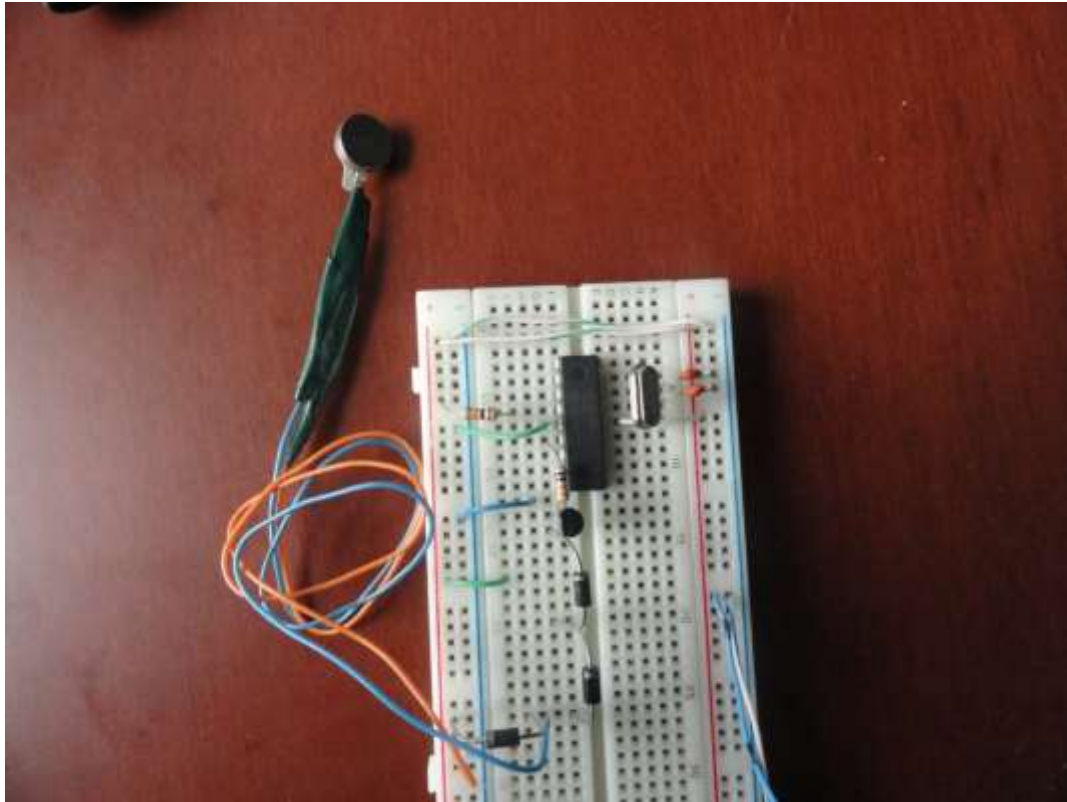


Figura 44. Pruebas de distancia del sensor HC-SR04. Fuente [El Autor].

### f.1.2. Pruebas con motor vibrador

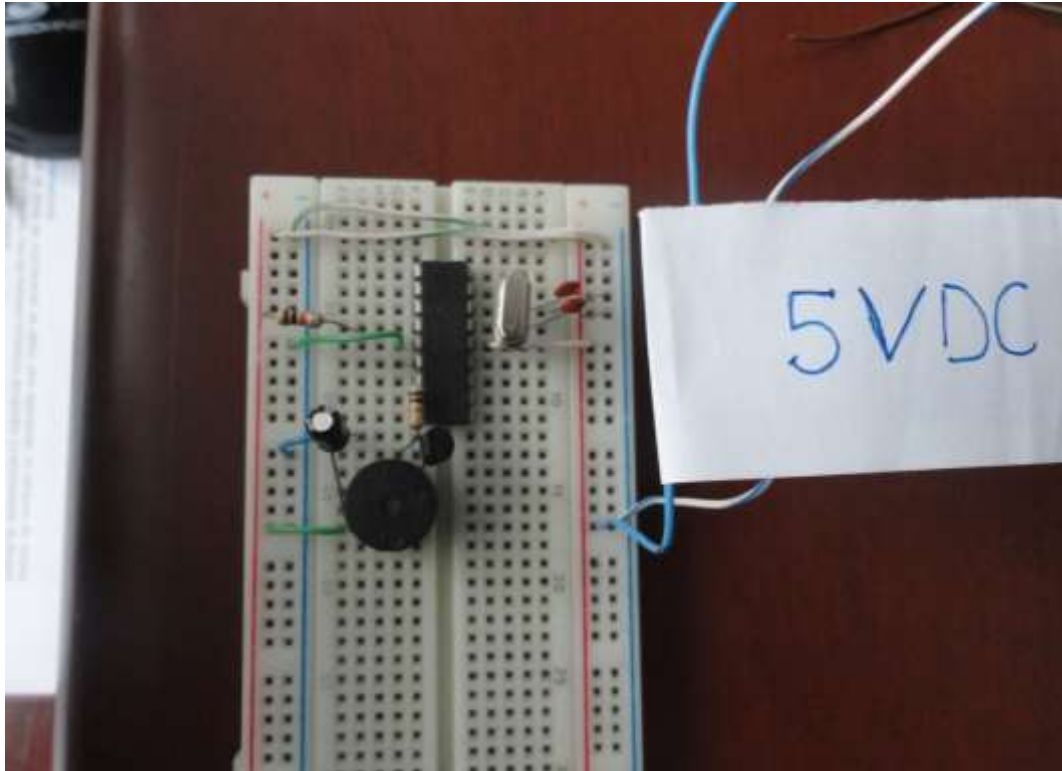
Otra de las pruebas que se realizó, fue la del motor vibrador, mediante el circuito diseñado se logró comprobar la funcionalidad del motor enviando una señal desde un terminal del microcontrolador, además como se muestra en la figura 45 se utilizó un transistor, dispositivo que sirve de conmutador para la activación y desactivación del motor, luego también fueron necesarios dos diodos 1N4007 para regular la tensión con la que trabajará el motor, la misma que quedó fijada en 3.1VDC, tensión óptima en el rango de operación del mismo (2.5VDC – 3.5VDC), finalmente se utilizó un diodo colocado en paralelo al motor para proteger al transistor de cualquier corriente de retorno al ser el motor una carga de tipo inductiva.



*Figura 45. Pruebas con motor vibrador. Fuente [El Autor].*

### **f.1.3. Prueba con parlante zumbador**

La siguiente prueba permitió comprobar la funcionalidad del circuito diseñado como parte de la etapa de activación de alarmas del sistema, mediante un pequeño parlante zumbador, el circuito diseñado se muestra en la figura 46, en el mismo se puede notar, que al igual que en el caso del motor se utilizó un transistor que permita la conmutación del parlante y además se utilizó un capacitor de 22uf, el mismo que ayudará a que el sonido del parlante no se disipe cuando el uso del bastón sea continuo.



*Figura 46. Pruebas con parlante zumbador. Fuente [El Autor].*

#### **f.1.4. Pruebas con multiplexor 74LS151**

Las siguientes pruebas realizadas fueron las del multiplexor 74LS151, dispositivo que forma parte de la etapa del circuito de detección de obstáculos, este además será el encargado de seleccionar cada uno de los sensores que comprenden el sistema, dependiendo de la combinación que tenga presente en sus entradas de selección. En las figuras 47, 48 y 49 se muestran algunas de las pruebas en donde se comprobó su tabla de verdad.

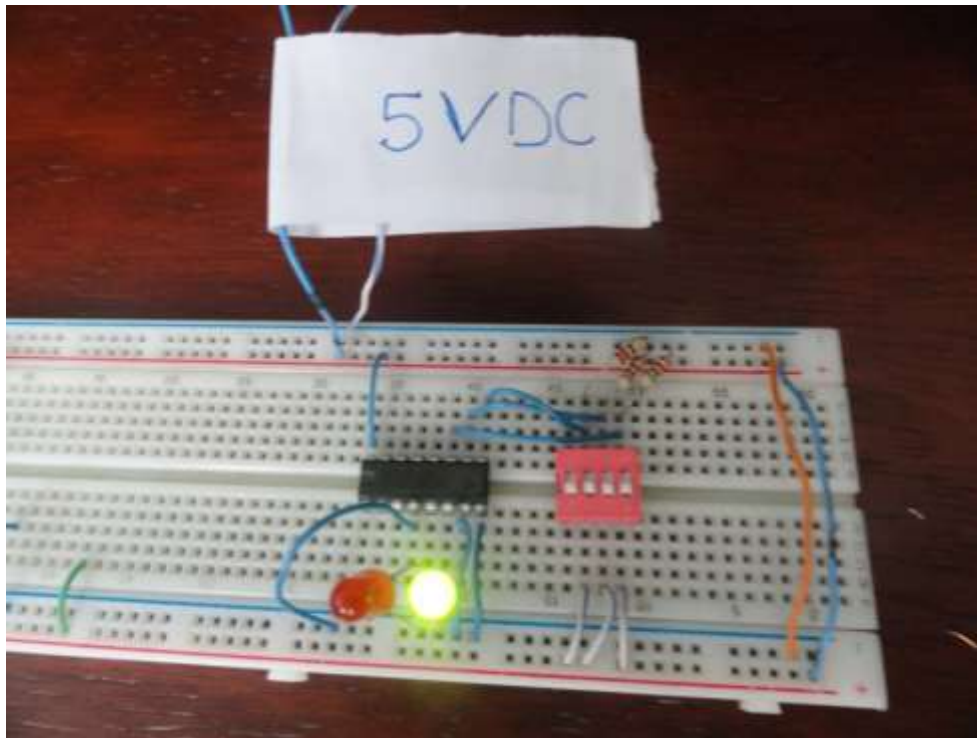


Figura 47. Pruebas con multiplexor 74LS151. Fuente [El Autor].

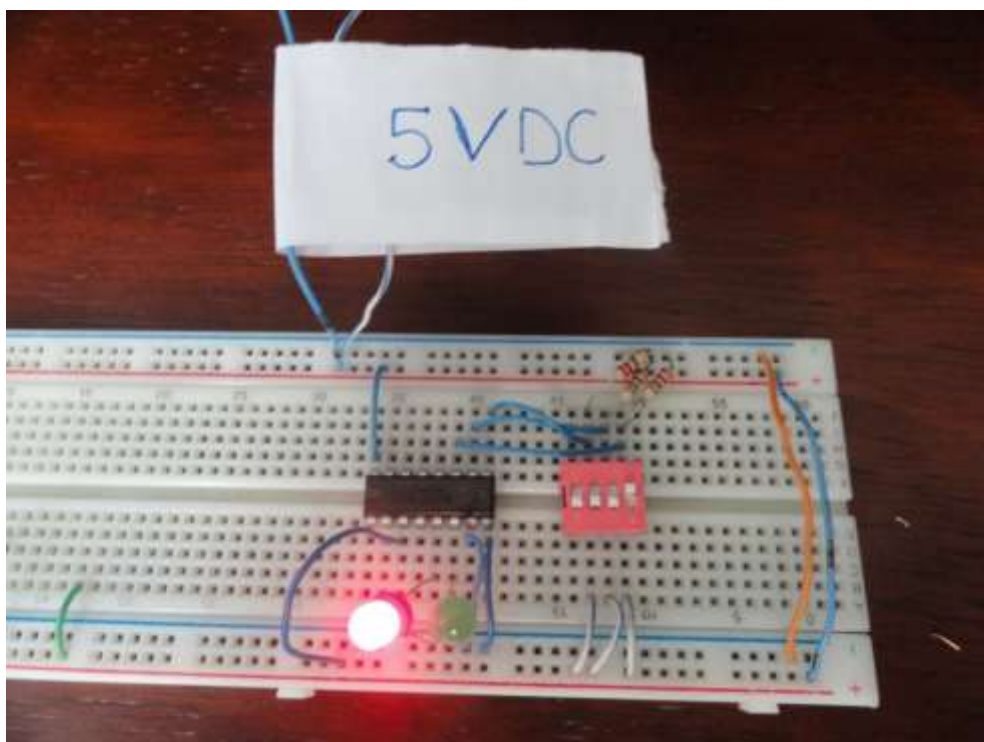
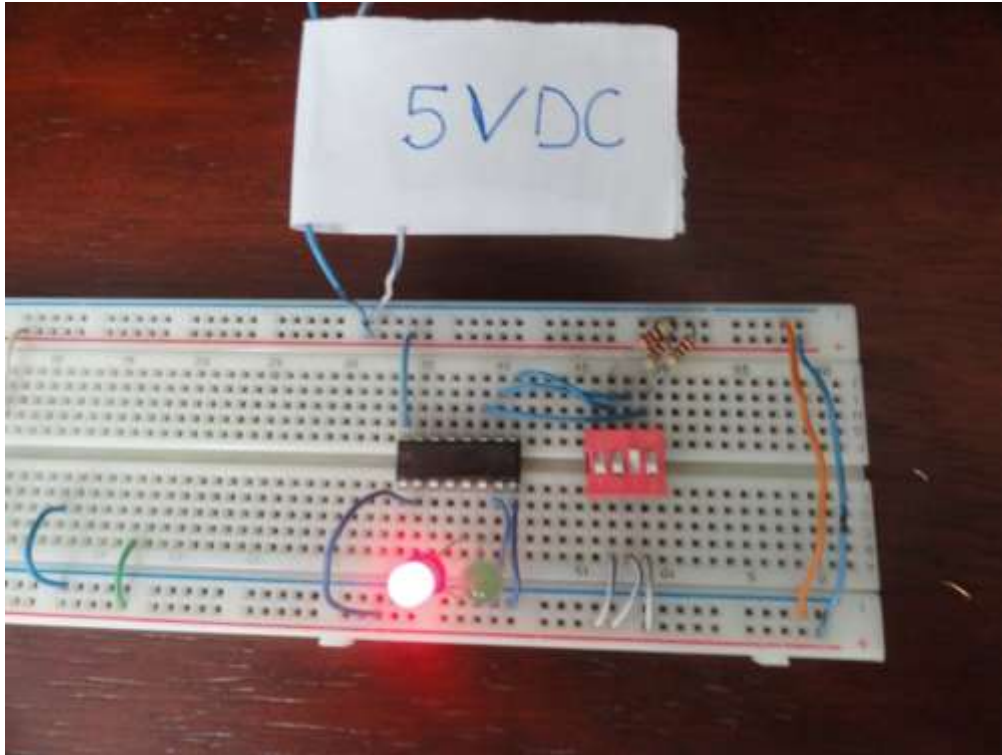


Figura 48. Pruebas con multiplexor 74LS151. Fuente [El Autor].



*Figura 49. Pruebas con multiplexor 74LS151. Fuente [El Autor].*

## **f.2. Pruebas finales del sistema**

Luego de haber realizado las pruebas iniciales y por separado de cada uno de los dispositivos que conforman el sistema, se presenta las pruebas de todo el sistema en conjunto, inicialmente armado en protoboard (sistema de alimentación, de detección de obstáculos, y de alarmas), para poder resolver cualquier falla que se presente antes de la implementación, en la figura 50 se muestra toda la circuitería del prototipo de bastón electrónico, cabe mencionar que se siguió utilizando el módulo LCD, el cual ayudo tanto para la calibración de los sensores como para poder visualizar la distancia a la que se encuentra cada obstáculo y de que sensor proviene.

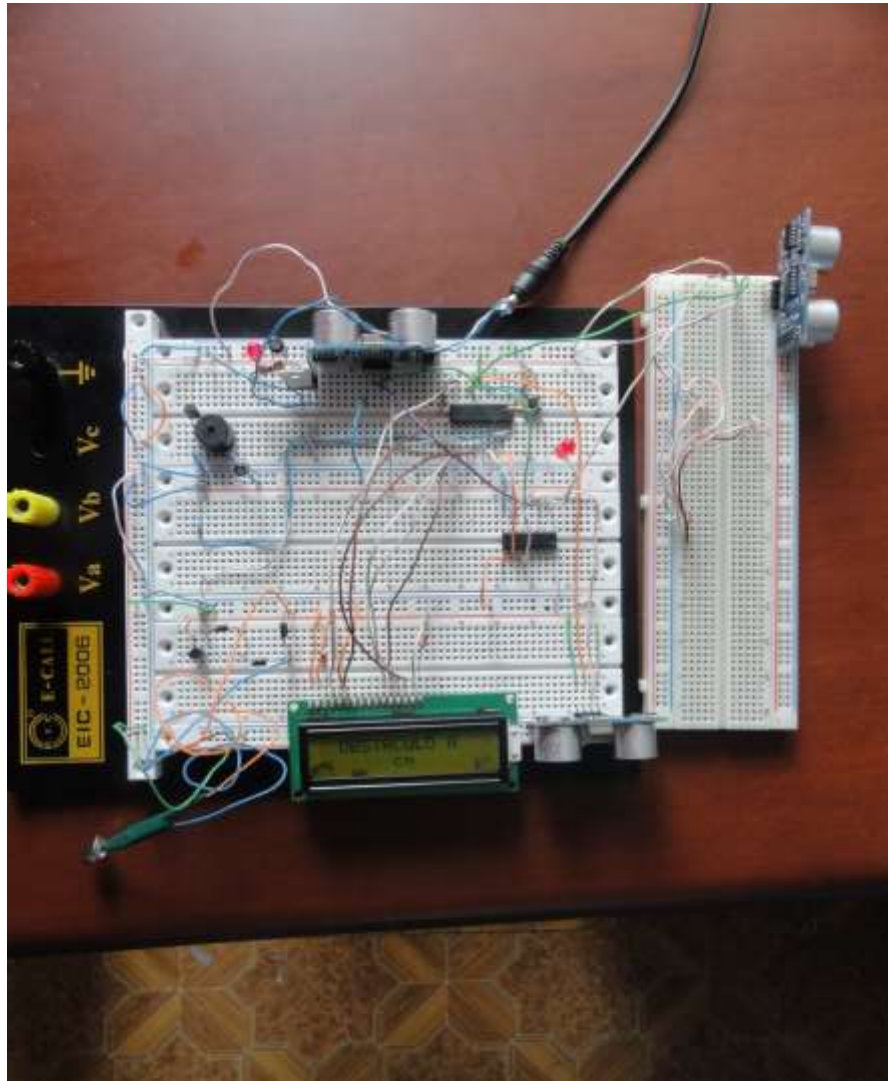


Figura 50. Pruebas y circuitería de todo el sistema. Fuente [El Autor].

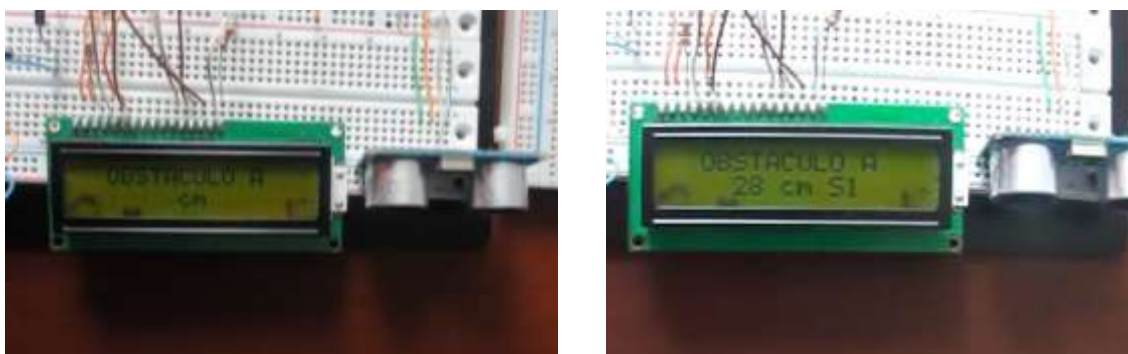


Figura 51. Módulo LCD indicando la distancia a cada obstáculo y el sensor que la detectó.

Fuente [El Autor].

### f.3. RESULTADOS

El montaje y las pruebas finales del sistema se realizaron de manera progresiva, es decir que se fue armando etapa por etapa hasta culminar el prototipo de bastón, algunos de los resultados obtenidos luego de realizar las diferentes pruebas se muestran a continuación.

Cabe indicar que se hizo hincapié en las etapas más significativas del sistema, como son la etapa de detección de obstáculos y la etapa de activación de alarmas.

#### f.3.1. Etapa de detección de obstáculos

##### SENSOR 1

Tabla 7. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 1). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>	<b>Calibración de sensor 1 y comparación de medidas con flexómetro</b>		
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 1</b>	<b>10 – 100 cm</b>		
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Se comparó la medida obtenida mediante la LCD, con la medida a través de un flexómetro.	Se obtuvo un margen de error de aproximadamente 1%.	Se debe calibrar acertadamente los sensores para obtener medidas reales.	Si
<b>Conclusión:</b>	Se obtuvo el resultado deseado con un insignificante margen de error.		

Tabla 8. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 1). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Detección de obstáculos mediante sensor 1</b>	
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 1</b>		<b>10 – 100 cm</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Detecta un obstáculo en el rango de 10 a 100cm en la parte frontal superior del bastón electrónico al estar en movimiento.	El sensor de ultrasonido si detecta el obstáculo.	Debe existir cierta distancia entre cada sensor para que los lóbulos de radiación no interfieran entre sí.	Si
<b>Conclusión:</b>	La detección de obstáculos mediante el sensor 1 funciona correctamente.		

## SENSOR 2

Tabla 9. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 2). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Calibración de sensor 2 y comparación de medidas con flexómetro</b>	
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 2</b>		<b>10 – 120 cm</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Se comparó la medida obtenida mediante la LCD, con la medida a través de un flexómetro.	Se obtuvo un margen de error de aproximadamente 1%.	Se debe calibrar acertadamente los sensores para obtener medidas reales.	Si
<b>Conclusión:</b>	Se obtuvo el resultado deseado con un insignificante margen de error.		



Tabla 10. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 2). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Detección de obstáculos mediante sensor 2</b>	
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 2</b>		<b>10 – 120 cm</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Detecta un obstáculo en el rango de 10 a 120cm en la parte frontal media del bastón electrónico al estar en movimiento.	El sensor de ultrasonido si detecta el obstáculo.	Debe existir cierta distancia entre cada sensor para que los lóbulos de radiación no interfieran entre sí.	Si
<b>Conclusión:</b>	La detección de obstáculos mediante el sensor 2 funciona correctamente.		

### SENSOR 3

Tabla 11. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 3). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Calibración de sensor 3 y comparación de medidas con flexómetro</b>	
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 3</b>		<b>10 – 100 cm</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Se comparó la medida obtenida mediante la LCD, con la medida a través de un flexómetro.	Se obtuvo un margen de error de aproximadamente 1%.	Se debe calibrar acertadamente los sensores para obtener medidas reales.	Si
<b>Conclusión:</b>	Se obtuvo el resultado deseado con un insignificante margen de error.		

Tabla 12. Resultados de la etapa de detección de obstáculos (Sensor 3). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Detección de obstáculos mediante sensor 3</b>	
<b>RANGO DE DISTANCIA SETEADO EN SENSOR 3</b>		<b>10 – 100 cm</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Detecta un obstáculo en el rango de 10 a 100cm en la parte frontal baja del bastón electrónico al estar en movimiento.	El sensor de ultrasonido si detecta el obstáculo.	Debe existir cierta distancia entre cada sensor para que los lóbulos de radiación no interfieran entre sí.	Si
<b>Conclusión:</b>	La detección de obstáculos mediante el sensor 3 funciona correctamente.		

### f.3.2. Etapa de activación de alarmas

#### MOTOR DE VIBRACIÓN

Tabla 13. Resultados de la etapa de activación de alarmas (Motor de vibración). Fuente [El Autor].

<b>PRUEBA:</b>		<b>Reproducción de la vibración con la duración de tiempo correspondiente para cada sensor</b>	
<b>Acción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Objetivo alcanzado</b>
Se activa el motor de vibración con la duración de tiempo correcta para cada sensor. Sensor1 – 1500ms Sensor2 – 1000ms Sensor3 – 500ms	El motor de vibración si activa su vibración con la duración establecida para cada sensor.	Se debe indicar a la persona no vidente la duración que va a tener la vibración correspondiente a cada sensor para que pueda saber en qué parte se localiza el obstáculo.	Si
<b>Conclusión:</b>	La etapa de activación de alarmas mediante el motor de vibración funciona correctamente.		

## PARLANTE ZUMBADOR

Tabla 14. Resultados de la etapa de activación de alarmas (Parlante zumbador).

Fuente [El Autor].

PRUEBA:		Reproducción del sonido con la duración de tiempo correspondiente para cada sensor		
Acción	Resultado	Observaciones	Objetivo alcanzado	
Se activa el parlante con la duración de tiempo correcta para cada sensor. Sensor1 – 1500ms Sensor2 – 1000ms Sensor3 – 500ms	El parlante si reproduce su sonido con la duración establecida para cada sensor.	Se debe indicar a la persona no vidente la duración que va a tener el pitido correspondiente a cada sensor para que pueda saber en qué parte se localiza el obstáculo.	Si	
<b>Conclusión:</b>	La etapa de activación de alarmas mediante el parlante funciona correctamente.			

### f.3.3. RESULTADOS EN PRUEBAS DE CAMPO

Para las pruebas de campo del dispositivo se contó con la ayuda de 10 personas, entre ellas el señor Vicente Nole, Presidente de la asociación de No videntes de la parroquia Zumbi perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe, el mismo que nos ayudó a determinar aspectos primordiales del dispositivo tales como funcionalidad, utilidad y facilidad del uso del prototipo de bastón electrónico.

Para iniciar con las pruebas del dispositivo cabe indicar que en un principio se asesoró a la persona acerca del funcionamiento y de cómo es la manera en que trabaja el bastón electrónico, luego de esto se procedió a usar el bastón en un entorno abierto y por un determinado período de tiempo (alrededor de 10 minutos) para finalmente proceder a señalar los resultados de la experiencia vivida.

Para determinar la validez de los resultados se realizaron algunas preguntas en base a encuestas, ver anexo k.3.

A continuación se muestran los resultados de las encuestas realizadas a un total de 10 personas.

Tabla 15. Análisis de las encuestas realizadas a 10 personas que conocieron el dispositivo.

<b>Preguntas Realizadas</b>	<b>1(No)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5 (Si)</b>
¿El bastón como mecanismo para la ayuda en la movilidad, le parece una herramienta indispensable para las personas no videntes?	0%	0%	0%	10%	90%
¿Cree que el bastón electrónico ayuda de mejor manera en el desplazamiento autónomo de los no videntes que mediante el uso de un bastón tradicional?	0%	0%	0%	0%	100%
¿La estructura del bastón le pareció la adecuada (Peso liviano, Piezas incorporadas adecuadamente)?	0%	0%	30%	30%	40%
¿Considera que el dispositivo es fácil de manipular?	20%	0%	20%	0%	60%
¿Cree que el dispositivo facilitaría su movilidad en entornos abiertos?	0%	0%	30%	20%	50%
¿Le gustaría que el gobierno tome la iniciativa de la fabricación de este tipo de dispositivos a bajo costo o mediante donaciones para las personas no videntes?	0%	0%	0%	0%	100%

Como se muestra en la tabla anterior, se tienen los resultados de cada pregunta en las encuestas realizadas para determinar la funcionalidad del bastón, tras analizar cada una de estas se puede afirmar que el dispositivo ha tenido la aceptación esperada en la mayoría de aspectos, en base a esto se puede decir que el sistema cumple con los requerimientos de las personas discapacitadas como solución a la detección de obstáculos y como dispositivo de ayuda en la movilidad.

Luego de las pruebas de campo y de las encuestas realizadas se tomó en cuenta algunas recomendaciones por parte de las personas no videntes, como la de reemplazar la rueda colocada en un inicio y con la que se llevaba un movimiento netamente frontal y suprimía la técnica del bastoneo por una rueda completamente giratoria que ayuda a integrar nuevamente esta técnica, ya que se pudo constatar que mediante la técnica “Hoover” al realizar un arco en el piso con el ancho de los hombros aproximadamente, la persona revisa la zona por donde va a caminar y lo protege de los huecos o de tropezar con cualquier obstáculo u objeto que se encuentre en el piso.

Finalmente después de realizar dichos cambios y conforme los resultados obtenidos en las pruebas de campo se puede concluir que el dispositivo ha mostrado un desempeño satisfactorio como mecanismo de ayuda a las personas no videntes en la detección de obstáculos.

## **g. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA**

### **g.1. IMPACTO SOCIAL DEL SISTEMA**

Las diferencias que puede marcar una discapacidad en una persona, son evidenciadas al observar como este grupo de personas se mantiene un tanto alejadas de la sociedad, marcando de esta manera una considerable diferencia social; tratando de contrarrestar esto hoy en día existen campañas por parte del gobierno en donde tratan el tema de la inclusión social definida como una unión o vínculo que debe existir entre las personas con discapacidades o capacidades diferentes en una determinada sociedad, además existen normas y leyes contempladas en el Código de trabajo actual y controladas por parte del Ministerio de Relaciones Laborales, con respecto a la inserción laboral en donde exigen a las empresas del sector público y privado cumplir los derechos de los trabajadores con alguna clase de discapacidad, procurando la inclusión laborar en las empresas según el porcentaje que determina la ley.

Dichos porcentajes y según el marco legal el cual indica en: El artículo 42 numeral 33 del Código del Trabajo determina que “el empleador público o privado, que cuente con un número mínimo de veinticinco trabajadores, está obligado a contratar, al menos, a una persona con discapacidad, en labores permanentes que se consideren apropiadas en relación con sus conocimientos, condición física y aptitudes individuales, observándose los principios de equidad de género y diversidad de discapacidad. A partir del año 2009, el porcentaje obligatorio de contratación de personas con discapacidad, es del 4% del total de trabajadores de cada empresa o patrono persona natural.”<sup>16</sup>

Según lo acontecido, se puede determinar que existe la preocupación de brindar mayores oportunidades y facilidades a las personas discapacitadas, haciéndolas sentir valiosas y útiles para la sociedad.

Por tal razón el sistema del prototipo de bastón electrónico constituirá una herramienta la cual ayudará a la persona no vidente a desenvolverse de mejor manera y sentirse más seguro en el entorno que lo rodea, ayudando así a lograr de un modo no integral pero si muy amplia una mejor movilidad de forma autónoma y libre en lugares

---

<sup>16</sup> Inserción de personas con discapacidades, s/f, (Consulta: Febrero de 2014), <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/insercion-de-personas-con-discapacidades/>.

desconocidos, logrando así un verdadero impacto emocional el cual se lo puede evidenciar fácilmente al momento en que el no vidente interactúa con el dispositivo, desplazándose de manera más segura y confiada, elevando de esta manera su autoestima y su ego emocional.

Una vez analizado el testimonio y las encuestas realizadas a estas personas, mediante el resultado obtenido se ha observado la huella que se ha logrado mediante el presente proyecto, y de manera muy personal se puede decir que ha sido realmente gratificante haber obtenido esos resultados, los mismos que se manifiestan en la satisfacción y agrado de las personas no videntes.

## **g.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE COSTOS Y BENEFICIOS**

La finalidad al diseñar el dispositivo, fue la de construir el dispositivo con componentes que se los pueda conseguir en el mercado nacional, para en caso de que exista algún falló o avería con un componente, esta pieza pueda ser encontrada y reemplazada lo más rápido posible, además otro de los puntos de interés fue el de diseñar un prototipo de bajo costo que en caso de ser comercializado este pueda ser adquirido por las personas no videntes.

Teniendo en cuenta estas características a continuación en la tabla 16 se muestran los costos de producción del dispositivo al por menor adquiriendo cada componente en el mercado nacional.

Tabla 16. Costos de producción del prototipo de bastón. Fuente [El Autor].

Insumo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Sensor de ultrasonido HC-SR04	3	\$8,00	\$24,00
Piezas de acrílico para sensores	3	\$10,00	\$30,00
Microcontrolador PIC 16f628A	1	\$3,50	\$3,50
Zócalo normal de 18 pines	1	\$0,40	\$0,40
Multiplexor 74LS151	1	\$0,65	\$0,65
Zócalo normal de 16 pines	1	\$0,35	\$0,35
Motor de vibración	1	\$8,50	\$8,50
Buzzer	1	\$0,60	\$0,60
Batería 9V recargable	1	\$7,50	\$7,50
Cargador de baterías 9V	1	\$5,00	\$5,00
Bastón blanco	1	\$18,00	\$18,00
Llanta de plástico	1	\$1,25	\$1,25
Caja de plástico	1	\$3,00	\$3,00
Regulador 7805	1	\$0,50	\$0,50
Transistores 2N3904	2	\$0,08	\$0,16
Diodos 1N4007	3	\$0,10	\$0,30
Resistencias 10K $\Omega$	3	\$0,15	\$0,45
Condensador 100uf	1	\$0,15	\$0,15
Condensador 22uf	1	\$0,15	\$0,15
Bornera de 2 pines	1	\$0,22	\$0,22
Pulsador	1	\$0,11	\$0,11
Cable	3m	\$0,30	\$0,90
Conectores 4 pines	6	\$0,50	\$3,00
Baquelita fibra de vidrio (10x10cm)	1	\$1,50	\$1,50
Percloruro Férrico (4 onzas)	1	\$0,80	\$0,80
Broca (0.8mm)	1	\$1,00	\$1,00
Impresión papel de transferencia	1	\$0,50	\$0,50
Estaño	1m	\$0,70	\$0,70
Tiempo trabajo (días)	4	\$17,50	70,00
Varios	1	\$5,00	\$5,00
<b>Total</b>			<b>\$188,19</b>
<b>Precio al público</b>			<b>\$190,00</b>

Como se puede observar en la tabla anterior se presenta el costo del dispositivo al por menor, se aprecia que dicho valor es un poco elevado considerando la pobreza que padecen gran parte de los discapacitados; para poder fijar el costo del dispositivo para la venta al público, se debe analizar los precios de las piezas y componentes que conforman el sistema al por mayor es decir para la producción de no menos de 100 dispositivos y además importando los componentes del país de origen productor, ya que de esta manera se reducirán significativamente los costos de fabricación, en la tabla 17 se muestran los costos para la producción al por mayor.



Tabla 17. Costos de producción del prototipo de bastón al por mayor. Fuente [El Autor].

Insumo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Sensor de ultrasonido HC-SR04	3	\$5,00	\$15,00
Piezas de acrílico para sensores	3	\$5,00	\$15,00
Microcontrolador PIC 16f628A	1	\$3,00	\$3,00
Zócalo normal de 18 pines	1	\$0,35	\$0,35
Multiplexor 74LS151	1	\$0,55	\$0,55
Zócalo normal de 16 pines	1	\$0,30	\$0,30
Motor de vibración	1	\$6,50	\$6,50
Buzzer	1	\$0,50	\$0,50
Batería 9V recargable	1	\$6,00	\$6,00
Cargador de baterías 9V	1	\$4,00	\$4,00
Bastón blanco	1	\$15,00	\$15,00
Llanta de plástico	1	\$1,00	\$1,00
Caja de plástico	1	\$2,25	\$2,25
Regulador 7805	1	\$0,35	\$0,35
Transistores 2N3904	2	\$0,06	\$0,12
Diodos 1N4007	3	\$0,08	\$0,24
Resistencias 10K $\Omega$	3	\$0,12	\$0,36
Condensador 100uf	1	\$0,12	\$0,12
Condensador 22uf	1	\$0,12	\$0,12
Bornera de 2 pines	1	\$0,18	\$0,18
Pulsador	1	\$0,08	\$0,08
Cable	3m	\$0,20	\$0,60
Conectores 4 pines	6	\$0,30	\$1,80
Baquelita fibra de vidrio (10x10cm)	1	\$1,00	\$1,00
Percloruro Férrico (4 onzas)	1	\$0,55	\$0,55
Broca (0.8mm)	1	\$0,80	\$0,80
Impresión papel de transferencia	1	\$0,40	\$0,40
Estaño	1m	\$0,45	\$0,45
Tiempo trabajo (días)	4	\$17,50	\$70,00
Varios	1	\$4,00	\$4,00
<b>Total</b>			<b>\$150,62</b>
<b>Precio al público</b>			<b>\$150,00</b>

Con esta tabla se pudo comprobar como los costos de producción se reducen en buena manera al importar los componentes directamente del país productor y al producir un número mayor de dispositivos, es decir de más de 100 módulos, la cual sería considerada como una producción en serie, con dicho valor el dispositivo se encontraría más al alcance de las personas discapacitadas.

Finalmente en la tabla 18 se presentan una tabla comparativa entre el prototipo fabricado y algunos dispositivos similares existentes en el mercado, mediante esta se puede evidenciar que se ha logrado la producción de un prototipo de bastón de costo menor a los existentes y con características similares, cumpliendo de esta manera con los objetivos propuestos.

Tabla 18. Comparación de características entre el prototipo fabricado y algunos similares existentes en el mercado. Fuente [El Autor].

Dispositivo	Características	Precio
Prototipo de bastón electrónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de obstáculos mediante sensores de proximidad por ultrasonido.</li> <li>• Alcance programable hasta 5m.</li> <li>• Alerta mediante sonidos y vibraciones</li> </ul>	\$ 150,00
Bastón para invidentes Mygo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja como bastón y perro lazarillo a la vez.</li> <li>• Usa cámara de video y sensores de proximidad.</li> <li>• Alerta mediante comandos de voz.</li> </ul>	\$ 300,00
Bastón Tom Puce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza rayos laser para mediar las distancias.</li> <li>• Utiliza GPS para orientación.</li> <li>• Posee un alcance de 4m.</li> <li>• Alerta mediante sonidos o vibraciones.</li> </ul>	\$ 1100,00
Teletacto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza rayos laser para mediar las distancias.</li> <li>• Utiliza GPS para orientación.</li> <li>• Posee un alcance de 15m.</li> <li>• Permite reconocer formas.</li> </ul>	\$ 3200,00

## **h. CONCLUSIONES**

- El diseño y construcción del sistema de detección de obstáculos mediante sensores de ultrasonido se alcanzó exitosamente, dicho sistema ayudará a las personas no videntes a desplazarse con más confianza y certeza por medios físicos desconocidos, aportándoles mayor seguridad para así permitirles incluirse de una mejor forma en la sociedad y para que puedan realizar de mejor manera sus actividades.
- Se analizó los instrumentos y métodos más óptimos de ayuda a las personas con discapacidad visual dentro de la rama de la tiflotecnología, en donde encaja exitosamente el dispositivo creado como ayuda para la movilidad.
- Los sensores de proximidad por ultrasonido utilizados mostraron muy buena respuesta, al detectar objetos hasta una distancia máxima de 498cm, con lo cual se comprobó los datos mostrados en sus especificaciones técnicas, además de ser bastante precisos en la lectura de las distancias, y detectar obstáculos de diferentes materiales, tales como concreto, plástico, madera, metal, entre otros, lo que facilitó el diseño del dispositivo.
- Los tipos de alarmas escogidos ayudaron a prevenir a las personas de un obstáculo cercano, generando un zumbido con una duración de tiempo distinta para cada sensor, para que de esta manera la persona no vidente pueda determinar a qué altura y que tipo de obstáculo se le presenta.
- Mediante las pruebas y encuestas realizadas a varias personas, se comprobó la funcionalidad, utilidad y facilidad del uso del prototipo de bastón electrónico, ya que se alcanzaron resultados positivos en todos los aspectos analizados, además de la satisfacción de poder ayudar directamente a este grupo de personas, las cuales carecen del sentido tan importante como el de la vista.

- Debido a que un gran porcentaje de las personas discapacitadas en nuestro país son de bajos recursos, al momento del diseño de cada una de las etapas del sistema se tuvo muy en cuenta los costos de cada uno de los componentes que conforman el prototipo, finalmente se alcanzó a desarrollar un dispositivo de bajo costo comparado con el que presentan mecanismos similares en el mercado hoy en día.
- Al momento de la implementación del prototipo se tuvo en muy en cuenta los detalles técnicos del bastón, ya que estos fueron los que otorgaron características propias al mismo como: ligereza, peso liviano, resistencia y aislamiento, además del diseño de circuitos sencillos y fáciles de reparar.

## **i. RECOMENDACIONES**

- El sistema del prototipo de bastón no debe ser usado en entornos cerrados como el interior de una edificación, ya que al tener objetos con distancias cercanas, los sensores van a detectar cada uno de estos y las alarmas se activarán casi de manera continua, por lo que se recomienda utilizar el dispositivo en ambientes abiertos para su correcto funcionamiento.
- No exponer el dispositivo a condiciones climáticas extremas de lluvia ni calor, ya que podría provocar daños en los sensores y en los componentes del circuito de alarmas como el parlante, debido a que estas son las únicas partes del prototipo que necesitan mantenerse al descubierto.
- Para investigaciones o mejoras futuras que se le puede realizar al bastón estaría la adición de un módulo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) conjuntamente con un módulo de voz, los cuales trabajando al mismo tiempo puedan indicar la posición actual de la persona y los sitios más cercanos a los que puede llegar marcando una ruta predeterminada hacía los mismos, todo esto para que la persona no vidente pueda orientarse de mejor manera y llegar a su destino de forma más rápida.
- El uso de una batería confiable proveerá de alimentación continua para el dispositivo por lo menos por 6 horas, luego de esto se necesitará recargar la batería, para lo cual se recomienda dejar la batería conectada toda la noche, para así al día siguiente tener un perfecto funcionamiento por parte del bastón.
- Tener cuidado con el manejo del bastón, en especial con los sensores de ultrasonido y con las partes donde se encuentran alojados, ya que al ser de material acrílico se debe tener precaución ante golpes y caídas fuertes, para evitar que estas partes sufran daños y dejen al sensor de ultrasonido trabajando a la intemperie.

- Es necesario calibrar de forma correcta los sensores de ultrasonido para que de esta manera las medidas que obtenga sean lo más aproximadas a la realidad, para ello es aconsejable utilizar una pantalla lcd o enviar los datos a un computador que permita visualizar las medidas realizadas por el sensor.
- El prototipo de bastón electrónico es funcional siempre y cuando sea sujetado de la manera correcta, tal y como se describe en el manual de usuario (anexo k.8), esto debido a la ubicación de cada uno de los sensores de ultrasonido, por lo que se recomienda tomar en cuenta cada una de las recomendaciones descritas en dicho manual, para asegurar el correcto uso del dispositivo.

## j. BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- [1] BOYLESTAD, Robert L. (2003). *ELECTRÓNICA: TEORÍA DE CIRCUITOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS*. Octava edición. México. Pearson Educación. 1020p.
- [2] PALLAS ARENY, Ramón. (2007). *SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL*. Cuarta edición. México. Alfaomega Grupo Editor. 496p.
- [3] Organización Social de Ciegos Españoles (ONCE). (2011). *DISCAPACIDAD VISUAL Y AUTONOMÍA PERSONAL*. Primera edición. España. Editorial IRC. S.A. 901p.

### TESIS

- [4] MEJÍA. B. (1999). *DESARROLLO DE LA AYUDA A DISCAPACITADOS POR MEDIO ELECTRÓNICO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN PARA PERSONAS INVIDENTES*. Tesis de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 90p.
- [5] MARTINEZ. A. (2012). *BASTÓN BLANCO PARA PREVENIR OBSTÁCULOS*. Tesis de Ingeniería en Control y Automatización. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Zacatenco. México. 176p.

### RECURSOS ELECTRÓNICOS

- [6] Luisa A. Valdez V. Discapacidad Visual, s/f, [En línea]. Disponible en: <http://www.educar.ec/noticias/visual.pdf>. (Consulta: noviembre de 2013).
- [7] Organización Mundial de la Salud, Universidad España. (2011). [En línea]. Disponible en: <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/discapacidad-visual/>. (Consulta: noviembre de 2013),

[8] CONADIS, Glosario de términos sobre discapacidad. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/110879483/Glosario-de-Terminos-Sobre-Discapacidad>. (Consulta: noviembre de 2013).

[9] Cayetano Meroño F. Ayudas técnicas para personas ciegas y deficientes visuales, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/docs/2000/10-2000.pdf>.

[10] Contacto Braille, El Bastón Blanco. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://www.contactobrasaille.com/baston.html>. (Consulta: noviembre de 2013).

[11] Historia del Bastón Blanco: la Orientación y Movilidad, s/f, (Consulta: Noviembre de 2013), <http://varieduca.jimdo.com/orientaci%C3%B3n-y-movilidad/historia-del-bast%C3%B3n-blanco-la-orientaci%C3%B3n-y-movilidad/>

[12] La independencia de movimientos y desplazamientos del niño ciego. s/f. [En línea]. Disponible en: [http://www.psicologoescolar.com/CUIDADOR/29\\_la\\_independencia\\_de\\_movimientos\\_y\\_desplazamientos\\_del\\_nino\\_ciego.htm](http://www.psicologoescolar.com/CUIDADOR/29_la_independencia_de_movimientos_y_desplazamientos_del_nino_ciego.htm). (Consulta: noviembre de 2013).

[13] Orientación y Movilidad. s/f. [En línea]. Disponible en: [http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca\\_virtual/archivos/69\\_orientacion\\_movilidad.pdf](http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca_virtual/archivos/69_orientacion_movilidad.pdf). Consulta: Noviembre de 2013).

[14] Sensores de proximidad. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>. (Consulta: noviembre de 2013).

[15] Diego P. Sensores de Distancia por Ultrasonidos. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>. (Consulta: diciembre de 2013).



- [16] Inserción de personas con discapacidades. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/insercion-de-personas-con-discapacidades/>. (Consulta: febrero de 2014).
- [17] HC-SR04 Ultrasonic Range Finder (Manual). s/f. [En línea]. Disponible en: [http://www.accudiy.com/download/HC-SR04\\_Manual.pdf](http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf). (Consulta: diciembre de 2013).
- [18] Ultrasonic ranging module: HC-SR04. s/f. [En línea]. Disponible en: [http://www.elecrow.com/download/HC\\_SR04%20Datasheet.pdf](http://www.elecrow.com/download/HC_SR04%20Datasheet.pdf). (Consulta: diciembre de 2013).
- [19] Arduino Ultrasonic Range Detection Sensor. s/f. [En línea]. Disponible en: <https://d9cq1vhji0gn4.cloudfront.net/blog/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/HC-SR04-Datasheet.pdf>. (Consulta: diciembre de 2013).
- [20] Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. S/f. [En línea]. Disponible en: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. (Consulta: diciembre de 2013).
- [21] Introducción PIC16F628A. (2010). [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/proyectospic2010/PIC18F452/introduccion-pic16f628a-1>. (Consulta: diciembre de 2013).
- [22] DM74ALS151 1 of 8 Line Data Selector/Multiplexer. s/f. [En línea]. Disponible en: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconductor/DS006203.PDF>. (Consulta: diciembre de 2013).
- [23] Circuitos y Componentes Digitales (Multiplexores). s/f. [En línea]. Disponible en: [http://meteo.ieec.uned.es/www\\_Usumeteog/comp\\_comb\\_multiplexores.html](http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteog/comp_comb_multiplexores.html). (Consulta: diciembre de 2013).
- [24] Product Data Sheet 10mm Vibration Motor - 3.4mm Type. s/f. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/310-101-10mm-vibration-motor-3-4mm-type-datasheet.pdf>. (Consulta: diciembre de 2013).

[25] Mygo, un bastón para invidentes que sirve de lazarillo electrónico. (3 octubre 2007). [En línea]. Disponible en: <http://www.tuexperto.com/2007/10/03/mygo-un-baston-para-invidentes-que-sirve-de-lazarillo-electronico/>. (Consulta: diciembre de 2013).

[26] Comienza a comercializarse un bastón electrónico para ciegos. (8 de febrero 2004). [En línea]. Disponible en: [http://www.tendencias21.net/Comienza-a-comercializarse-un-baston-electronico-para-ciegos\\_a283.html](http://www.tendencias21.net/Comienza-a-comercializarse-un-baston-electronico-para-ciegos_a283.html). (Consulta: diciembre de 2013).

## k. ANEXOS

### k.1. CIRCUITOS IMPLEMENTADOS

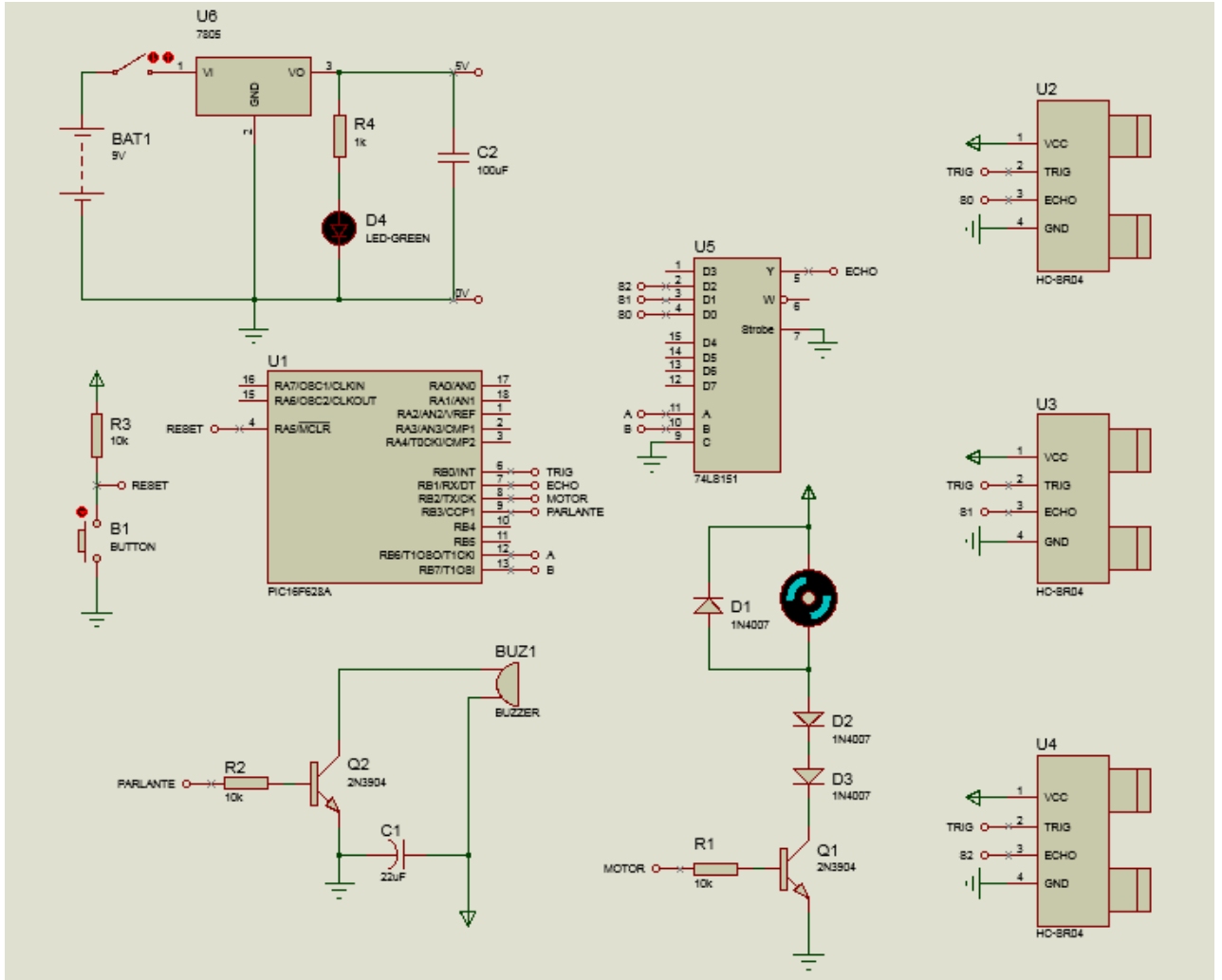


Figura 52. Esquema completo del prototipo de bastón electrónico. Fuente [El Autor].

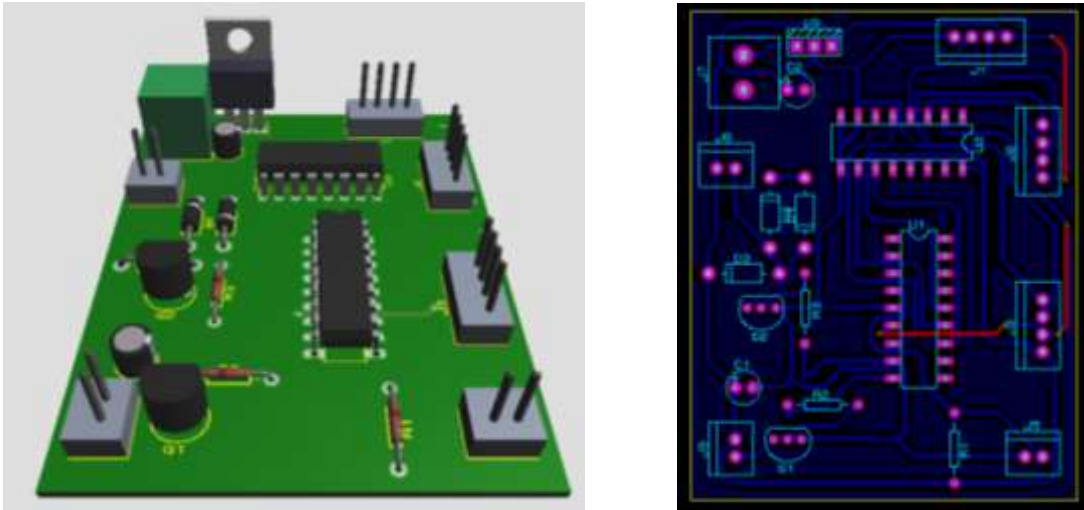


Figura 53. Diseño del circuito impreso del prototipo de bastón electrónico realizado en ARES (vista normal y 3D). Fuente [El Autor].

#### k.2. MONTAJE DEL PROTOTIPO

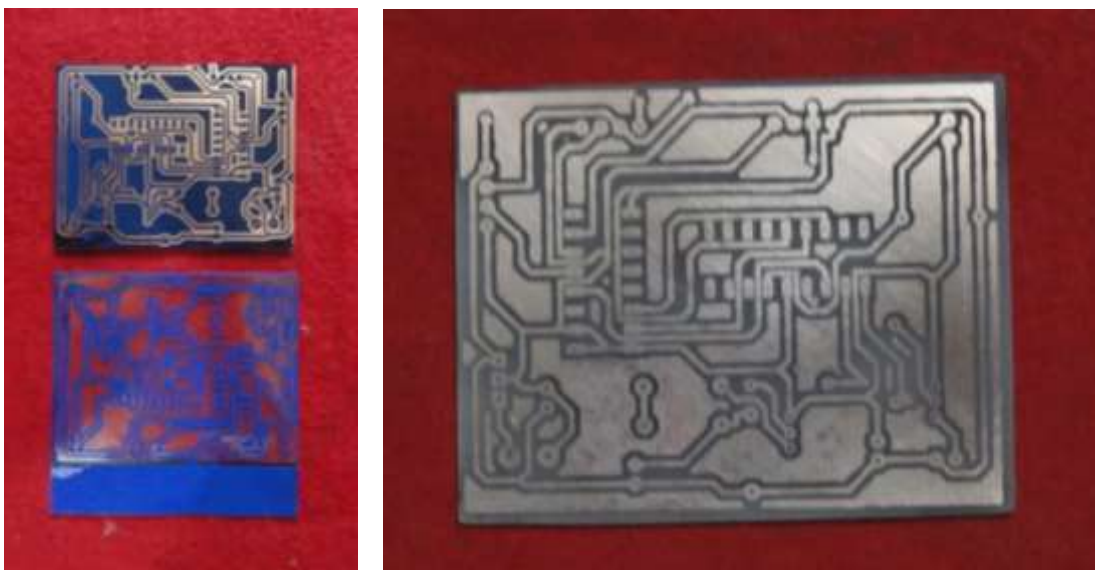


Figura 54. Placa del circuito del prototipo de bastón electrónico. Fuente [El Autor].



*Figura 55. Montaje de los componentes del circuito principal del prototipo de bastón.*

*Fuente [El Autor].*



*Figura 56. Prototipo de bastón electrónico completo. Fuente [El Autor].*

### k.3. Encuestas en pruebas de campo del sistema

El modelo de encuesta realizado a las diferentes personas se muestra a continuación:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**  
PROYECTO DE FIN DE CARRERA  
**TEMA:** “PROTOTIPO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”.  
**AUTOR:** FRANKLIN GUSTAVO JIMÉNEZ PERALTA  
**ENCUESTA PARA DETERMINAR LA FUNCIONALIDAD DEL PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO**

ENCUESTADO:		EDAD:			
INVIDENTE	VIDENTE	RAZONES DE LA DISCAPACIDAD			
		DE NACIMIENTO	POR ACCIDENTE	POR ENFERMEDAD	OTRAS

#### PREGUNTAS

1. ¿El bastón como herramienta para la ayuda en la movilidad, le parece una herramienta indispensable para las personas no videntes?

.....  
.....

2. ¿Cree que el bastón electrónico ayuda de mejor manera en el desplazamiento autónomo de los no videntes que mediante el uso de un bastón tradicional?

.....  
.....

3. ¿La estructura del bastón le pareció la adecuada (Peso liviano, Piezas incorporadas adecuadamente)?

.....  
.....

4. ¿Considera que el dispositivo es fácil de manipular?

.....  
.....

5. ¿Cree que el dispositivo facilitaría su movilidad en entornos abiertos?

.....  
.....

6. ¿Le gustaría que el gobierno tome la iniciativa de la fabricación de este tipo de dispositivos a bajo costo o mediante donaciones para las personas no videntes?

.....  
.....

7. ¿Finalmente, alguna recomendación o mensaje que quiera compartir acerca del uso del dispositivo?

.....  
.....

Estas encuestas se las realizó a un total de 10 personas entre ellas personas invidentes y otras personas que conocieron el dispositivo y ayudaron a determinar la funcionalidad del mismo, a continuación se muestra la encuesta realizada al Sr. Vicente Nole presidente de la asociación de no videntes de la parroquia Zumbi perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

PROYECTO DE FIN DE CARRERA

**TEMA:** “PROTOTIPO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO, COMO MECANISMO DE AYUDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”.

**AUTOR:** FRANKLIN GUSTAVO JIMÉNEZ PERALTA

**ENCUESTA PARA DETERMINAR LA FUNCIONALIDAD DEL PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO**

ENCUESTADO: Vicente Nole		EDAD: 43			
INVIDENTE	VIDENTE	RAZONES DE LA DISCAPACIDAD			
X		DE	POR	POR	OTRAS
		NACIMIENTO	ACCIDENTE	ENFERMEDAD	
			X		

1. ¿El bastón como herramienta para la ayuda en la movilidad, le parece una herramienta indispensable para las personas no videntes?

Si, ya que mediante esta herramienta uno puede ir detectando los obstáculos mediante el tanteo de los objetos.

2. ¿Cree que el bastón electrónico ayuda de mejor manera en el desplazamiento autónomo de los no videntes que mediante el uso de un bastón tradicional?

Si, totalmente ya que mediante la ayuda de estos dispositivos tecnológicos se podría anticipar cada obstáculo para así prevenir accidentes que ocurren muy a menudo.

3. ¿La estructura del bastón le pareció la adecuada (Peso liviano, Piezas incorporadas adecuadamente)?

Si, ya que el bastón mantiene un peso liviano similar a los bastones tradicionales, y las piezas incorporadas no impiden el desplazamiento.



4. ¿Considera que el dispositivo es fácil de manipular?

Si, lo más importante es primeramente adaptarse al funcionamiento del dispositivo, para esto es vital una buena instrucción o asesoramiento de cómo trabaja el bastón electrónico hasta llegarse a acostumbrar al dispositivo y perfeccionar el manejo del mismo.

5. ¿Cree que el dispositivo facilitaría su movilidad en entornos abiertos?

Si, ya que mediante la vibración y los sonidos que genera el dispositivo ante un obstáculo, se puede tener mayor precaución para así lograr anticipar un impedimento para evitar un posible accidente.

6. ¿Le gustaría que el gobierno tome la iniciativa de la fabricación de este tipo de dispositivos a bajo costo o mediante donaciones para las personas no videntes?

Sin duda, sería una excelente iniciativa ya que personalmente el bastón es la herramienta principal que me ayuda en mi trabajo, al tener que mantenerme desplazándome continuamente sería una herramienta muy útil, no solo para mí sino para todas las personas que carecen del sentido de la visión.

7. ¿Finalmente, alguna recomendación o mensaje que quiera compartir acerca del uso del dispositivo?

Una única recomendación sería el reemplazo de la rueda que se ha incorporado, por otra que sea totalmente giratoria, ya que esta ayudaría en la técnica del bastoneo y finalmente dar mi mensaje de felicitaciones por tomar la iniciativa en la creación de este dispositivo el cual nos ayudaría significativamente a las personas no videntes a realizar tareas tan comunes como la de desplazarnos de un lugar a otro.



Figura 57. Pruebas realizadas con la ayuda de personas no videntes. Fuente [El Autor].



Figura 58. Pruebas realizadas con la ayuda de personas no videntes. Fuente [El Autor].



*Figura 59. Pruebas de campo realizadas con la ayuda de personas no videntes.*

*Fuente [El Autor].*



**PIC16F627A/628A/648A**  
**Data Sheet**

Flash-Based, 8-Bit CMOS  
Microcontrollers with nanoWatt Technology

---

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of Intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

---

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

#### Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KeeLoq, m16C, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.


Amplab, FilterLab, Migratable Memory, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Linear Active Thermistor, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel, Total Endurance and WiperLock are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2005, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**  
**CERTIFIED BY DNV**  
**== ISO/TS 16949:2002 ==**

Microchip received ISO/TS-16949:2002 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona and Mountain View, California in October 2003. The Company's quality system processes and procedures are for its PICmicro 8-bit MCUs, KeeLoq® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.



**MICROCHIP**

# PIC16F627A/628A/648A

## 18-pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

### High-Performance RISC CPU:

- Operating speeds from DC – 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single-word instructions:
  - All instructions single cycle except branches

### Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options:
  - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Low-power internal 48 kHz oscillator
  - External Oscillator support for crystals and resonators
- Power-saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low-voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range (2.0-5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High-Endurance Flash/EEPROM cell:
  - 100,000 write Flash endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - 40 year data retention

### Low-Power Features:

- Standby Current:
  - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 12  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 120  $\mu$ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
  - 1  $\mu$ A @ 2.0V, typical
- Timer1 Oscillator Current:
  - 1.2  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual-speed Internal Oscillator:
  - Run-time selectable between 4 MHz and 48 kHz
  - 4  $\mu$ s wake-up from Sleep, 3.0V, typical

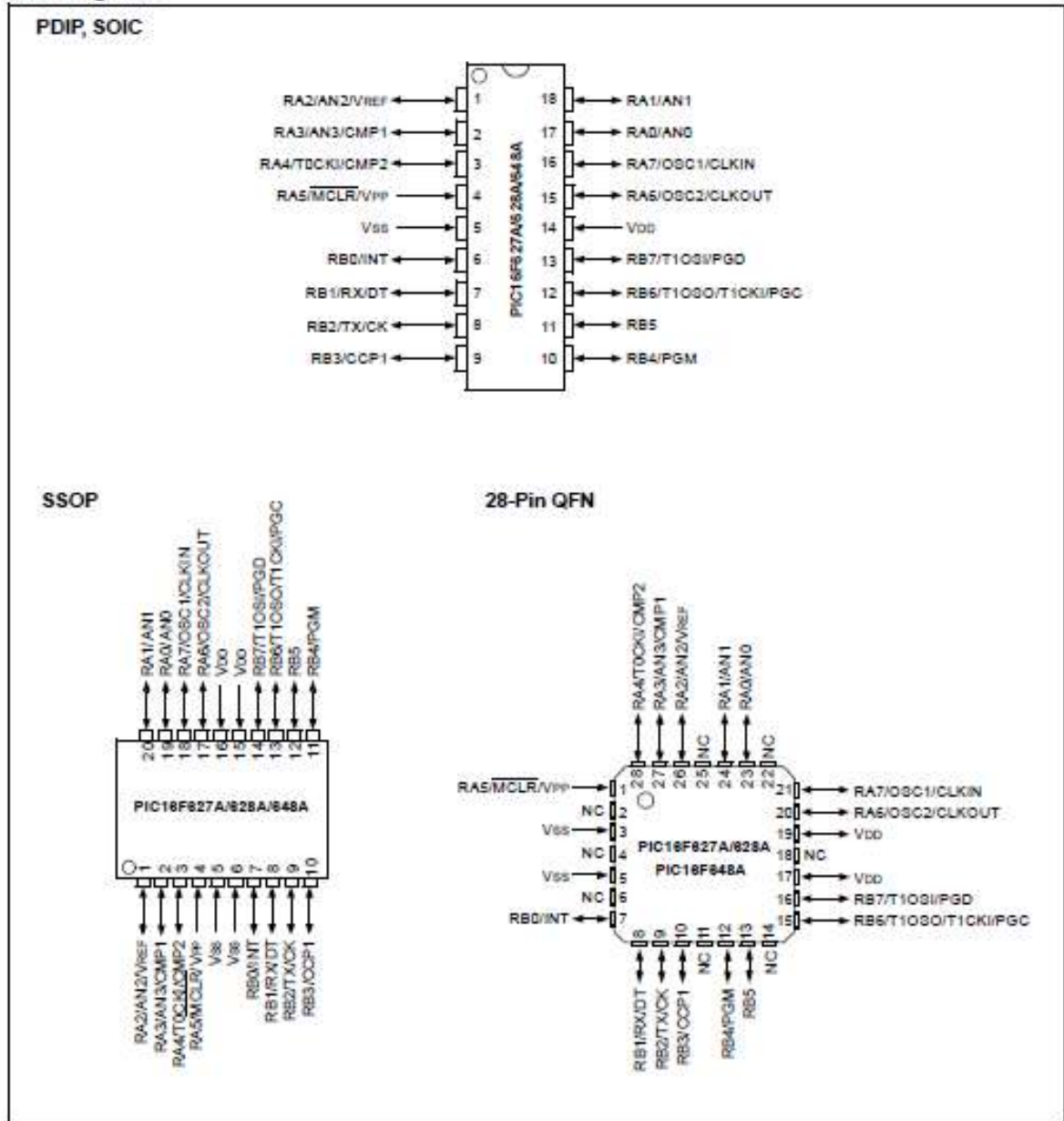
### Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference ( $V_{REF}$ ) module
  - Selectable internal or external reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
  - 16-bit Capture/Compare
  - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

# PIC16F627A/628A/648A

## Pin Diagrams



## K.5. DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE ULTRASONIDO HC-SR04

# HC-SR04 Ultrasonic Range Finder Manual

### Features

- Distance measurement range: 2cm - 400cm
- Accuracy: 0.3cm
- Detect angle: 15 degree
- Single +5V DC operation
- Current consumption: 15mA



Fig. 1

### How It Works

HC-SR04 consists of ultrasonic transmitter, receiver, and control circuits. When triggered it sends out a series of 40KHz ultrasonic pulses and receives echo from an object. The distance between the unit and the object is calculated by measuring the traveling time of sound and output it as the width of a TTL pulse.

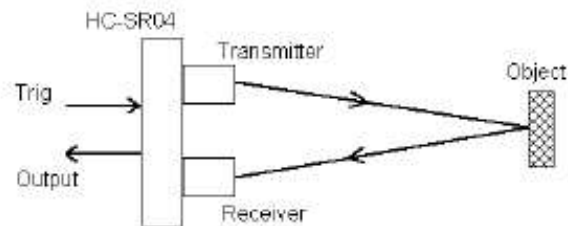


Fig. 2

### How To Use It

To measure distance you need to generate a trig signal and drive it to the Trig Input pin. The trig signal level must meet TTL level requirements (i.e. High level > 2.4V, low level < 0.8V) and its width must be greater than 10us. At the same time you need to monitor the Output pin by measuring the pulse width of output signal. The detected distance can be calculated by the formula below.

$$\text{Distance} = \frac{\text{Pulse Width} * \text{Sound Speed}}{2}$$

where the pulse width is in unit of second and sound speed is in unit of meter/second. Normally sound speed is 340m/s under room temperature.

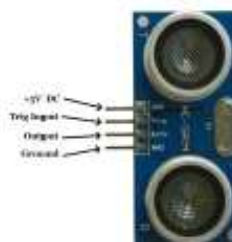


Fig.3



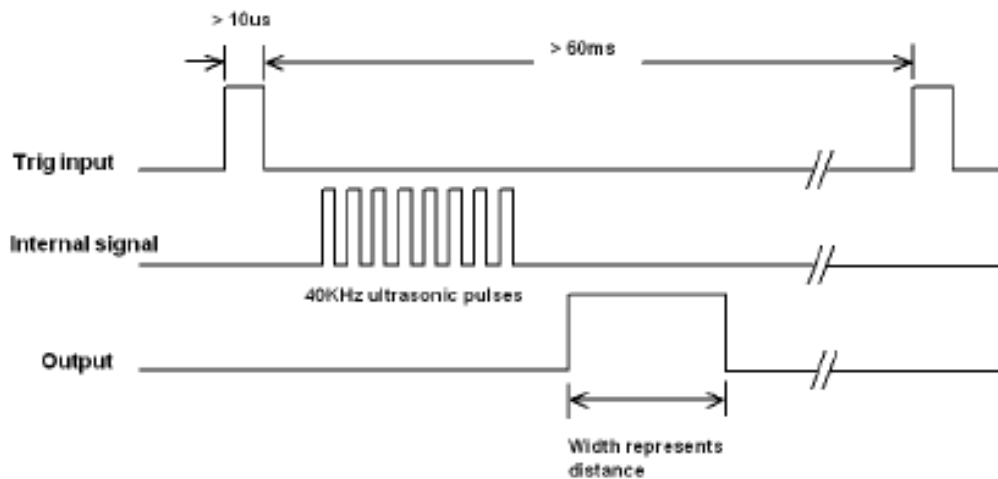


Fig. 4

- Notes:
1. The width of trig signal must be greater than 10us
  2. The repeat interval of trig signal should be greater than 60ms to avoid interference between consecutive measurements.

### Specifications

Parameters	Specification
Operating Voltage	+5VDC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Maximum Distance	400cm
Minimum Distance	2cm
Detect Angle	15 degree
Resolution	0.3cm
Input Trig Signal	$>10\mu s$ TTL pulse
Output Signal	TTL pulse with width representing distance
Weight	
Dimension	45 x 20 x 15 mm

## k.6. DESCRIPCIÓN DEL MULTIPLEXOR 74LS151

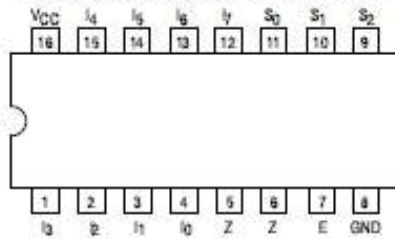


### 8-INPUT MULTIPLEXER

The TTL/MSI SN54/74LS151 is a high speed 8-input Digital Multiplexer. It provides, in one package, the ability to select one bit of data from up to eight sources. The LS151 can be used as a universal function generator to generate any logic function of four variables. Both assertion and negation outputs are provided.

- Schottky Process for High Speed
- Multifunction Capability
- On-Chip Select Logic Decoding
- Fully Buffered Complementary Outputs
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



#### PIN NAMES

$S_0-S_2$	Select Inputs
E	Enable (Active LOW) Input
$I_0-I_7$	Multiplexer Inputs
Z	Multiplexer Output (Note b)
Z	Complementary Multiplexer Output (Note b)

#### LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
$S_0-S_2$	0.5 U.L.	0.25 U.L.
E	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$I_0-I_7$	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Z	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
Z	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

#### NOTES:

- a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40  $\mu$ A HIGH/1.6 mA LOW.  
 b) The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

SN54/74LS151

8-INPUT MULTIPLEXER  
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX  
CERAMIC  
CASE 620-09



N SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 648-08

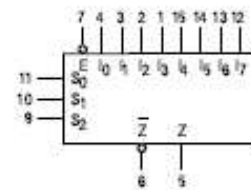


D SUFFIX  
SOIC  
CASE 751B-03

#### ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic  
 SN74LSXXXN Plastic  
 SN74LSXXXD SOIC

#### LOGIC SYMBOL



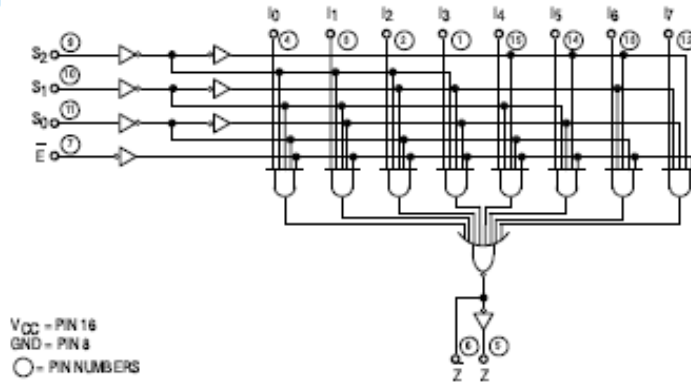
$V_{CC}$  - PIN 16  
 GND - PIN 8

FAST AND LS TTL DATA

6-262

## SN54/74LS151

### LOGIC DIAGRAM



### FUNCTIONAL DESCRIPTION

The LS151 is a logical implementation of a single pole, 8-position switch with the switch position controlled by the state of three Select inputs,  $S_0, S_1, S_2$ . Both assertion and negation outputs are provided. The Enable input (E) is active LOW. When it is not activated, the negation output is HIGH and the assertion output is LOW regardless of all other inputs. The logic function provided at the output is:

$$Z = \bar{E} \cdot (I_0 \cdot \bar{S}_0 \cdot \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 + I_1 \cdot \bar{S}_0 \cdot \bar{S}_1 \cdot S_2 + I_2 \cdot \bar{S}_0 \cdot S_1 \cdot \bar{S}_2 + I_3 \cdot \bar{S}_0 \cdot S_1 \cdot S_2 + I_4 \cdot S_0 \cdot \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 + I_5 \cdot S_0 \cdot \bar{S}_1 \cdot S_2 + I_6 \cdot S_0 \cdot S_1 \cdot \bar{S}_2 + I_7 \cdot S_0 \cdot S_1 \cdot S_2)$$

The LS151 provides the ability, in one package, to select from eight sources of data or control information. By proper manipulation of the inputs, the LS151 can provide any logic function of four variables and its negation.

TRUTH TABLE

E	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	Z	Z
H	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	L	L	X	X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	L	H	X	X	X	X	X	X	X	L	H
L	L	L	H	X	L	X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	H	X	H	X	X	X	X	X	X	L	H
L	L	H	L	X	X	L	X	X	X	X	X	H	L
L	L	H	L	X	X	H	X	X	X	X	X	L	H
L	L	H	H	X	X	X	L	X	X	X	X	H	L
L	L	H	H	X	X	X	H	X	X	X	X	L	H
L	H	L	L	X	X	X	X	L	X	X	X	H	L
L	H	L	L	X	X	X	X	H	X	X	X	L	H
L	H	L	H	X	X	X	X	X	L	X	X	H	L
L	H	L	H	X	X	X	X	X	H	X	X	L	H
L	H	H	L	X	X	X	X	X	X	L	X	H	L
L	H	H	H	X	X	X	X	X	X	X	L	H	L
L	H	H	H	X	X	X	X	X	X	X	H	L	H

H = HIGH Voltage Level  
L = LOW Voltage Level  
X = Don't Care

## SN54/74LS151

### GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

### DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA, V <sub>CC</sub> = V <sub>CC</sub> MIN, V <sub>IN</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> per Truth Table
		74	0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 8.0 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
				0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.4	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			10	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

### AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Select to Output Z		27 18	43 30	ns	V <sub>CC</sub> = 5.0 V C <sub>L</sub> = 15 pF
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Select to Output Z		14 20	23 32		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Enable to Output Z		26 20	42 32		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Enable to Output Z		15 18	24 30		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Data to Output Z		20 16	32 26		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Data to Output Z		13 12	21 20		

### AC WAVEFORMS

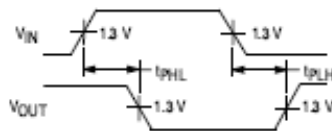


Figure 1

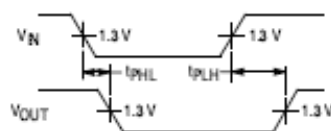
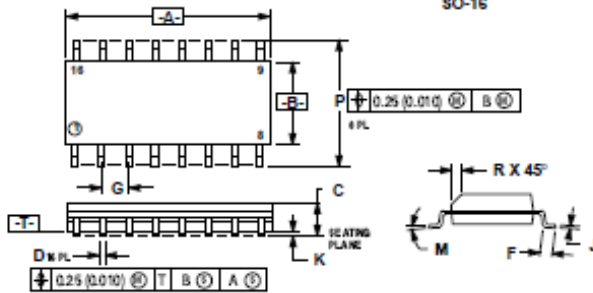


Figure 2

### FAST AND LS TTL DATA

5-254

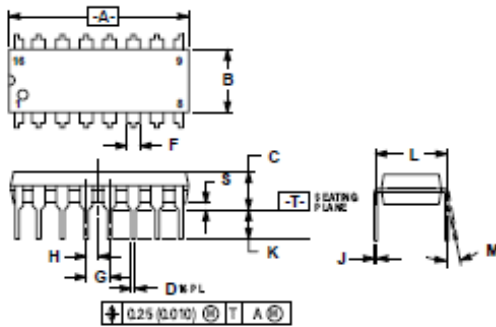
Case 751B-03 D Suffix  
16-Pin Plastic  
SO-16



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM HOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
  5. 751B-03 IS OBSOLETE, NEW STANDARD 751B-02.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	3.40	3.50	0.14	0.14
B	3.40	4.00	0.14	0.16
C	1.25	1.75	0.05	0.07
D	0.85	0.48	0.03	0.02
F	0.40	1.25	0.02	0.05
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.15	0.25	0.00	0.01
K	0.10	0.25	0.00	0.01
M	0"	0"	0"	0"
N	3.40	6.30	0.14	0.25
P	0.25	0.50	0.01	0.02

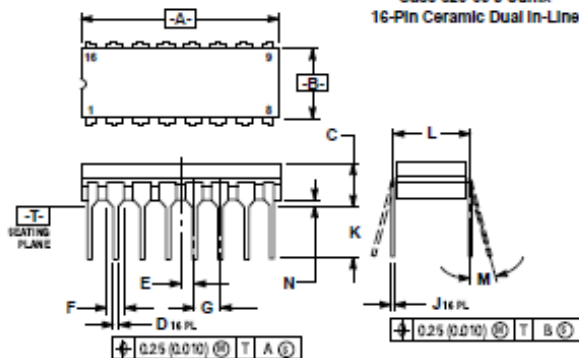
Case 648-08 N Suffix  
16-Pin Plastic



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. DIMENSION "T" TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
  4. DIMENSION "S" DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
  5. ROUNDED CORNERS OF TONAL.
  6. 648-01 THRU 07 IS OBSOLETE, NEW STANDARD 648-04.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	16.40	16.55	0.740	0.770
B	6.85	6.85	0.250	0.270
C	3.40	4.44	0.140	0.175
D	0.85	0.55	0.035	0.021
F	1.02	1.77	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.21	0.44	0.008	0.015
K	2.40	3.80	0.110	0.150
L	7.50	7.74	0.295	0.305
M	0"	0"	0"	0"
S	0.51	1.01	0.020	0.040

Case 620-09 J Suffix  
16-Pin Ceramic Dual In-Line



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
  4. DIM F MAY NARROW TO 0.76 (0.030) WHERE THE LEAD ENTERS THE CERAMIC BODY.
  5. 620-01 THRU 08 OBSOLETE, NEW STANDARD 620-03.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	15.00	15.50	0.750	0.770
B	6.30	7.16	0.240	0.280
C	—	4.15	—	0.165
D	0.98	0.53	0.035	0.021
E	1.27 BSC		0.050 BSC	
F	1.40	1.77	0.055	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
J	0.26	0.27	0.008	0.011
K	—	3.80	—	0.150
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0"	15"	0"	15"
N	0.88	0.88	0.035	0.035

## K.7. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR DE VIBRACIÓN



### 310-101 10mm Shaftless Vibration Motor 3.4mm Button Type

Specification	Value
Voltage [V]	3
Frame Diameter [mm]	10
Body Length [mm]	3.4
Weight [g]	1.2
Voltage Range [V]	2.5~3.8
Rated Speed [rpm]	12000
Rated Current [mA]	75
Start Voltage [V]	2.3
Start Current [mA]	85
Terminal Resistance [Ohm]	75
Vibration Amplitude [G]	0.8

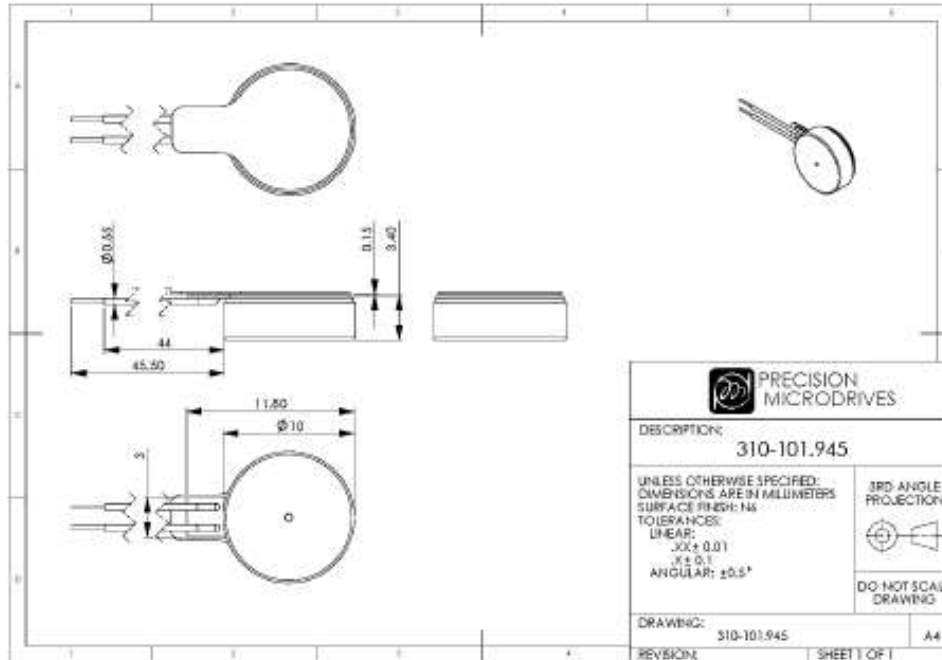


[www.precisionmicrodrives.com](http://www.precisionmicrodrives.com)

Tel: +44 (0) 1932 252482

Fax: +44 (0) 1932 325353

Email: [sales@precisionmicrodrives.com](mailto:sales@precisionmicrodrives.com)



Copyright © 2008 Precision Microdrives Limited. Registered in England and Wales No. 5114021. Registered Office: Unit 23, Cannon Wharf, 35 Evelyn Street, London, SE6 5RT, UK. VAT Registered: GB 900 1238 94

## **k.8. MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO DE BASTÓN ELECTRÓNICO**

### **CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO**

Entre las características más relevantes del bastón se puede mencionar las siguientes: cuenta con una altura de 1,2m, y un peso de aproximadamente 1 libra, la contera o parte inferior del bastón fue reemplazada por una pequeña rueda de 1.5cm de alto y 3.5cm de diámetro, esta ayudará a facilitar la técnica del bastoneo es decir deslizar el bastón de izquierda a derecha ya que esta es la técnica principal que utilizan las personas no videntes para la movilidad en ambientes abiertos.

Cuenta con 3 sensores de ultrasonido ubicados cada uno a diferentes alturas y con diferentes ángulos, los mismos que detectarán objetos a distintas distancias, además estos sensores se encuentran sujetos al bastón por medio de piezas protectoras de material acrílico las mismas que ayudarán a prolongar la vida útil y correcto funcionamiento de los sensores.

El circuito principal del prototipo se encuentra ubicado en la parte superior del bastón debajo de la parte del mango donde se lo sujeta, dicho circuito se encuentra alojado en una caja de plástico de (8.5 x 6 x 3.5) cm y junto a ella se encuentra adherido el porta baterías con la batería de 9V recargable.

La parte superior o agarradera del bastón también fue adecuada para su uso, mediante el acople de una pequeña pieza de plástico ubicada en el extremo superior del mismo, para realizar la adaptación del motor de vibración, el cual se encuentra internamente en la agarradera o mango del bastón, para que al momento de activarse su vibración se pueda sentir en todo el mango del dispositivo.

Todo el cableado para la alimentación, envío y recepción de las señales se encuentra internamente por todo el largo del bastón, dicho cableado se realizó con cables flexibles, óptimos para la aplicación.

## **FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO**

El prototipo de bastón electrónico permite detectar obstáculos frontales a diferentes distancias y alturas por medio de sus 3 sensores de ultrasonido.

El sensor ultrasónico #1 se encuentra ubicado a una altura de 95cm aproximadamente, y es el encargado de detectar obstáculos que se encuentren en el rango de los 10 a 100cm, obstáculos como las ramas de un árbol, el espejo retrovisor de un camión o impedimentos a la altura de la cabeza de la persona no vidente. Cuando el sensor 1 detecte lo antes mencionado, se activará el circuito de alarmas mediante su motor de vibración y su parlante zumbador por un periodo de 1500ms o 1,5s.

El sensor ultrasónico #2 se encuentra ubicado a una altura de 70cm aproximadamente, y con un ángulo de 25° enfocado hacia abajo, este sensor detectará obstáculos en el rango de los 10 a los 120cm, previniendo de objetos tales como paredes o impedimentos que se encuentren a la altura de la cintura de la persona invidente. Cuando el sensor 2 detecte lo antes mencionado, se activará el circuito de alarmas por un periodo de 1000ms o 1s.

El sensor ultrasónico #3 se encuentra ubicado a una altura de 12cm aproximadamente y con un ángulo de 25° hacia abajo es el encargado de detectar obstáculos que se encuentren en el rango de los 10 a 100cm, obstáculos a ras del piso con los cuales el discapacitado pueda tropezar o caer, tales como baches, gradas, piedras o deformaciones que se encuentren en el terreno por donde circula la persona discapacitada. Cuando el sensor 3 detecte lo antes mencionado, se activará el circuito de alarmas por un periodo de 500ms o 0.5s.



## PARTES QUE INTEGRAN EL MÓDULO PRINCIPAL

En las figuras 60 y 61 se muestra el módulo principal del sistema con cada una de sus partes

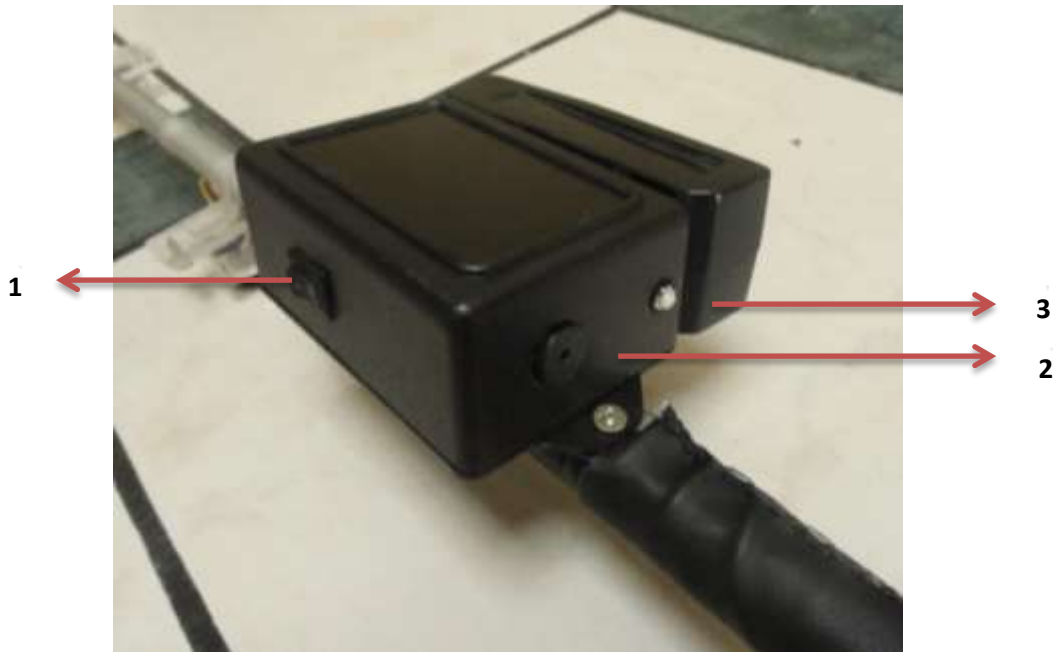


Figura 60. Partes que integran el módulo principal. Fuente [El Autor].

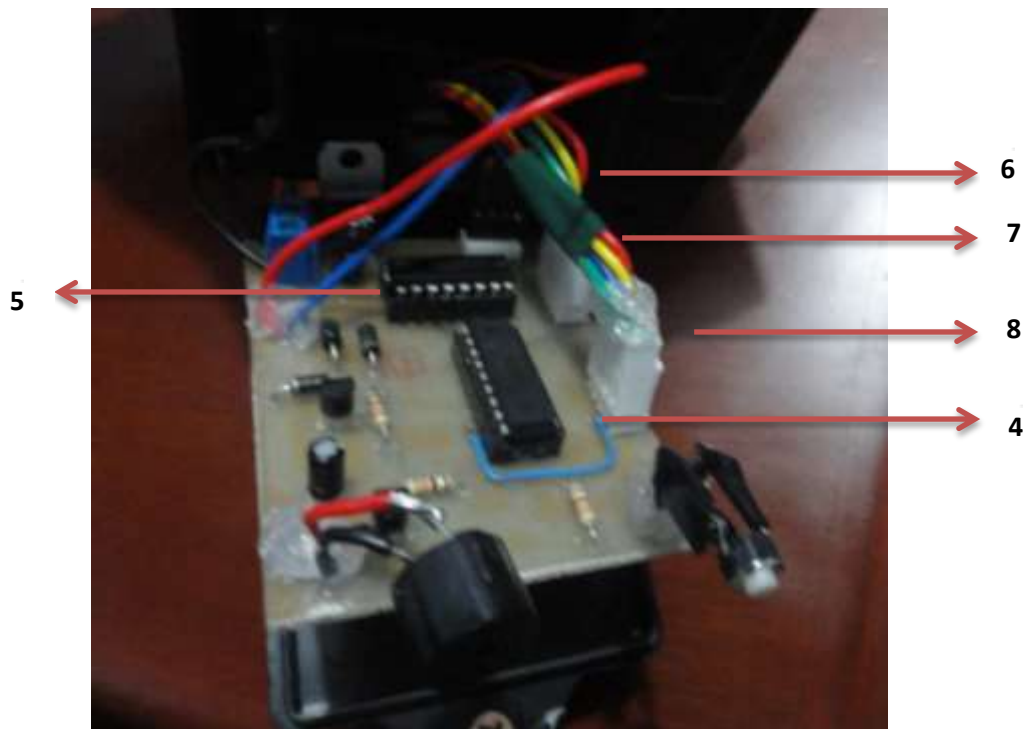


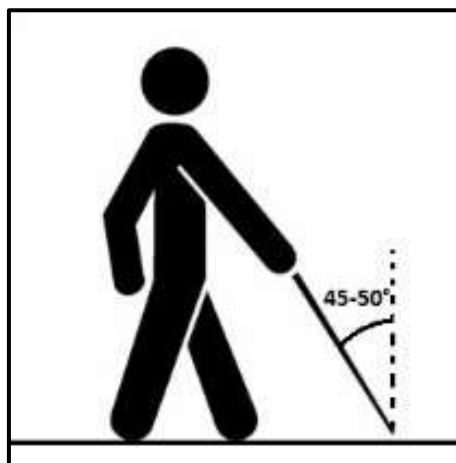
Figura 61. Partes que integran el módulo principal. Fuente [El Autor].

1. Switch On-Off
2. Parlante – Buzzer
3. Botón de Reset
4. Microcontrolador
5. Multiplexor
6. Conector Sensor 1
7. Conector Sensor 2
8. Conector Sensor 3

### **MODO DE USO**

A continuación se describen los pasos para el correcto uso del bastón por parte de la persona no vidente.

1. Se enciende el dispositivo mediante el switch de encendido y apagado ubicado en la parte lateral derecha de la caja donde se aloja el circuito principal.
2. El dispositivo dará un aviso de su inicialización mediante la activación de las alarmas por un corto periodo de tiempo (200ms) dos veces consecutivas.
3. La persona no vidente deberá ubicar el bastón frente suyo, de la misma manera que se usa un bastón tradicional, formando un ángulo de entre 45 a 50°, tal y como se muestra en la figura 62.



*Figura 62. Ubicación del prototipo de bastón. Fuente [El Autor].*

4. El modo de agarre del bastón es introduciendo la mano por en medio de la agarradera y agarrando el bastón normalmente extendiendo el dedo índice si se desea. Debido a que en el momento en que se activa el micromotor su vibración puede ser captada a través de todo el mango del dispositivo no es necesario tener sujetado el bastón de maneras distintas las cuales afectarían el modo natural del andar de la persona no vidente, el modo de agarre se muestra en la siguiente figura.



*Figura 63. Modo de sujetar el prototipo de bastón. Fuente [El Autor].*

5. Ya que el bastón cuenta con la rueda giratoria completamente, la persona no vidente podrá caminar deslizando más fácilmente el bastón de izquierda a derecha, hasta que el dispositivo vaya detectando diferentes obstáculos y el invidente tenga que hacer una maniobra para esquivarlos.
6. En caso de que el bastón presente alguna alteración en su uso se puede usar el botón del reset, el mismo que se encuentra en la parte superior izquierda de la caja del circuito principal.

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO**

Para el mantenimiento por parte del técnico encargado se debe considerar lo siguiente:

1. Revisar el correcto funcionamiento de todos los elementos.
2. Si el dispositivo no funciona, lo primero que se debe revisar es si la batería está cargada, en caso de no estarlo se la debe conectar al enchufe mediante su cargador. En caso de que el dispositivo siga dando problemas lo más conveniente es que sea revisado por el técnico especialista.
3. Se recomienda llevar una batería extra de repuesto en caso de que el uso del dispositivo vaya a ser prolongado.
4. Es aconsejable dejar que la batería se cargue durante toda la noche, así al día siguiente se podrá hacer uso normal del dispositivo.
5. Tratar con cuidado el dispositivo, para de esta manera evitar daños o averías en el funcionamiento del mismo.
6. Cuando no se vaya a usar el dispositivo es recomendable retirar la batería del circuito, para evitar daños en caso de que se rieguen los componentes tóxicos de la batería.