

**Detector de Obstáculos por Ultrasonido para personas con limitación visual en medios  
estructurados.**

Alejandro Hurtado Fierro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnológicas e Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Ibagué  
2017

**Detector de Obstáculos por Ultrasonido para personas con limitación visual en medios estructurados.**

Alejandro Hurtado Fierro

Asesor: Elber Fernando Camelo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnológicas e Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Ibagué

2017

## **DEDICATORIA**

A **Dios**, por permitirme realizar este gran sueño.

A mi **esposa e hijos** por el gran apoyo incondicional que me brindaron y el constante sacrificio que conmigo realizaron.

A mis Padres, Hermanos, Suegros y cuñados por su constante apoyo moral.

**ALEJANDRO HURTADO FIERRO**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor reitera su agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la ejecución de este trabajo de grado en especial a:

Al Ingeniero **ELBER FERNANDO CAMELO**, Por su gran apoyo, aporte profesional a lo largo de toda la carrera, su invaluable asesoría en la culminación de este proyecto y la elaboración de este documento.

## Índice.

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducción.....  | 1  |
| 2. Objetivos.....   | 2  |
| 2.1 Objetivo general .....  | 2  |
| 2.2 Objetivos específicos.....  | 2  |
| 3. Definición del problema .....  | 3  |
| 4. Justificación .....  | 4  |
| 5. Estado del arte .....  | 5  |
| 6. Matriz DOFA.....   | 8  |
| 7. Marco teórico.....   | 9  |
| 7.1 Microcontrolador 16F628A.....   | 9  |
| 7.2 Fuente (Source): .....  | 11 |
| 7.3 Sensor Ultrasónico: .....   | 11 |
| 7.4 LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ): .....                                  | 12 |
| 7.5 Dip Switch:.....  | 12 |
| 7.6 Amplificador: .....   | 13 |
| 7.7 Motor Vibrador:.....  | 14 |
| 7.8 Potenciómetro:.....   | 14 |
| 8. Diseño e Implementación .....  | 15 |
| 8.1 Funcionamiento de los Sensores Ultrasónicos .....                             | 15 |
| 8.2 Diseño del circuito detector de obstáculos. ....                              | 19 |
| 8.3 Diseño del sistema de alimentación del Dispositivo. ....                      | 22 |
| 8.4 Diseño del sistema de vibración del Dispositivo.....                          | 23 |
| 9. Circuitos Impresos realizados para el montaje y ensamble del dispositivo. .... | 25 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 10.  | Ensamble del dispositivo detector de Obstáculos. ....                               | 27 |
| 11.  | Pruebas realizadas al Dispositivo detector de obstáculos en diferentes materiales.. | 31 |
| 11.1 | Concreto: .....   | 31 |
| 11.2 | Madera: .....   | 35 |
| 11.3 | Vidrio:.....  | 39 |
| 11.4 | Plástico: .....   | 43 |
| 12.  | Conclusiones.....   | 48 |
| 13.  | Referencias Bibliográficas.....   | 50 |
| 14.  | Apéndice A .....  | 51 |
| 15.  | Apéndice B .....  | 53 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. PIC 16F628A .....  | 9  |
| Figura 2. Diagrama Esquemático Pic 16F628A .....   | 9  |
| Figura 3. Fuente Circuito del Microcontrolador.....                                      | 11 |
| Figura 4. Fuente Circuito del Amplificador.....  | 11 |
| Figura 5. Sensor Ultrasónico HC - SR04.....  | 11 |
| Figura 6. LCD 16x2 .....   | 12 |
| Figura 7. Dip Switch .....   | 12 |
| Figura 8. Circuito Amplificador encapsulado.....   | 13 |
| Figura 9. Diagrama esquemático.....  | 13 |
| Figura 10. Vibrador.....   | 14 |
| Figura 11. Potenciómetro.....  | 14 |
| Figura 12. Funcionamiento de los sensores Ultrasónicos.....                              | 15 |
| Figura 13. Diagrama de Tiempos del sensor HC- SR04.....                                  | 17 |
| Figura 14. Características Técnicas del sensor HC- SR04.....                             | 18 |
| Figura 15. Diagrama de Bloques del Dispositivo detector de Obstáculos.....               | 21 |
| Figura 16. Circuito electrónico del dispositivo detector de Obstáculos.....              | 21 |
| Figura 17. Circuito Amplificador del dispositivo detector de Obstáculos.....             | 22 |
| Figura 18. Circuito Fuente del dispositivo detector de Obstáculos.....                   | 23 |
| Figura 19. Circuito vibrador del dispositivo detector de Obstáculos.....                 | 24 |
| Figura 20. Circuito impreso de la placa de dipswitch del dispositivo.....                | 25 |
| Figura 21. Circuito impreso del amplificador del dispositivo detector de Obstáculos..... | 25 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 22. Circuito impreso de la placa principal del dispositivo detector de Obstáculos...  | 26 |
| Figura 23. Circuito impreso de la placa del vibrador del dispositivo.....                    | 26 |
| Figura 24. Circuito vibrador del dispositivo detector de Obstáculos.....                     | 27 |
| Figura 25. Circuito Amplificador del dispositivo detector de Obstáculos.....                 | 27 |
| Figura 26. Circuito de ajuste (Dip switch) del dispositivo detector de Obstáculos.....       | 28 |
| Figura 27. Circuito principal del dispositivo detector de Obstáculos.....                    | 28 |
| Figura 28. Circuito completo del dispositivo detector de Obstáculos.....                     | 29 |
| Figura 29A. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – Vista Frontal.....          | 29 |
| Figura 29B. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – Lado Derecho.....           | 30 |
| Figura 29C. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – parte superior.....         | 30 |
| Figura 30. Gráfica Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en concreto..... | 33 |
| Figura 31: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs distancia (cm) en concreto.....               | 34 |
| Figura 32: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs distancia (cm) en madera.....                 | 37 |
| Figura 33: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) VS distancia (cm) práctica en madera.....        | 38 |
| Figura 34: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs. Distancia (cm) en vidrio.....                | 41 |
| Figura 35: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) VS distancia (cm) práctica en vidrio.....        | 42 |
| Figura 36: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs. Distancia (cm).....                          | 45 |
| Figura 37: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) VS distancia (cm), práctica en plástico.....     | 46 |
| Figura 38: Prueba 1.....   | 47 |
| Figura 39: Prueba 1.....   | 47 |
| Figura 40: Prueba 1.....   | 47 |
| Figura 41: Prueba 1.....   | 47 |



## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Características de las distintas referencias de PIC.....                  | 19 |
| Tabla 2. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en concreto..... | 33 |
| Tabla 3. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en concreto.....      | 34 |
| Tabla 4. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en madera.....   | 37 |
| Tabla 5. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en madera.....        | 38 |
| Tabla 6. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en vidrio.....   | 41 |
| Tabla 7. Lectura ancho de pulso según su distancia, practica en vidrio.....        | 42 |
| Tabla 8. Lectura Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm).....     | 45 |
| Tabla 9. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en plástico.....      | 46 |

## Glosario

**Medios Estructurados.** Medios Ambientales en los cuales se conocen las características del sitio sin tener la necesidad de ver y saber en dónde se está.

**Medios No Estructurados.** Medios Ambientales en los cuales no se conocen las características del sitio en donde se está; es necesario ver y observar el medio para conocerlo.

**Hardware.** Es la parte física y tangible de cualquier equipo o dispositivo.

**Software.** Es la parte lógica e intangible que conforman los programas de computación o instrucciones.

**PIC.** Es la Generación de microcontroladores fabricados por la Microchip.

**Microchip.** Es la fábrica de integrados llamados microcontroladores.

**Ondas.** Señales electromagnéticas o lumínicas que se propagan en el medio ambiente. La velocidad de propagación depende de la naturaleza de la onda, por ejemplo: El sonido se propaga a 340m/s cuando la temperatura se encuentra entre 15 y 35 grados Celsius; la luz se propaga a 300.000 km/s.

**Frecuencia .**Es el número de veces en que se repite un suceso.

**Materiales Piezoeléctricos.** Son aquellos que tienen propiedades eléctricas por naturaleza.

**CPU.** Unidad central de proceso

**Programa.** Es un conjunto de instrucciones necesarias para el funcionamiento de un software específico.

**ROM.** Memoria que solamente se puede leer.

**RAM.** Memoria para escritura, llamada también memoria volátil.

**EPROM.** Memoria de lectura que se puede borrar mediante luz ultravioleta.

**EEPROM.** Memoria que se puede programar y borrar eléctricamente.

**A/D.** Sigla Analógico – digital.

**Temporizadores.** Sistema implementados para medir tiempo, pueden ser mecánicos, eléctricos, electrónicos o computacionales (sistemas).

**Amplificador.** Dispositivo electrónico que amplía señales electromagnéticas

**Memoria.** Capacidad de un sistema o dispositivo para almacenar información.

## Resumen

El campo de la ultrasónica ha penetrado bastante en el mundo de la industria desde que Langevin en 1921 patentó un dispositivo para detección submarina, con el que resolvió el problema de la generación de ondas de ultrasonido por medio del fenómeno de la piezoelectricidad (Horowitz, 1989).

El ultrasonido tiene muchas utilidades especialmente en el campo de la medicina, y con este proyecto se dio la pauta para incrementar a los usos existentes, uno más para que sirva de ayuda a personas con discapacidad visual aplicando la electrónica y el diseño ingenieril para el desarrollo de equipos en pro de las personas con esta condición.

El diseño del dispositivo sin ser robusto tiene todas las bases para un proyecto de ingeniería por lo tanto consta de cuatro tarjetas impresas que conforman un circuito fuente, el circuito de control y procesamiento de la señal ultrasónica y un amplificador convencional.

Utilizando el mismo principio que utilizan los murciélagos, se va a emplear un sensor ultrasónico que emite señales con una frecuencia de 40 KHz como dispositivo de entrada para la captura de la señal ultrasónica.

El discapacitado visual podrá realizar labores de trabajo común acorde a la libertad que le dará el dispositivo al no tener que depender del bastón que comúnmente usa, ya que le permitirá tener libres ambas manos. Una vez en uso el dispositivo detecta los obstáculos a

una distancia determinada, lo suficiente para que pueda evaluar su entorno y darse cuenta de que hay o no un obstáculo presente. El proyecto se resume en brindar una posible solución al problema que presentan los discapacitados visuales para desplazarse de un lugar a otro en medios estructurados sin demasiados inconvenientes.

## **Abstract**

The field of ultrasonics has penetrated quite a bit in the world of industry since Langevin in 1921 patented a device for submarine detection, which solved the problem of the generation of ultrasound waves through the phenomenon of piezo-electricity (Horowitz, 1989).

Ultrasound has many uses especially in the field of medicine, and with this project was given the guideline to increase existing uses, one more to help people with visual impairment by applying electronics and engineering design for development Of teams in favor of people with this condition.

The design of the device it without being robust it has all the bases for an engineering project therefore consists of four printed circuit boards that form a source circuit, control and processing of the Ultrasonic signal and a conventional amplifier. Using the same principle that bats use, an ultrasonic sensor that emits signals with a frequency of 40 KHz will be used as input device for the capture of the ultrasonic signal.

The visually impaired person can perform common work tasks according to the freedom that the device will give him not having to depend on the cane he usually uses, since it will allow him to have both hands free. Once in use the device detects obstacles at a certain distance, enough so that it can assess its surroundings and realize that there is or is not a present obstacle. The project is summarized in providing a possible solution to the problem

of the visually impaired to move from one place to another in structured media without too many inconveniences.

## 1. Introducción

Existen leyes y normatividades que incluyen el empleo para personas discapacitadas, incluso esto trae beneficios y rebaja de impuestos a las empresas que lo acatan y lo ejecutan; pero normalmente las empresas que lo hacen no contratan discapacitados visuales ya que esto implicaría un tratamiento especial hacia esta persona, sin tener en cuenta que por falta de algún dispositivo o medio que le permita desenvolverse autónomamente haya que utilizar un recurso adicional.

De acuerdo a estadísticas suministradas por el DANE la discapacidad visual ocupa el segundo lugar en el escalafón de personas con discapacidad visual del total de la población colombiana con discapacidad de alguna clase; en nuestro país debido a empleadores y/o empleados irresponsables los cuales por negligencia de no usar los elementos de protección sufren lesiones graves en sus órganos visuales causando en muchos casos la pérdida de la visión.

Con el prototipo diseñado y elaborado para esta tesis las personas impedidas visualmente podrán cumplir con sus actividades de manera normal y así poder desempeñarse en su entorno; el trabajo se realizó como proyecto de grado para la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, CEAD Ibagué; en el cual se aplicó el concepto de Ingeniería y se plasmó el conocimiento no solo académico sino también el que como profesionales debemos siempre utilizarlos en pro de la humanidad.



## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un dispositivo electrónico que permita detectar obstáculos para ayudar en su desplazamiento a personas con discapacidad visual en medios estructurados.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Diseñar un dispositivo de onda ultrasónica para detección de Obstáculos a diferentes distancias.
2. Programar en un microcontrolador la interfaz entre el dispositivo ultrasónico y el sistema de aviso a personas con discapacidad visual.
3. Validar el funcionamiento del dispositivo implementado.

### **3. Definición del problema**

El proyecto resulta de un análisis realizado con base en el porcentaje de la tasa de desempleo de las personas con discapacidad visual; aunque el gobierno ha emitido decretos y leyes en las cuales expresa que dará rebaja de impuestos y beneficios a quién emplee a personas con discapacidad (artículo 49° de la Ley 29973 y artículo 31 de la Ley 361 de 1997), pero esto no llena las expectativas esperadas de los discapacitados visuales que aún siguen llenando la tasa de desempleo; el desempleo en el país para el año 2013 era de un dígito 9%, no obstante la tasa de desempleo para la población con discapacidad visual es seis veces la del país (INCI, 2013).

Por lo tanto se propone realizarlo para medios estructurados, ya que son los que se encuentran normalmente en la locación de una empresa cualquiera; un medio estructurado es el medio ambiental al que se conocen las características físicas sin tener la necesidad de ver y saber en dónde se está, sin embargo para que funcione en medios no estructurados se necesitaría de sensores y transductores inteligentes, y de estudios más completos y profundos sobre el alcance, difusión, generación y funcionamiento de los ultrasonidos.

Como resultado de este proyecto queda la siguiente pregunta: ¿Es posible mediante el uso de la electrónica, implementar un dispositivo que le permita a las personas con discapacidad visual desplazarse en medios estructurados y así cumplir con las tareas en un lugar de trabajo?

#### **4. Justificación**

Con este proyecto se busca suplir la necesidad visual con medios auditivos, que permitan la identificación de la posición de obstáculos, donde los principales beneficiados son las personas con discapacidad visual, sus familias y los que dependen directamente de ellos.

Colombia tiene registrados 1.143.992 casos de personas con algún grado de discapacidad visual, que representan el 43,5 % del total de discapacitados del país, de ese grupo, aproximadamente 18.952 son menores de cinco años de edad y 83.212 son niños entre los 5 y los 11 años, el resto son adultos de los cuales el 50% están en su etapa productiva, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE.

Con el uso de este dispositivo se facilita la movilidad en medios estructurados y así incentivar la contratación de personas con discapacidad visual por parte de las empresas puesto que estas pueden ser más productivas de lo normal aportando al mejoramiento de calidad de vida y desarrollo del individuo mediante un dispositivo basado en tecnología ultrasónica.

Ahora bien, la universidad UNAD a través de la carrera de Ingeniería electrónica brinda la oportunidad a sus estudiantes de que al finalizar sus estudios estos hayan adquirido los conocimientos suficientes de forma ética y profesional para realizar un proyecto como el que se describe en este documento, ya que ofrece todas las herramientas para ello de una forma metodológica y de autoaprendizaje, lo que hace al Ingeniero Electrónico de la UNAD un profesional que puede asumir cualquier reto y llevarlo a cabo.

## 5. Estado del arte

Los ultrasonidos son vibraciones mecánicas de muy alta frecuencia que ocurren en el medio que está alrededor de la fuente generadora y son imperceptibles al oído humano, porque éste sólo capta oscilaciones entre 20Hz y 20 KHz. Pueden ser producidos naturalmente como el sonido de los delfines para comunicarse o de los murciélagos para volar en la noche. Por ejemplo ciertas fugas de presión en poros de tubería sólo pueden ser “oídas” por el ser humano a través de detectores ultrasónicos. Muchos perros son adiestrados con silbatos que emiten un sonido que no es audible a sus entrenadores, lo que constituye un ejemplo de generación artificial de estas ondas (Zemansky, 2009).

Por lo tanto las ondas vibratorias de frecuencia superior al límite de audición normal se llaman ultrasonidos, y, por ello, la palabra incluye ondas de más de alrededor de 20000 Hz. Sin embargo, las ondas generadas de 500 MHz hasta 1000 MHz, también caen en esta definición. Muchos fenómenos, especialmente aquellos que se presentan en intervalos de frecuencias superiores, todavía están inexplicados; también existen numerosas zonas de frecuencia en que no coinciden la teoría clásica y los hechos observados; las frecuencias de 10.000 a 100.000 Hz se usan en aplicaciones industriales, sondeo sonoro, señalización submarina y comunicaciones. Las de 10.000 a 20.000 Hz se usan en ensayos de materiales para buscar fisuras, para tratamientos químicos, terapia médica (Zemansky, 2009).

Las ondas ultrasónicas son un tipo especial de movimiento ondulatorio donde se desplazan las partículas del medio en el que la onda viaja. La presencia de un medio es esencial para la transmisión de ondas ultrasónicas. La propagación toma la forma de un desplazamiento de elementos sucesivos del medio. Si la sustancia es elástica hay una fuerza recuperadora que tiende a devolver cada elemento del material a su posición original. Como todos estos medios tienen también inercia, la partícula continúa moviéndose después de volver a la posición en que comenzó su movimiento y, finalmente, alcanza otra posición diferente, más allá de la original. Desde este segundo punto vuelve a su posición original, alrededor de la cual continúa oscilando con amplitud constantemente decreciente (Raymond A. Serway, 2008).

Ahora bien; este no es un problema nuevo, personas con discapacidad visual han existido siempre y desde algún tiempo atrás el método usado para guiar a una persona con esta discapacidad era el lazarillo, que después fue reemplazado con el perro guía y que hoy día todavía está en uso; sin embargo, en el mundo moderno existen compañías que ya están trabajando en construir dispositivos para este tipo de necesidades y que mejoran rotundamente la calidad de vida de una persona con discapacidad visual.

El inconveniente surge cuando lo quieren adquirir ya que se puede encontrar con precios alrededor de los 300 Euros, aunque se pueden conseguir aparatos que detectan distancias a bajo costo pero el detalle es que su alcance es del orden de los centímetros y estos son sensores utilizados en la tecnología de los robots móviles y la mayoría son usados para que el robot no se salga de un espacio determinado.

La compañía SAMSUNG está trabajando en un proyecto que incluye un teléfono móvil especialmente para discapacitados visuales, este trae muchas funciones y de seguro será un éxito, pero no han hablado del costo que tendrá para el usuario final, al momento entregaron 200 ejemplares al INCI (Instituto Nacional Para Ciegos) y están a prueba.

En Suiza, en el laboratorio de realidad virtual de la escuela politécnica federal se diseñó una chaqueta con unos sensores que le permiten al usuario estar alerta cuando estos detectan un obstáculo e inmediatamente vibran, la idea general es ofrecer a la persona con discapacidad visual la posibilidad de adquirir nuevas habilidades para entender su entorno; en Madrid (España), en una convención para personas con discapacidad visual se realizó una exposición con dispositivos de ayuda de este tipo; se mostraron muchos detectores de obstáculos y la mayoría eran cómodos y de tamaño bolsillo, pero el problema básico radicaba en el costo ya que eran demasiado altos y los hacía pocos asequibles.

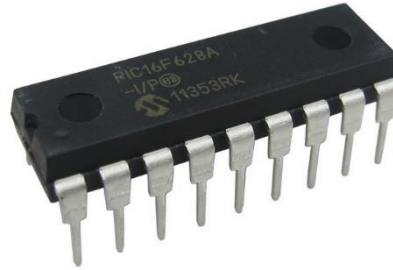
También en Francia, hace unos años atrás un grupo de bioingeniería desarrolló un dispositivo detector de obstáculos el cual era un bastón y en su punta final tenía un sensor de ultrasonido el cual activaba una alarma sonora o vibratoria según la escogencia del usuario, pero este tiene el inconveniente que no libera las manos del usuario, ya que de alguna manera sigue siendo un bastón; con este proyecto se abre la posibilidad de que una persona con discapacidad visual pueda tener acceso a esta tecnología, ya que su construcción es de bajo costo; y la razón es porque los dispositivos que la componen son comerciales y de fácil adquisición.

## 6. Matriz DOFA

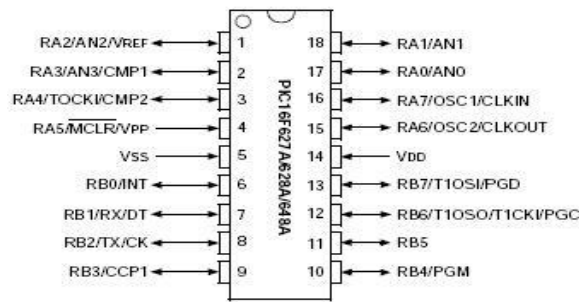
|   |   |
|---|---|
| <p><b>D</b></p> <p>1) No hay mucha demanda puesto que este producto es algo nuevo en el mercado con referencia a esta utilidad y disposición.</p>   | <p><b>O</b></p> <p>1) Control del movimiento para el invidente.</p> <p>2) Escases de sistemas en la actualidad.</p> <p>3) Facilidad de movimiento en medios estructurados.</p> <p>4) Confiabilidad y comodidad en el Diseño.</p> <p>5) Fácil operación prueba del instrumento</p> |
| <p><b>F</b></p> <p>1) Respuesta rápida de ejecución</p> <p>2) Fácil mantenimiento y ensamble</p> <p>3) Excelente ubicación y comodidad</p> <p>4) Confiabilidad y rapidez de ejecución</p> <p>5) Circuitos integrados fáciles de conseguir</p> | <p><b>A</b></p> <p>1) Manejo inapropiado del equipo por parte del usuario.</p> <p>2) Difícil adaptación al equipo por parte de usuario.</p> <p>3) Entrenamiento de ejecución del equipo</p>   |

## 7. Marco teórico

### 7.1 Microcontrolador 16F628A



**Figura 1. PIC 16F628A**([www.microchip.com](http://www.microchip.com))



**Figura 2. Diagrama Esquemático Pic 16F628A**([www.microchip.com](http://www.microchip.com))

Es el llamado cerebro del sistema, y requiere de toda su configuración circuital básica, y programación por software para su funcionamiento y operación normal.

Es de acotar que no se trata de un circuito inteligente; y aunque la implementación es bastante sencilla, la parte principal de este se encuentra en el software; ya que por sí solo no ejecuta ninguna operación, esta particularidad protege al diseño contra cualquier tipo de plagio; Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última



característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (*embedded controller*).

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea.

Para el software de programación hay varias opciones, se puede especificar que el PIC16F628A se puede programar en lenguaje ensamblador y también en lenguaje C; este último será el que se empleará para realizar el programa que tendrá el microcontrolador.

En cuanto a software para programar en lenguaje C, se tienen varias opciones, entre ellas están el PIC C, CCS C, Mikro C y MPLAB X: este último es el que suministra la compañía microchip que es la que produce el integrado y es la escogida para realizar la programación del microcontrolador.

## 7.2 Fuente (Source):



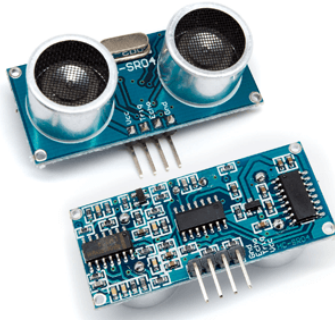
**Figura 3. Fuente Cto Microcontrolador**



**Figura 4 . Fuente Cto Amplificador**

Circuito que genera la potencia de trabajo de un dispositivo eléctrico o electrónica. Para este dispositivo se utilizaron dos fuentes primaria de 6V cada una. La primera para alimentar el circuito del vibrador y el amplificador y la segunda para alimentar el circuito del microcontrolador.

## 7.3 Sensor Ultrasónico:



**Figura 5 . Sensor Ultrasónico HC - SR04** (Fuente: [www.luisllamas.es](http://www.luisllamas.es))

El 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 cm a 450 cm. El sensor funciona por ultrasonido y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, se destaca por su bajo consumo y gran precisión.

#### 7.4 LCD ( *Liquid Cristal Display*):

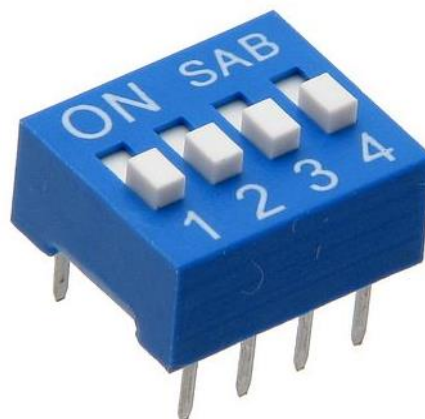


**Figura 6 . LCD 16x2**

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un Dispositivo Controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), El tipo utilizado para este proyecto dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (píxeles), aunque los hay de otro número de filas y caracteres.

Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el más comúnmente usado.

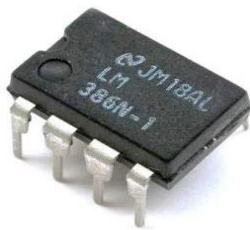
#### 7.5 Dip Switch:



**Figura 7 . Dip Switch** (Fuente:[www.teslabem.com](http://www.teslabem.com))

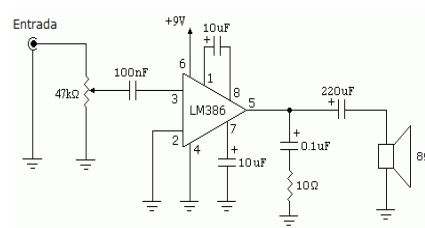
Un **DIP** se trata de un conjunto de interruptores eléctricos que se presenta en un formato encapsulado, para este prototipo se usó uno de 4 interruptores, que serán los encargados de acuerdo a su posición de programar la distancia y alcance de la detección de Obstáculos; estos vienen en diferente encapsulado dependiendo de la necesidad.

## 7.6 Amplificador:



**Figura 8 . Circuito Amplificador encapsulado**

*Fuente: [www.electrosmash.com](http://www.electrosmash.com)*

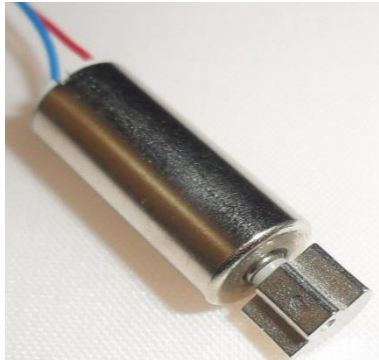


**Figura 9. Diagrama esquemático**

*Fuente: [www.electrosmash.com](http://www.electrosmash.com)*

Circuito electrónico que cuya función es incrementar la intensidad de corriente, la tensión o la potencia de la señal que se le aplica a su entrada; obteniéndose la señal *incrementada* a la salida, para este caso será una señal audible que servirá de guía para el discapacitado visual al momento en que el dispositivo detecte un obstáculo y al inicio del funcionamiento para informarle en que rango de detección está ajustado.

### 7.7 Motor Vibrador:



**Figura 10. Vibrador** (fuente: <http://www.suallabs.com>)

Es un motor en miniatura el cual en su eje de salida tiene acoplado un semicirculo llamado excentrica, para que presente un desbalanceo mecánico al momento de funcionar; es utilizado en muchos dispositivos como por ejemplo en los teléfonos celulares, y su función principal es no hacer ruido; en este dispositivo tiene la misma función especialmente cuando se utiliza en sitios con demasiado nivel de ruido que impiden escuchar la señal sonora.

### 7.8 Potenciómetro:



**Figura 11. Potenciómetro** (fuente: [www.geekbotelectronics.com](http://www.geekbotelectronics.com))

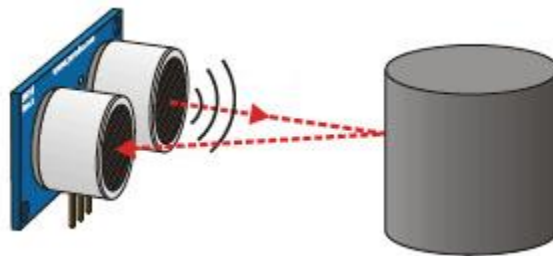
Dispositivo Electrónico también conocido como resistencia variable que se conecta a la entrada del amplificador para controlar el volumen del mismo.

## 8. Diseño e Implementación

El diseño de este dispositivo se basa en el funcionamiento de los sistemas y sensores ultrasónicos unido con la tecnología electrónica que ofrece un circuito integrado programable y todos sus periféricos.

En los siguientes renglones se expone la explicación, el funcionamiento de los elementos electrónicos utilizados y la concepción del diseño del dispositivo incluyendo planos y circuitos electrónicos, diagramas de bloques y finalmente la implementación del dispositivo.

### 8.1 Funcionamiento de los Sensores Ultrasónicos



**Figura 12. Funcionamiento de los sensores Ultrasónicos.**

(fuente: [www.cursoarduino.proserquisa.com](http://www.cursoarduino.proserquisa.com))

El ultrasonido es sonido exactamente igual al que escucha el ser humano normalmente, la única diferencia es que se genera a una frecuencia mucho, por esta razón no es audible por el oído humano ya que su frecuencia es del orden de los 40 KHz. Por esta razón a este tipo de sonidos se les denomina Ultrasonidos.

El funcionamiento básico de los sensores ultrasónicos es exactamente igual al de un radar en miniatura, la figura 12, muestra un sensor donde su receptor emite un pulso de ultrasonido,

el cual rebota sobre un objeto cualquiera y su reflejo es detectado por la parte receptora del sensor.

La mayoría de este tipo de sensores son de bajo costo y se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica.

Ahora bien; midiendo el tiempo que tarda la señal ultrasónica en ir y volver se puede calcular la distancia a la que se encuentra el obstáculo que produjo la reflexión de la onda sonora, mediante la siguiente fórmula:

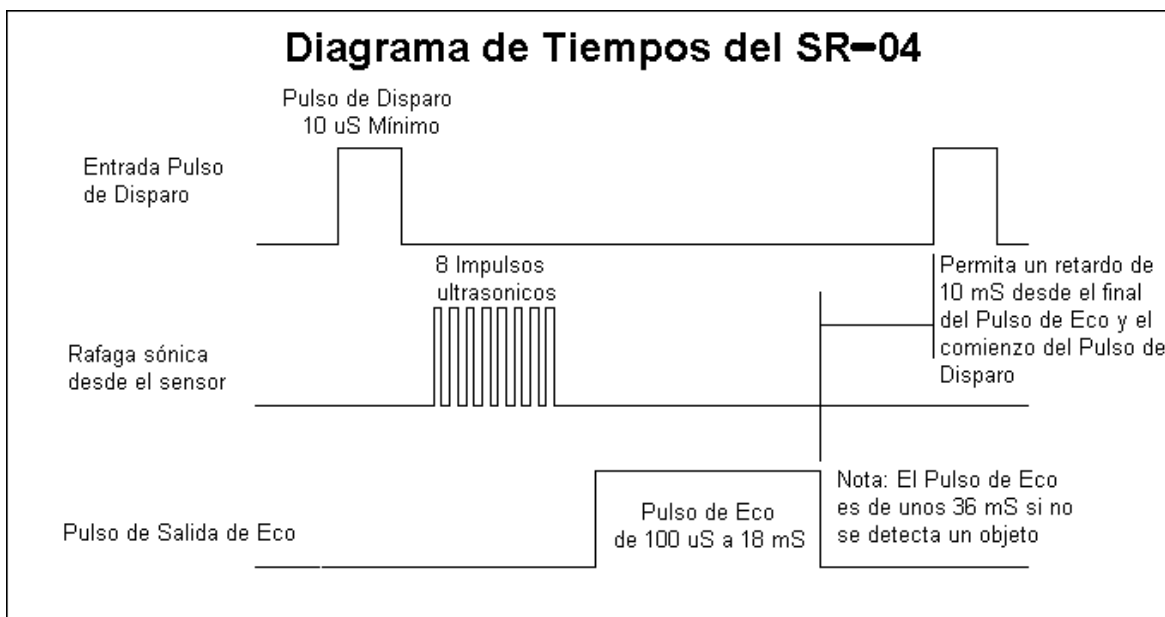
$$d = \frac{1}{2} (V \cdot t)$$

Donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción de la señal Ultrasónica.

Teniendo en cuenta la información anterior se realizó la selección del sensor, y para ello se tuvieron en cuenta los siguientes puntos:

- a. Distancia a medir (Alcance).
- b. Costo
- c. Facilidad de Operación y programación.

De acuerdo a los puntos anteriormente descritos se escogió el sensor ultrasónico de referencia HC - SR04 (Ver Figura 5).



**Figura 13. Diagrama de Tiempos del sensor HC- SR04** (Fuente: [www.superrobotica.com](http://www.superrobotica.com))

El sensor SRF04 funciona emitiendo impulsos de ultrasonidos inaudibles para el oído humano. Los impulsos emitidos viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonidos. Lo que hace el controlador incorporado es emitir una ráfaga de impulsos y a continuación empieza a contar el tiempo que tarda en llegar el eco. Este tiempo se traduce en un pulso de eco de anchura proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto.

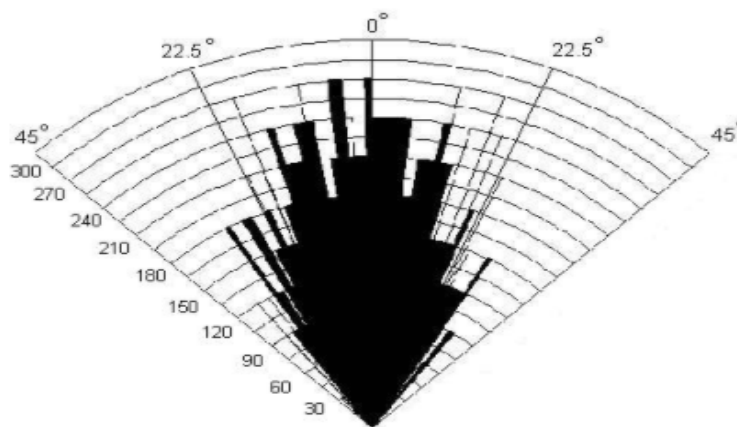
Desde un punto de vista práctico, lo que hay que hacer es enviar una señal de inicio o arranque en el pin 3 del SRF04 y después leer la anchura del pulso que nos proporciona en el pin 2. El pulso de disparo tiene que tener una anchura mínima de 10  $\mu\text{s}$ . Después leemos el pulso de salida de Eco y medimos su longitud que es proporcional al eco recibido. En caso de que no se produzca ningún eco, porque no se encuentra un objeto, el pulso de eco tiene una longitud aproximada de 36 ms. Por cuestiones prácticas de funcionamiento es recomendable dejar un retardo de 10 ms desde que se hace una lectura hasta que se realiza la siguiente, con el fin de



que el circuito se estabilice y no proporcione errores en su lectura (ver figura 13); la figura 14 muestra las características del sensor, su alcance y rango; a continuación se muestra la formula a emplear al momento de programar el software para la detección de obstáculos: *La distancia es proporcional a la duración del pulso y puedes calcularla con la siguiente formula (Utilizando la velocidad del sonido = 340m/s):*

$$\text{Distancia en cm (centímetros)} = \text{Tiempo medido en us} \times 0.017$$

|                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Tensión               | 5V                               |
| Consumo               | 30 mA Tip. 50mA Max.             |
| Frecuencia:           | 40 KHz.                          |
| Distancia Mínima:     | 3 cm.                            |
| Distancia Máxima:     | 300 cm.                          |
| Sensibilidad:         | Detecta un palo de escoba a 3 m. |
| Pulso de Disparo      | 10 uS min. TTL                   |
| Pulso de Eco:         | 100 uS - 18 mS                   |
| Retardo entre pulsos: | 10 mS Mínimo                     |
| Pulso de Eco:         | 100 uS - 18 mS                   |
| Tamaño:               | 43 x 20 x 17 mm                  |
| Peso:                 | 10 gr.                           |



**Figura 14. Características Técnicas del sensor HC- SR04** (Fuente: [www.superrobotica.com](http://www.superrobotica.com))

## 8.2 Diseño del circuito detector de obstáculos.

Teniendo en cuenta las características del sensor HC-SR04 mencionadas en la parte anterior de este documento, es necesario relacionarlas con algunos de los objetivos específicos del proyecto para determinar que componentes se deben utilizar en construcción del dispositivo. Por lo tanto para la selección de los componentes electrónicos que realizan la programación lógica del circuito se escogió el controlador de Interfaz Periférico o microcontrolador PIC que para este prototipo fue el 16F628A, ya que tiene capacidad de almacenamiento de 2K, posee 3 timers, tiene oscilador interno, tiene 2 comparadores, es programable en lenguaje C en cualquiera de sus versiones y por su facilidad para desarrollar instrucciones de retardo, es económico y es fácil de conseguir en el mercado nacional.

A continuación se muestran las características de las distintas referencias de PIC que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del circuito.

|                            | <i>18C508</i> | <i>12F629</i> | <i>18F84A</i> | <i>16F628A</i> | <i>16F873A</i> |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| <i>ROM</i>                 | 0.5 K         | 1 K           | 1 K           | <b>2 K</b>     | 8 K            |
| <i>RAM</i>                 | 25            | 64            | 68            | <b>224</b>     | 368            |
| <i>EPROM</i>               | -             | 128           | 64            | <b>128</b>     | 256            |
| <i>TIMERS</i>              | 1             | 2             | 1             | <b>3</b>       | 3              |
| <i>IN/OUT</i>              | 6             | 6             | 13            | <b>16</b>      | 22             |
| <i>Comparadores</i>        | -             | 1             |               | <b>2</b>       | 2              |
| <i>Entradas Analógicas</i> | -             | -             | -             | -              | 5              |
| <i>Puertos Serie</i>       | -             | -             | -             | <b>1</b>       | 1              |
| <i>Oscilador Interno</i>   | SI            | SI            | NO            | <b>SI</b>      | SI             |
| <i>Pines</i>               | 8             | 8             | 18            | <b>18</b>      | 28             |

**Tabla 1. Características de las distintas referencias de PIC**

El circuito comprende la alimentación de voltaje del sensor y del pic 16f628a, el envío y recepción de las señales de ultrasonido, la activación de las dos distintas alarmas según la distancia a la que se encuentra el objeto respectivo ya que es ajustable para detectar distancias hasta 1 metro o menos, 2 metros o menos , 3 metros o y 4 metros o menos, selección para vibrador y audífono y adicional un LCD que sirve para mostrar a alguna persona que esté en convivencia con el discapacitado visual que el dispositivo está funcionando correctamente. Al encender el dispositivo el circuito amplificador recibe una señal de 700 Hz emitida por el PIC de acuerdo a la posición de los switches 1 y 2 del dip switch, que se repetirá indicando cual es la distancia a la que el dispositivo está detectando obstáculos, ejemplo: si al encender el sonido se repite dos veces, quiere decir que el dispositivo quedó ajustado para detectar obstáculos hasta 2 mts de distancia.

Ahora bien, después si el dispositivo comienza a detectar obstáculos, la señal que recibe el amplificador cambia su frecuencia a 900 Hz sonando más grave y más agradable al oído. Para la selección de estas frecuencias se tuvieron en cuenta las notas musicales más agradables al oído en su quinta octava, al mismo tiempo el display de cristal líquido LCD está mostrando la función que el dispositivo está desempeñando; el switch 3 habilita o inhabilita el vibrador y el switch 4 habilita o inhabilita el sonido a través del parlante, adicional presenta dos led: uno que indica la detección de un obstáculo y el otro que el dispositivo está encendido.

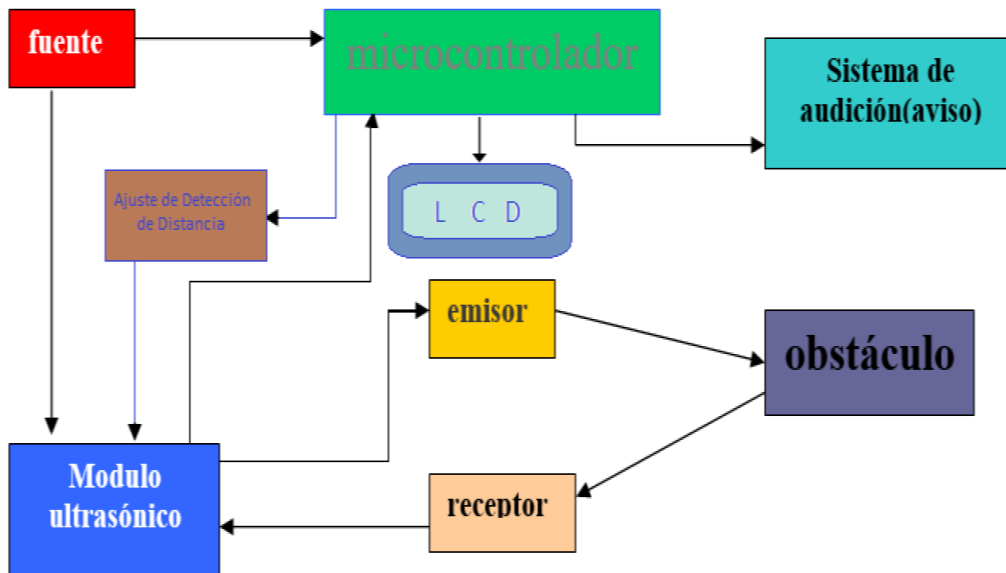


Figura 15. Diagrama de Bloques del Dispositivo detector de Obstáculos.

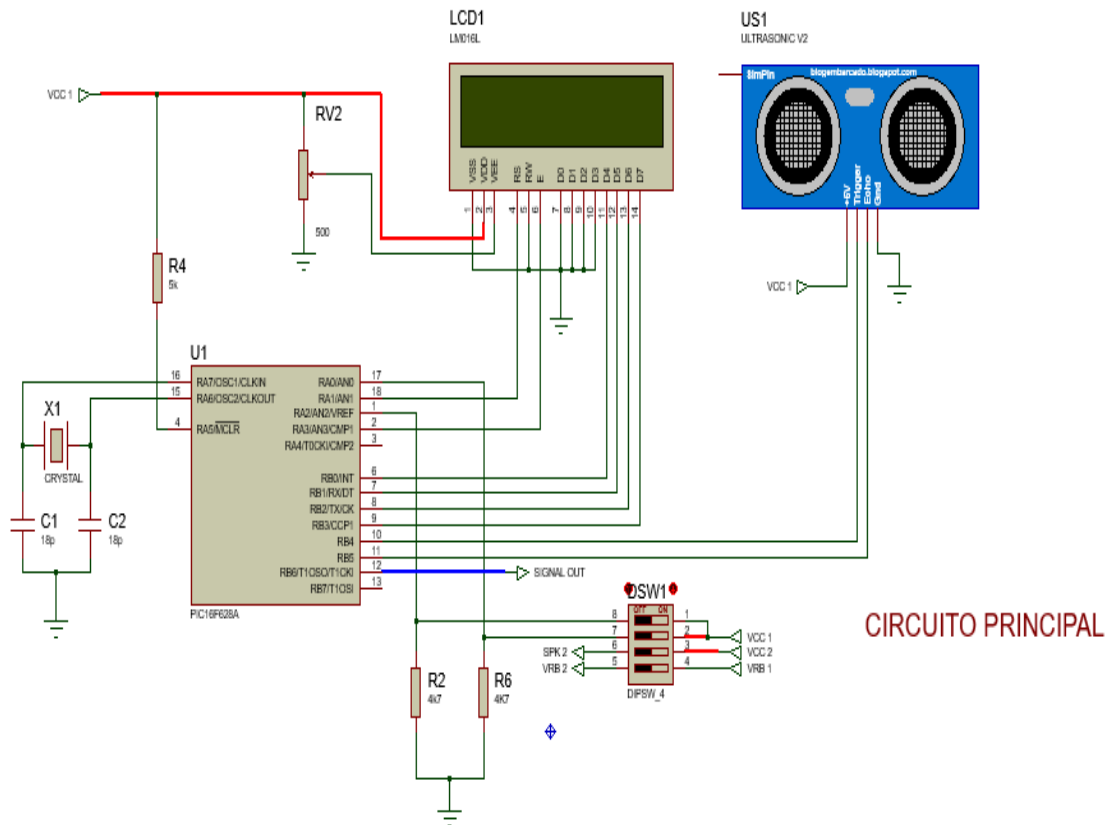
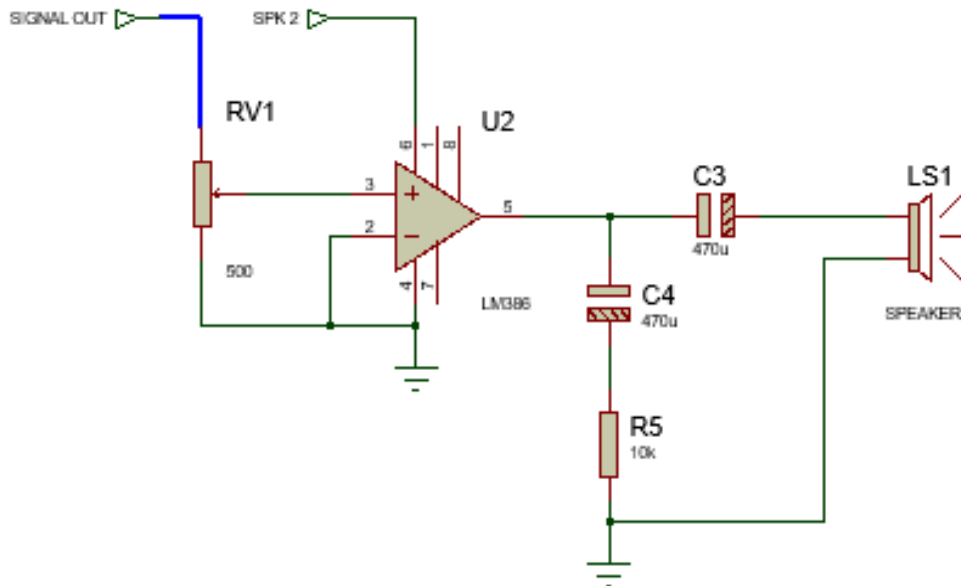


Figura 16. Circuito electrónico del dispositivo detector de Obstáculos.

El diseño electrónico circuito se realizó en Proteus 8 profesional.



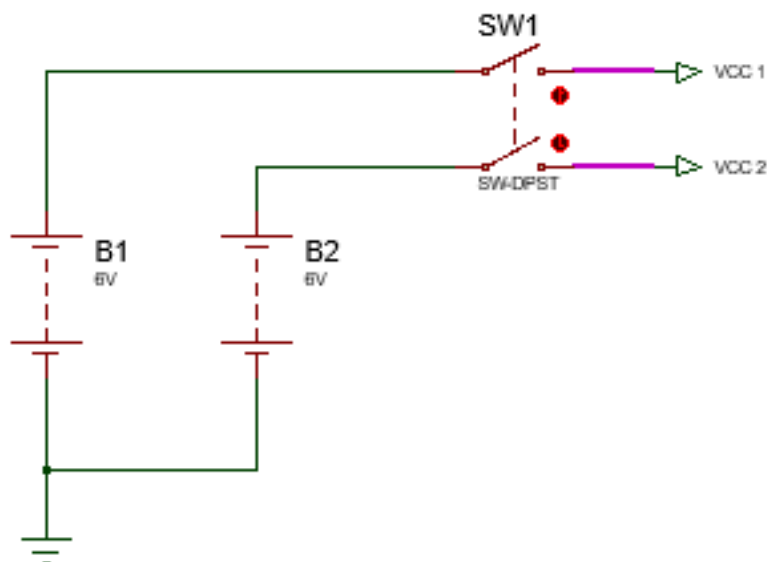
**Figura 17. Circuito Amplificador del dispositivo detector de Obstáculos.**

### 8.3 Diseño del sistema de alimentación del Dispositivo.

El sistema de alimentación se diseñó con el objetivo de hacer que el dispositivo sea portátil, sus piezas fáciles de cambiar y de bajo costo, este consta de 4 baterías de cadmio en forma de moneda de 3 Voltios cada una, de referencia CR2032 y fáciles de conseguir en caso de que agoten su poder.

Con este diseño se evita el uso de capacitores filtros y de reguladores que harían que el dispositivo fuera de alto consumo.

Con este diseño el consumo del dispositivo solo es de 180 mAh.



**Figura 18. Circuito Fuente del dispositivo detector de Obstáculos.**

#### **8.4 Diseño del sistema de vibración del Dispositivo.**

Al igual que en la telefonía celular, se implementó un sistema de vibración con un pequeño motor que posee una excéntrica en su eje, lo cual hace que al recibir señal este vibre.

El motor vibrador (Ver figura 10) está controlado por un transistor 2N3904 configurado como interruptor, y tiene conectado en anti-paralelo un diodo rectificador para evitar daños en el transistor por corrientes almacenadas en el motor ya que este está compuesto por bobinas.

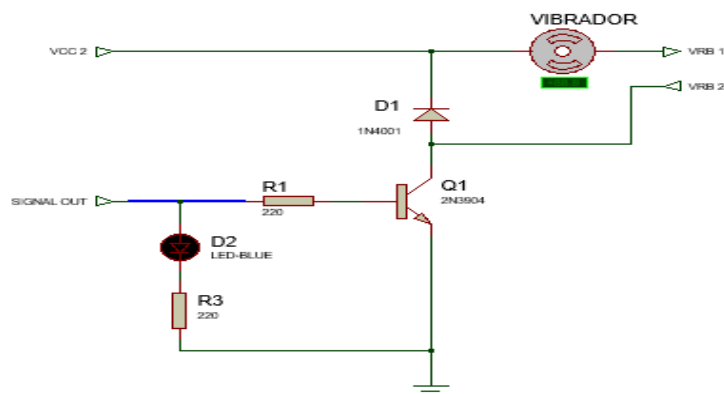
El sistema de vibrador al igual que el audífono es muy útil en sitios donde no se puede escuchar la señal a través del parlante.

El software utilizado para programar el microcontrolador fue lenguaje C para Microcontroladores en el editor de la compañía que lo fabrica (Microchip): MPLAB.

En sus inicios solo se podía programar en lenguaje ENSAMBLADOR, pero con la versatilidad que ha presentado el lenguaje C, logró incorporarse en todos los campos de programación a nivel de circuitos integrados haciendo más sencilla la elaboración de rutinas y sub-rutinas en los códigos de programación.

Para el desarrollo del software que controla el sistema de este dispositivo y la detección de obstáculos se tuvo en cuenta la elaboración de rutinas que desempeñan una función específica; de tal forma que el programa principal se resume a unas cuantas instrucciones que llaman las rutinas o sub-rutinas que ejecutan la acción a realizar; así por ejemplo, para la emisión del sonido que avisa a la persona con discapacidad visual en qué rango de detección se encuentra el dispositivo basta con colocar la frecuencia del sonido deseado dentro de una rutina, análogamente se hace el mismo procedimiento para la emisión del sonido que avisa cuando se detecta un obstáculo.

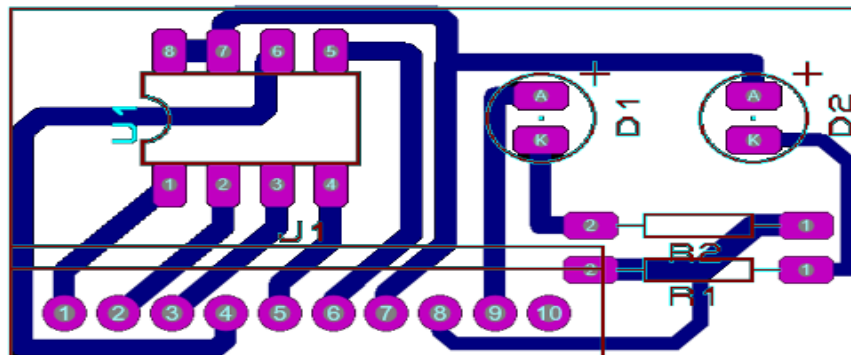
El diagrama de Bloques se muestra en la Figura 15, y el código completo se encuentra en el apéndice de este documento.



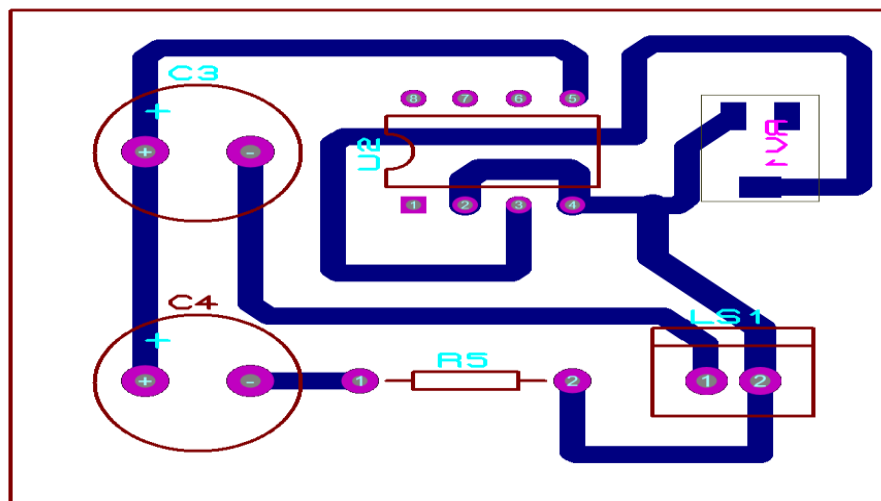
**Figura 19. Circuito vibrador del dispositivo detector de Obstáculos.**

### 9. Circuitos Impresos realizados para el montaje y ensamble del dispositivo.

La elaboración y diseño de los circuitos impresos se realizaron con el software PROTEUS 8.0, a continuación se presentan las 4 placas de los circuitos que componen el dispositivo detector de obstáculos.



**Figura 20. Circuito impreso de la placa de dip switch del dispositivo**



**Figura 21. Circuito impreso del amplificador del dispositivo detector de Obstáculos.**



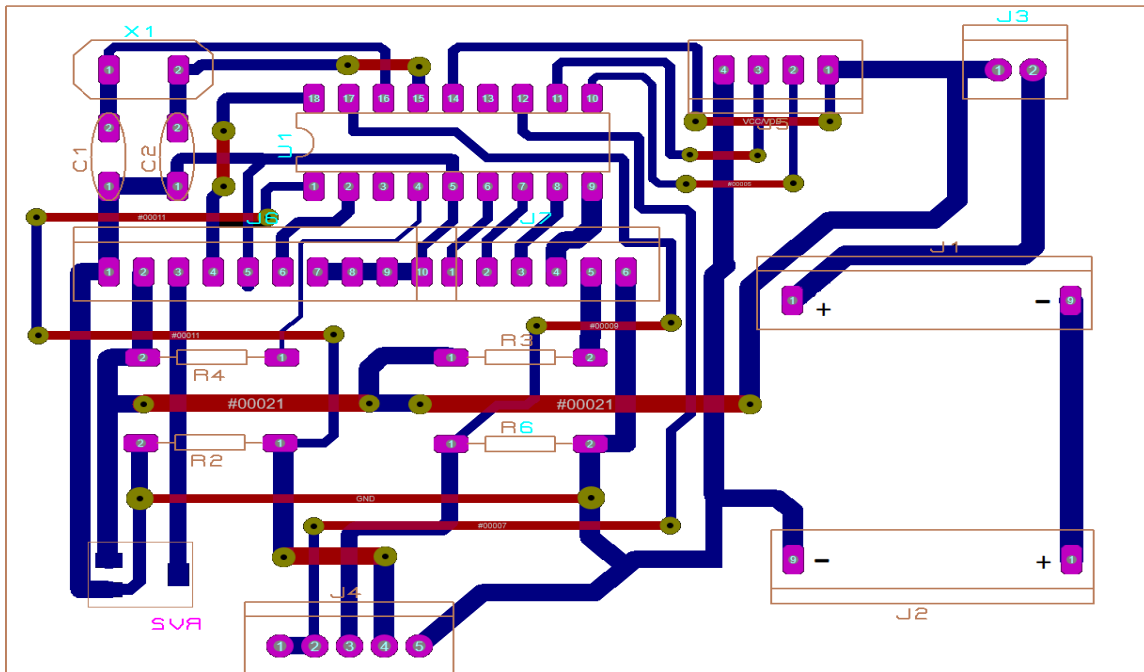


Figura 22. Circuito impreso de la placa principal del dispositivo detector de Obstáculos.

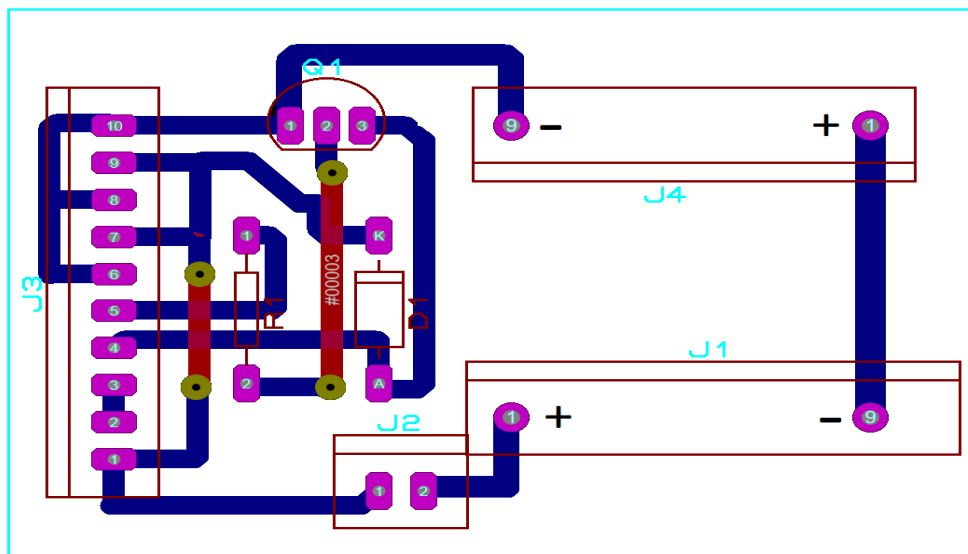
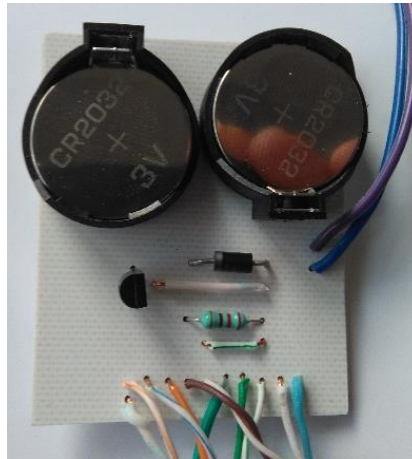


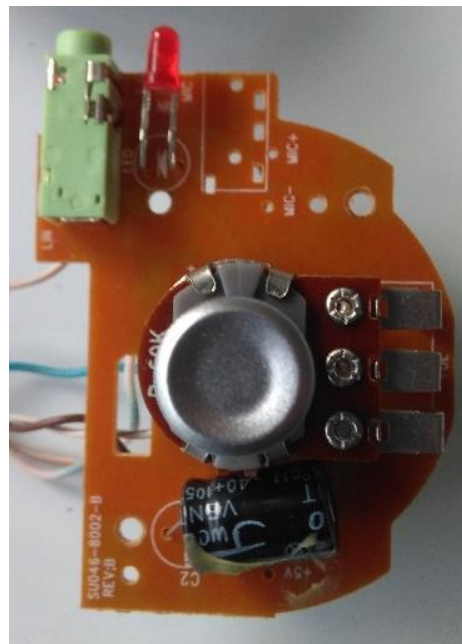
Figura 23. Circuito impreso de la placa del vibrador del dispositivo detector de Obstáculos.

## 10. Ensamble del dispositivo detector de Obstáculos.

A continuación se muestra el ensamble del circuito detector de obstáculos.



**Figura 24. Circuito vibrador del dispositivo detector de Obstáculos.**



**Figura 25. Circuito Amplificador del dispositivo detector de Obstáculos.**

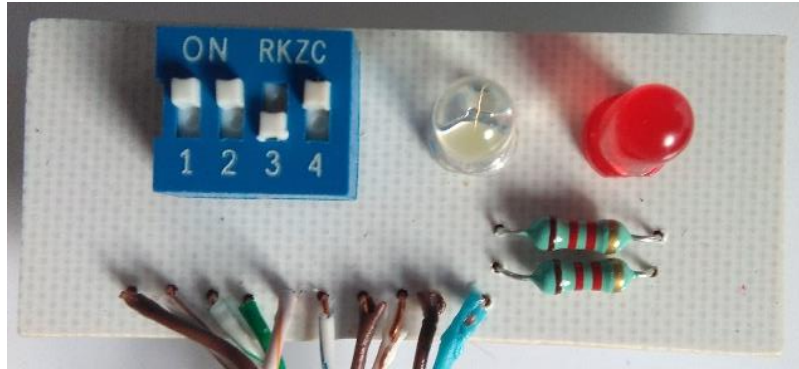


Figura 26. Circuito de ajuste (Dip switch) del dispositivo detector de Obstáculos.



Figura 27. Circuito principal del dispositivo detector de Obstáculos.

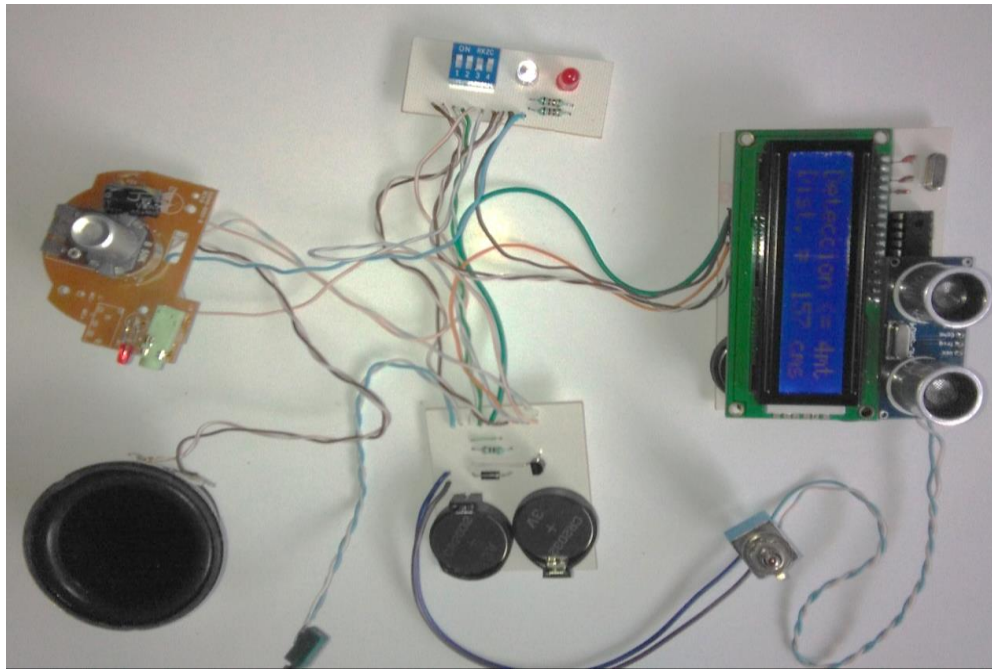


Figura 28. Circuito completo del dispositivo detector de Obstáculos.



Figura 29A. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – Vista Frontal.



**Figura 29B. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – Lado Derecho.**



**Figura 29C. Encapsulado del dispositivo detector de Obstáculos – parte superior.**

## 11. Pruebas realizadas al Dispositivo detector de obstáculos en diferentes materiales.

Con el montaje terminado, es necesario hacer distintas pruebas del dispositivo con diferentes materiales para ver su comportamiento en la detección de objetos.

### 11.1 Concreto:

Con una pared de 230 cm de alto por 60 cm de ancho y 15 cm de grosor, se obtuvo:

En la Tabla 2 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

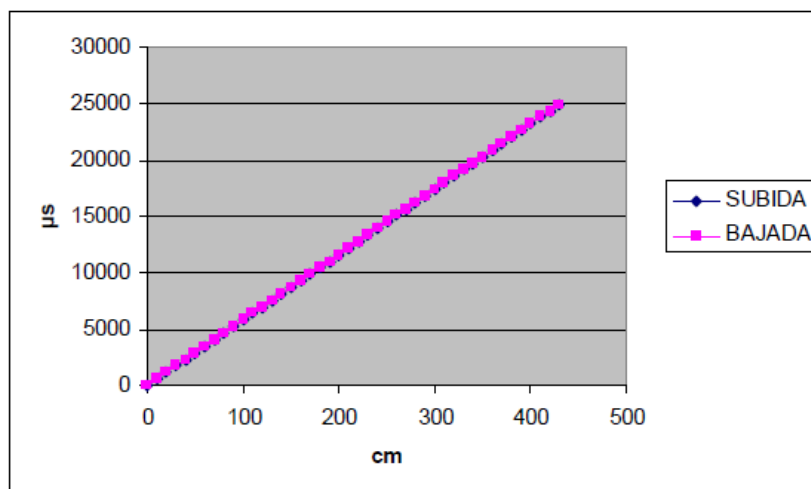
| Distancia<br>(cms) | Ancho de Pulso (us) |        |
|--------------------|---------------------|--------|
|                    | Subida              | Bajada |
| 0                  | 0                   | 0      |
| 10                 | 580                 | 580    |
| 20                 | 1160                | 1160   |
| 30                 | 1740                | 1740   |
| 40                 | 2320                | 2320   |
| 50                 | 2900                | 2900   |
| 60                 | 3480                | 3480   |
| 70                 | 4060                | 4060   |
| 80                 | 4640                | 4640   |
| 90                 | 5220                | 5220   |
| 100                | 5800                | 5800   |
| 110                | 6380                | 6380   |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 120 | 6960  | 6960  |
| 130 | 7540  | 7540  |
| 140 | 8120  | 8120  |
| 150 | 8700  | 8700  |
| 160 | 9280  | 9280  |
| 170 | 9860  | 9860  |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |

**Tabla 2. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en concreto**

En la figura 30, se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.



**Figura 30. Gráfica Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en concreto**



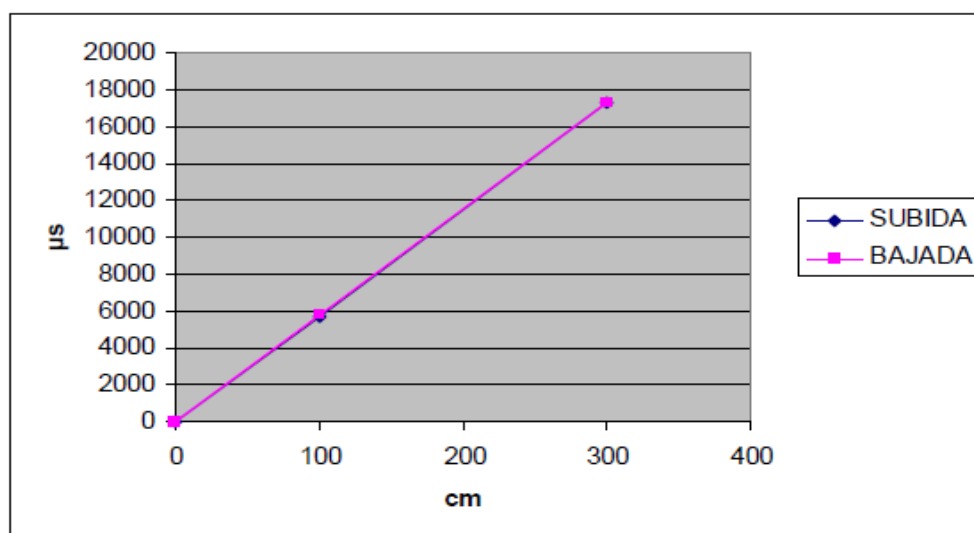
En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 250 cm, lo cual arroja lo siguiente:

A diferencia del presentado en la Tabla 2, los valores de la Tabla 3 son tomados manualmente y los resultados son muy parecidos al teórico, esto se debe al error de exactitud en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

| Distancia (cms)      | Ancho de Pulso (us) |        |
|----------------------|---------------------|--------|
|                      | Subida              | Bajada |
| 0                    | 0                   | 0      |
| 100(Aproximadamente) | 5740                | 5770   |
| 250(Aproximadamente) | 14340               | 14350  |

**Tabla 3. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en concreto**

En la figura 31 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.



**Figura 31: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs distancia (cm) en concreto**

## 11.2 Madera:

Con una caneca de madera en forma de cubo de 30 cm de alto 30 cm de ancho, 25 cm de fondo y 3 cm de grosor se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 4 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

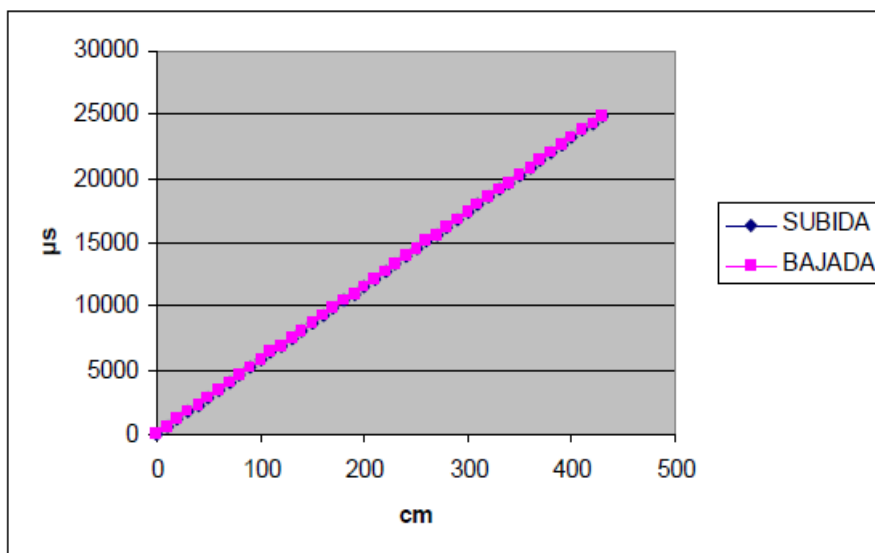
| Distancia<br>(cms) | Ancho de Pulso (us) |        |
|--------------------|---------------------|--------|
|                    | Subida              | Bajada |
| 0                  | 0                   | 0      |
| 10                 | 580                 | 580    |
| 20                 | 1160                | 1160   |
| 30                 | 1740                | 1740   |
| 40                 | 2320                | 2320   |
| 50                 | 2900                | 2900   |
| 60                 | 3480                | 3480   |
| 70                 | 4060                | 4060   |
| 80                 | 4640                | 4640   |
| 90                 | 5220                | 5220   |
| 100                | 5800                | 5800   |
| 110                | 6380                | 6380   |
| 120                | 6960                | 6960   |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 130 | 7540  | 7540  |
| 140 | 8120  | 8120  |
| 150 | 8700  | 8700  |
| 160 | 9280  | 9280  |
| 170 | 9860  | 9860  |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |

**Tabla 4. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en madera**

En la figura 32 se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.



**Figura 32: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs distancia (cm) en madera**

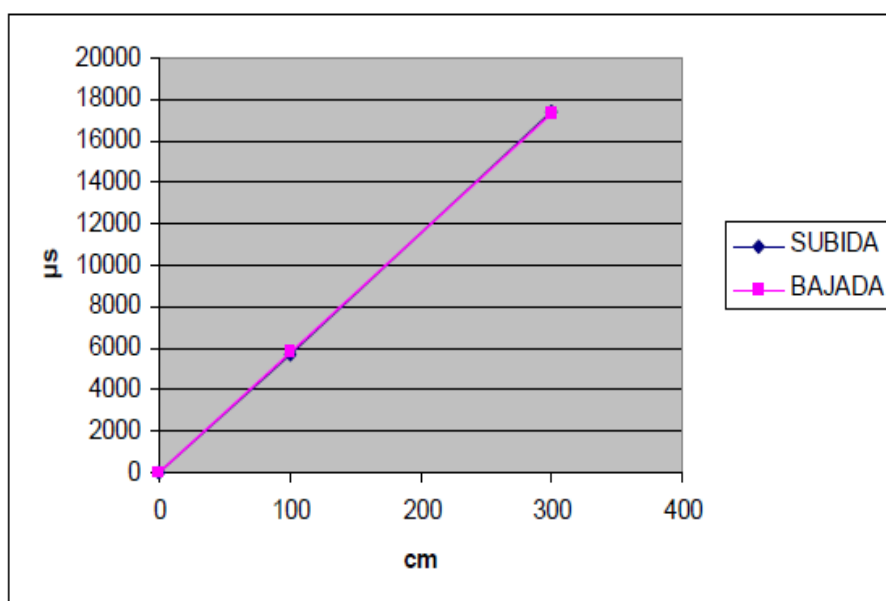
En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 250 cm, lo cual arroja lo siguiente:

Los valores de la Tabla 5 fueron tomados manualmente, es por ello que se debe el error de precisión en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

| Distancia (cms)      | Ancho de Pulso (us) |        |
|----------------------|---------------------|--------|
|                      | Subida              | Bajada |
| 0                    | 0                   | 0      |
| 100(Aproximadamente) | 5720                | 5810   |
| 250(Aproximadamente) | 14440               | 14330  |

**Tabla 5. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en madera**

En la figura 33, se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.



**Figura 33: Ancho de pulso ( $\mu$ s) VS distancia (cm) práctica en madera**

### 11.3 Vidrio:

En una ventana de 75cm de alto por 80 cm de ancho, de grosor desconocido se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 6 se muestran diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

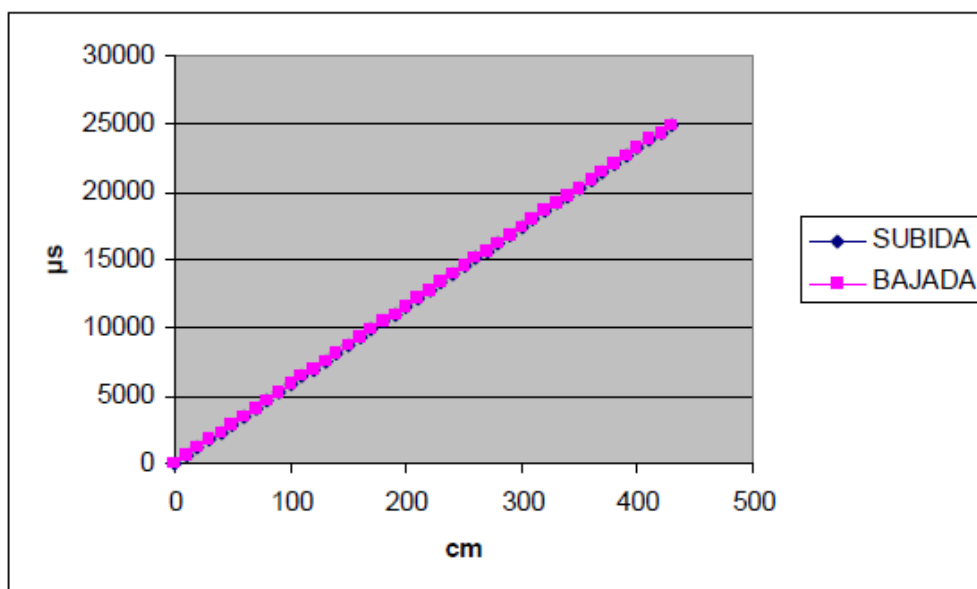
| Distancia<br>(cms) | Ancho de Pulso (us) | Ancho de Pulso (us) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
|                    | Subida              | Bajada              |
| 0                  | 0                   | 0                   |
| 10                 | 580                 | 580                 |
| 20                 | 1160                | 1160                |
| 30                 | 1740                | 1740                |
| 40                 | 2320                | 2320                |
| 50                 | 2900                | 2900                |
| 60                 | 3480                | 3480                |
| 70                 | 4060                | 4060                |
| 80                 | 4640                | 4640                |
| 90                 | 5220                | 5220                |
| 100                | 5800                | 5800                |
| 110                | 6380                | 6380                |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 120 | 6960  | 6960  |
| 130 | 7540  | 7540  |
| 140 | 8120  | 8120  |
| 150 | 8700  | 8700  |
| 160 | 9280  | 9280  |
| 170 | 9860  | 9860  |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |

**Tabla 6. Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm) en vidrio**

En la figura 34 se observa que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se debe a que el sensor utilizado tiene su propio acondicionamiento de fabricación, lo que quiere decir que es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.



**Figura 34: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs. Distancia (cm) en vidrio**



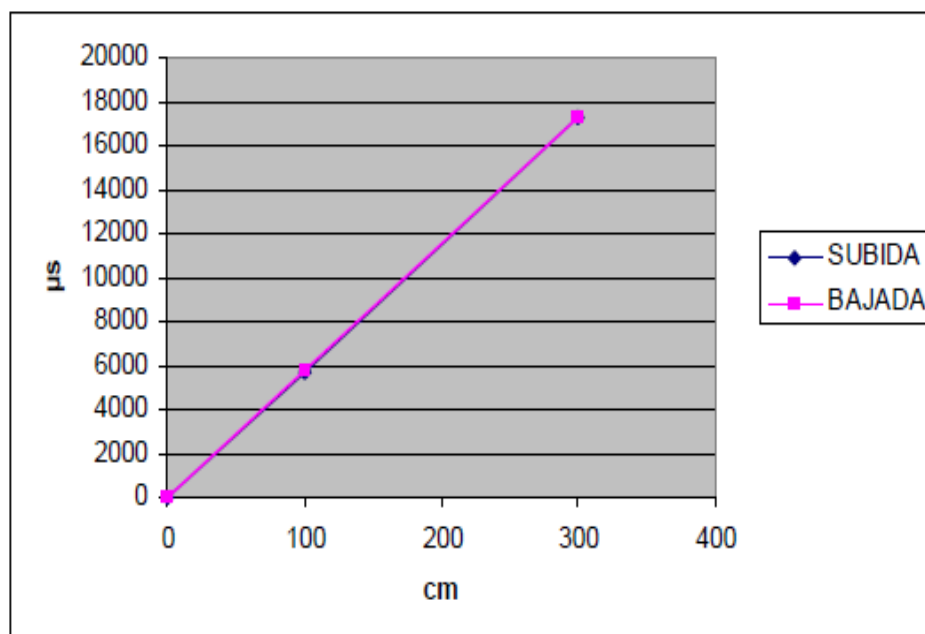
En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 250 cm, lo cual arroja lo siguiente:

A diferencia del presentado en la Tabla 6, los valores de la Tabla 7 son tomados manualmente y los resultados son muy parecidos al teórico, esto se debe al error de precisión en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

| Distancia (cms)      | Ancho de Pulso (us) |        |
|----------------------|---------------------|--------|
|                      | Subida              | Bajada |
| 0                    | 0                   | 0      |
| 100(Aproximadamente) | 5740                | 5770   |
| 250(Aproximadamente) | 14340               | 14350  |

**Tabla 7. Lectura ancho de pulso según su distancia, practica en vidrio**

En la figura 35 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.



**Figura 35: Ancho de pulso (µs) VS distancia (cm) práctica en vidrio**

#### 11.4 Plástico:

Con un bote de basura plástico de altura 28cm y con un radio de 12cm de forma cónica se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 8 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

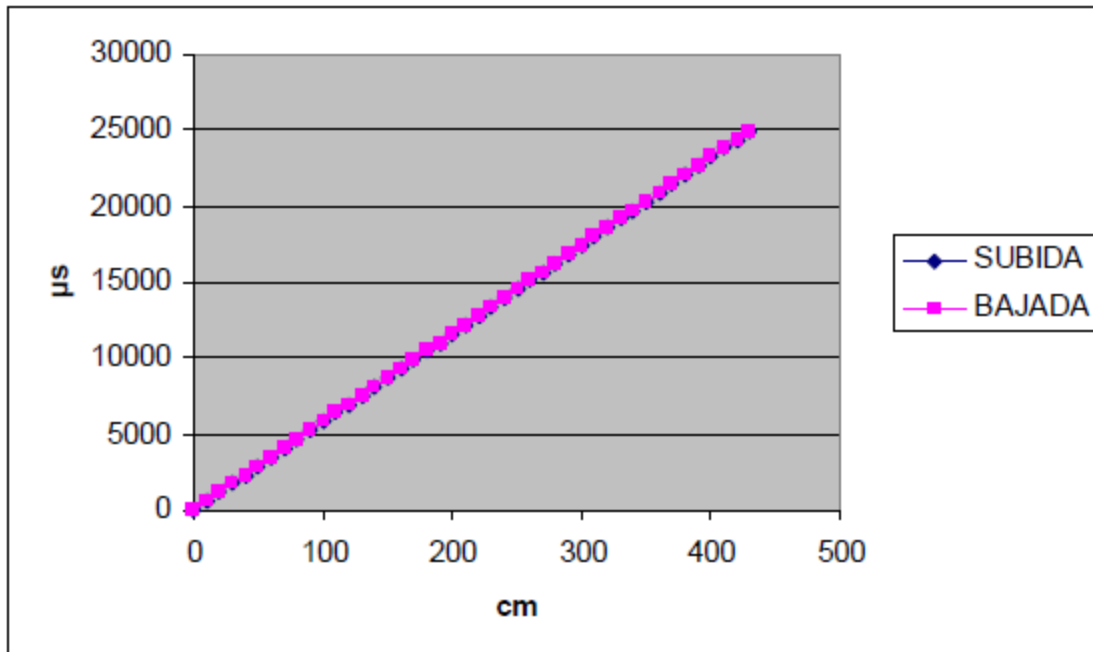
| Distancia<br>(cms) | Ancho de Pulso (us) | Ancho de Pulso (us) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
|                    | Subida              | Bajada              |
| 0                  | 0                   | 0                   |
| 10                 | 580                 | 580                 |
| 20                 | 1160                | 1160                |
| 30                 | 1740                | 1740                |
| 40                 | 2320                | 2320                |
| 50                 | 2900                | 2900                |
| 60                 | 3480                | 3480                |
| 70                 | 4060                | 4060                |
| 80                 | 4640                | 4640                |
| 90                 | 5220                | 5220                |
| 100                | 5800                | 5800                |
| 110                | 6380                | 6380                |
| 120                | 6960                | 6960                |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 130 | 7540  | 7540  |
| 140 | 8120  | 8120  |
| 150 | 8700  | 8700  |
| 160 | 9280  | 9280  |
| 170 | 9860  | 9860  |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |

**Tabla 8. Lectura Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) según su distancia (cm)**

En la figura 36 se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.



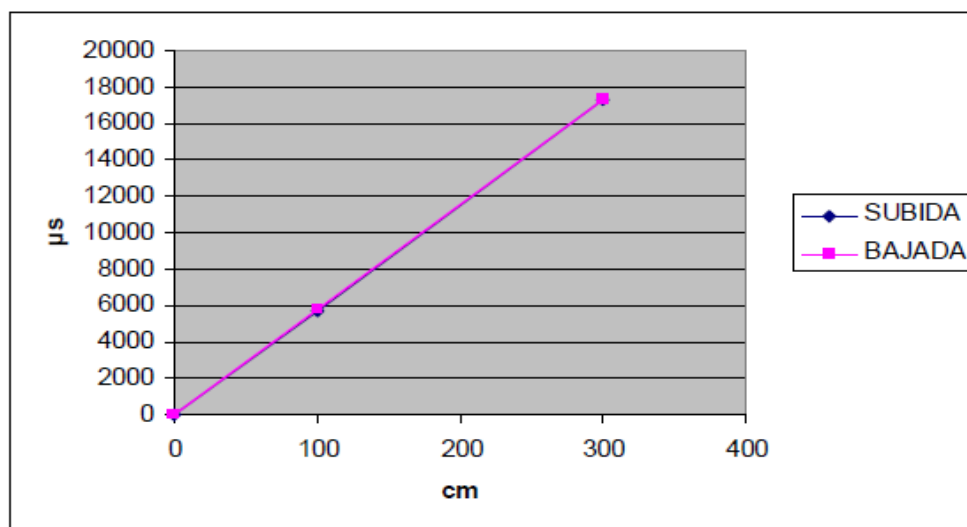
**Figura 36: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) vs. Distancia (cm)**

En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 250 cm, lo cual arroja lo siguiente:

| Distancia (cms)      | Ancho de Pulso (us) |        |
|----------------------|---------------------|--------|
|                      | Subida              | Bajada |
| 0                    | 0                   | 0      |
| 100(Aproximadamente) | 5740                | 5770   |
| 250(Aproximadamente) | 14340               | 14350  |

**Tabla 9. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en plástico**

En la figura 37 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.



**Figura 37: Ancho de pulso ( $\mu\text{s}$ ) VS distancia (cm), práctica en plástico**

Para hacer las medidas anteriores, se escogió un flexómetro de 5 metros para tomar la distancia entre el sensor y el obstáculo y un osciloscopio de marca para obtener el ancho de pulso, el cual fue tomado entre el pin 12 y tierra del microcontrolador.



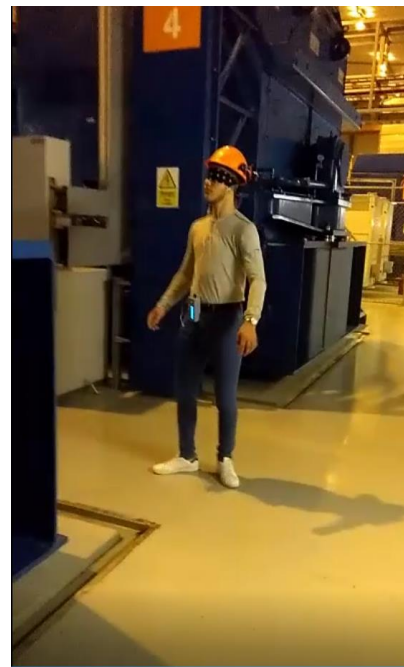
**Figura 38. Prueba 1**



**Figura 39. Prueba 1**



**Figura 40. Prueba 2**



**Figura 41. Prueba 2**

*URL del Video de la demostración:*

[https://youtu.be/hhUV\\_DFjvpU](https://youtu.be/hhUV_DFjvpU)

## 12. Conclusiones

1. Se observó que el dispositivo detector de obstáculos para personas con discapacidad visual tiene un comportamiento lineal sin importar el tipo de material en el que se esté detectando el obstáculo debido a las características del sensor ultrasónico utilizado (HC-SR04).
2. Las pruebas indican que el dispositivo detector de obstáculos para personas con discapacidad visual se debe alojar en la cintura por diseño y para aprovechar el rango de detección, en caso contrario podría estar limitado su accionamiento.
3. Desde el punto de la programación, esta brinda una posibilidad enorme de implementar dispositivos con mas variedad de rangos para la detección de obstáculos, ya que solo bastaría colocar un sensor con el alcance que se desee y cambiar una o dos instrucciones, aparte de que la programación en circuitos integrados maximiza las funciones de un dispositivo.
4. La posibilidad de escoger las alarmas de detección por el usuario hacen que el dispositivo se pueda usar en ambientes con mucho ruido, ya que este posee tres tipos de alarma: Parlante, audífono y vibrador.

5. Con la realización de este proyecto las personas con limitantes visuales tienen una oportunidad de alcanzar una independencia en sus labores diarias ya que físicamente tendrían libres sus dos manos para realizar una tarea y desplazarse; y como se había dicho en renglones anteriores este proyecto abre la posibilidad de que una persona con discapacidad visual pueda tener acceso a esta tecnología, puesto que su construcción es de bajo costo; y la razón es simple: los dispositivos que la componen son comerciales y de fácil adquisición.
  
6. El diseño electrónico del dispositivo presenta un tamaño adecuado ya que no es ni muy grande ni muy pequeño, y su ubicación al frente no presenta ningún inconveniente para la persona que lo usa; Las baterías tienen una duración de 15 días si no se usa el vibrador y de 7 días con el uso del vibrador; además son de fácil consecución y de bajo costo.



### 13. Referencias Bibliográficas

M. (2002). Datasheet, *PIC16F627A/628A/648A* (ed., Vol., pp. 1-166). USA, Microchip.

Fierro, G. (1980). *Manual de circuitos Lógicos* (Segunda Edición ed., Vol., pp. 1-113). Armenia, Quindío: Duplicentro.

Cuesta García, Gil Padilla, Remiro Domínguez, L. (1992). *Electrónica Digital* (Primera Edición ed., Vol., pp. 1-444). Madrid, McGraw-Hill.

Cuesta García, Gil Padilla, Remiro Domínguez, L. (1992). *Electrónica Analógica* (Primera Edición ed., Vol., pp. 1-341). Madrid, McGraw-Hill.

(2011, 05). Sensor HC-SR04 Datasheet. [www.accudiy.com](http://www.accudiy.com). Obtenido 05, 2016, de [http://www.accudiy.com/download/HC-SR04\\_Manual.pdf](http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf)

(2011, 05). Sensor HY-SRF05 Datasheet. <http://www.pridopia.co.uk>. Obtenido 04, 2016, de <http://www.pridopia.co.uk/pi-user-manual/A4-ultra-sonic.pdf>

(2008, 04). MPLAB X-C8. <http://www.microchip.com/>. Obtenido 06, 2016, de <http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>

Horowitz, w. (1989). *The Art of Electronics*. Cambridge: Cambridge University Press.

INCI, I. N. (2013). *Como va la inclusión social de la población con discapacidad visual en Colombia*. Bogotá.

Raymond A. Serway, J. W. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería*. México D.F.: Learning Editores.

Zemansky, Y. S.-F. (2009). *Física Universitaria*. México: PEARSON.

## 14. Apéndice A

### *Prueba del dispositivo.*

La prueba final se realiza en la Central Generadora Eléctrica Huinalá operada por Wartsila México S.A de CV, localizada en la ciudad de Monterrey ; la planta se encuentra construida sobre un medio completamente estructurado y los sitios de prueba fueron la sala de control y la sala de máquinas donde están ubicados los generadores; la persona que realizó la prueba fue una persona que no conocía las instalaciones de la planta, cuando se hace su ingreso a las instalaciones, a esta persona se le vendaron los ojos, de tal manera que no podía ver absolutamente nada.

Fue Imposible llevar una persona con discapacidad visual porque no le dieron los permisos para su ingreso por tratarse precisamente de una persona especial; pero a pesar de eso, el objetivo se logra gracias a que la persona que hace la prueba sintió por primera vez en su vida lo que es “literalmente” no poder ver y tener que moverse en un medio en el cual depende de un dispositivo que lo guiara.

La primera parte de la prueba se efectúa en la sala de control; un medio estructurado por naturaleza en el cual se encuentran tableros de control, relés de protección y todo el sistema de manejo de la central, en esta primera parte la persona que realiza la prueba logró desplazarse por toda la sala de control hasta el cuarto de media tensión donde se encuentran las celdas de medio voltaje; (Ver el video localizado en la siguiente URL: [https://youtu.be/hhUV\\_DFjvpU](https://youtu.be/hhUV_DFjvpU)); por el espacio presente el dispositivo se ajustó para detectar obstáculos a un metro de distancia y utilizó como medio de aviso el parlante. La

segunda parte de la prueba se efectuó en la sala de máquinas, la cual presenta un nivel de intensidad sonora mayor a 110db; por lo cual en el vídeo demostrativo se suprime el sonido durante la mayor parte de la prueba en esa parte.

El medio estructurado de la sala de máquinas es de aproximadamente 70 mts de extremo a extremo, y debido a esto el dispositivo se ajustó para detección de obstáculos a distancias de 2 mts y se utilizó el audífono como el medio para escuchar el aviso al momento de detectar la proximidad de un obstáculo; se pudo observar en la prueba que la persona logra subir las escaleras al segundo nivel de los generadores y bajarlas sin ningún inconveniente; al finalizar la prueba la persona que probó el dispositivo comentó que había tenido una experiencia única y que nunca se había sentido tan indefenso ya que jamás había estado completamente sin visión para desplazarse en un medio cualquiera, y que el dispositivo fue de total ayuda para guiarlo dentro de las instalaciones de la planta de generación.

## 15. Apéndice B

//=====

// File: TESIS\_ING.c

// Author: ALEJANDRO HURTADO FIERRO

// Trabajo realizado para Optar el título de Ingeniero en Electrónica

// Created on 13 de julio de 2016, 08:21 PM

//

=====

// DETECTOR DE OBSTACULOS PARA CIEGOS POR ULTRASONIDO EN MEDIOS  
ESTRUCTURADOS

// =====

// Dispositivos principales:

// Sensor Ultrasónico de Distancia HC - SR04 con PIC16F628A y LCD 16x2

//

// Recibe la lectura de distancia del sensor ultrasónico

// y se emite un sonido propio que le dirá al invidente a que distancia se detectó

// un obstáculo.

// Los videntes pueden visualizar la distancia en un LCD genérico de 16x2.

// Se presupuesta un alcance entre 3 y 4 metros, esto depende del sensor utilizado.

//

=====

#include <xc.h> // Librería de inclusión obligatoria con el compilador PICC

#include <stdio.h>

```
#include <stdlib.h>

#define _XTAL_FREQ 4000000 // Se define la frecuencia del cristal con el que se va a
trabajar.

#include "flex_lcd.h" // Librería para comunicación con el LCD

// CONFIGURACION DE LOS FUSIBLES

#pragma config FOSC = XT, WDTE = OFF,PWRTE = OFF,MCLRE = ON, config BOREN
= ON, config LVP = OFF, CPD = OFF,config CP = OFF

//Definicion de Constantes

#define SENSOR_IN    RB5        // Pin de entrada (a "Echo" en el sensor)

#define SENSOR_IN_DIR() TRISB5 = 1 // Configuracion del pin de entrada

#define SENSOR_OUT    RB4        // Pin de salida (a "Trig" en el sensor)

#define SENSOR_OUT_DIR() TRISB4 = 0 // Configuracion del pin de salida

//=====

// Cálculo de la carga al Timer:

// Máximo ancho de pulso: 29 ms (29000 uS)

// Precarga para el Timer: 65535-29000=36535 = 0x8EB7 -Conversión Dec a Hex

//=====

#define CARGA_TIMER    0x8EB7

#define CARGA_TIMER_MSB 0x8E

#define CARGA_TIMER_LSB 0xB7
```

```
#define RET_ANCHO_PULSO 10 // Cantidad de retardo para generar el ancho de pulso
del disparo

//=====

//declaracion de variables (globales).

//=====

unsigned int A = 0; // Variable para determinar la distancia a la que se detectan
obstaculos en la función alarma

unsigned int conteo = 0; // Variable de 16 bits para almacenar de conteo total
unsigned char conteo_1 = 0; // Variable de 8 bits para almacenar LSB del conteo
unsigned int distancia = 0; // Variable de 16 bits para almacenar de la distancia
unsigned char buffer[20]; // variable que va a contener los datos de la variable distancia
para ser mostrados en el LCD.

//=====

// Declaracion de Funciones.

//=====

void configuracion(); //funcion de configuración del PIC
void Inicio(); //función de presentación del dispositivo.
void Timer_On(); // Funcion de inicializacion del Timer
void mostrar_distancia (); //Función para mostrar la distancia por LCD
void alarma(); //Función para activar el sonido de acuerdo a la distancia.
void Modo(); //Función para Informar al Invidente la distancia a la cual se está
detectando un Obstáculo.

//=====
```

//INICIALIZAMOS EL TIMER1 DEL MICROCONTROLADOR

//=====

//Inicializamos el Timer1 del microcontrolador para funcionar con reloj interno,

//sin prescalador, sin interrupción.

//=====

void Timer\_On()

{

    // Timer1 Prescalador = 1 - TMR1 Preset = CARGA\_TIMER (para un conteo máximo

    // Rango de duración de pulso provisto por el sensor: 115 us a 18.5 ms

    // Si el conteo sobrepasa los 18.5 ms se puede considerar que se ha sobrepasado

    // el rango del sensor o que no se ha detectado ningun objeto.

    TMR1IE = 0; // Interrupción Timer1 deshabilitada

    T1CKPS1 = 0; // bits 5-4 Bits de selección de Prescalador

    T1CKPS0 = 0; // bit 4

    TMR1CS = 0; // bit 1 Timer1 Clock Source Select bit...0 = Internal clock (FOSC/4)

}

//=====

//FUNCION DE PRESENTACION DEL DISPOSITIVO.

//=====

void Inicio()

{

    Lcd\_Out(1,5,"UNAD");

    Lcd\_Out(2,0,"Trabajo de TESIS");

```

__delay_ms(2000);

Lcd_Out(1,0,"*Realizado Por:*");

Lcd_Out(2,0," A. Hurtado F. ");

__delay_ms(2000);

}

//=====

//MUESTRA LA DISTANCIA EN EL LCD.

//=====

void mostrar_distancia()

{

    Lcd_Out(2,0,"Dist. = ");

    sprintf(buffer,"%3d",distancia),

    Lcd_Out2(2,9,buffer);

    __delay_ms(100);

    Lcd_Out(2,13,"cms");

}

//=====

//FUNCION DE LA ALARMA SONORA

//=====

void alarma()

{

    unsigned int T=0;

    #define R 950

```



```
if ( A==4 && distancia <=400)
{
while (T<100) //ciclo de repeticion para nota musical
{
PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
__delay_us(R);
PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
__delay_us(R);
T++;
}
}
```

```
if ( A==3 && distancia <=300 )
{
while (T<100) //ciclo de repeticion para nota musical
{
PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
__delay_us(R);
PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
__delay_us(R);
T++;
}
}
```

```
}
```

```
if ( A==2 && distancia <=200 )
```

```
{
```

```
while (T<100) //ciclo de repeticion para nota musical
```

```
{
```

```
PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
```

```
__delay_us(R);
```

```
PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
```

```
__delay_us(R);
```

```
T++;
```

```
}
```

```
}
```

```
if ( A==1 && distancia <=100)
```

```
{
```

```
while (T<100) //ciclo de repeticion para nota musical
```

```
{
```

```
PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
```

```
__delay_us(R);
```

```
PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
```

```
__delay_us(R);
```

```
T++;
```

```

    }

}

}

//=====

//FUNCION QUE DICE AL INVIDENTE A QUE DISTANCIA SE DETECTA UN
OBSTACULO

//=====

void Modo()
{
    unsigned int I; // Variable local para ejecutar el ciclo de repetición.
    unsigned int S=0;
    #define U 700

    if ( PORTAbits.RA0==1 && PORTAbits.RA2==1 )
    {
        A=4;
        Lcd_Out(1,0,"Deteccion <= 4mt");
        for(I=0;I<4;I++)
        {
            while (S<100) //ciclo de repeticion para nota musical
            {
                PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
                __delay_us(U);
            }
        }
    }
}

```

```

PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
__delay_us(U);

S++;

}

__delay_ms(500);

S=0;

}

}

if ( PORTAbits.RA0==1 && PORTAbits.RA2==0 )

{

A=3;

Lcd_Out(1,0,"Deteccion <= 3mt");

for(I=0;I<3;I++)

{

while (S<100) //ciclo de repeticion para nota musical

{

PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora

__delay_us(U);

PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora

__delay_us(U);

S++;

}
}
}

```

```

__delay_ms(500);

S=0;

}

}

if ( PORTAbits.RA0==0 && PORTAbits.RA2==1 )

{

A=2;

Lcd_Out(1,0,"Deteccion <= 2mt");

for(I=0;I<2;I++)

{

while (S<100) //ciclo de repeticion para nota musical

{

PORTBbits.RB6=1; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora

__delay_us(U);

PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora

__delay_us(U);

S++;

}

__delay_ms(500);

S=0;

}

}

```

```

if ( PORTAbits.RA0==0 && PORTAbits.RA2==0 )
{
    A=1;
    Lcd_Out(1,0,"Deteccion <= 1mt");

while (S<100) //ciclo de repeticion para nota musical
{
    PORTBbits.RB6=1 ; // sacamos un "1" por el PIN RB6 y activamos la alarma sonora
    __delay_us(U);
    PORTBbits.RB6=0 ; // sacamos un "0" por el PIN RB6 y apagamos la alarma sonora
    __delay_us(U);
    S++;
}
    __delay_ms(500);
}
}

//=====
//CONFIGURACION INICIAL DEL PIC.
//=====

void configuracion()
{
    CMCON = 0x07;    // Configurar Puerto A como E/S digital para LCD 16x2

```

```

TRISA = 0xE5;    // Se configura RA1,RA3 y RA4 como salidas, el resto como entradas
TRISB = 0x00;    // Puerto B como salida

INTCONbits.RBIE=0; // Deshabilitamos las interrupciones de los Pull ups de los pines
RB4-RB7

Lcd_Init();      // Inicializacion del LCD

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);

Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF);

Timer_On();     // Inicializacion del Timer1

// Inicializar entrada y salida del sensor

SENSOR_IN_DIR(); // Configurar pin de entrada

SENSOR_OUT_DIR(); // Configurar pin de salida

SENSOR_OUT = 0; // Inicializar el valor del pin de salida

}

//=====

//PROGRAMA PRINCIPAL

//=====

void main(void)

{

    configuracion(); //Se llama la función de configuración del PIC

    Inicio(); //se llama la función de presentación del dispositivo.

    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);

    Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF);

```

Modo()); //Se llama la función Modo para avisar al Invidente a qué distancia se está detectando un Obstáculo.

```
while (1) // Ciclo infinito.
```

```
{
```

```
TMR1H = CARGA_TIMER_MSB; // Carga inicial del timer1 registro MSB
```

```
TMR1L = CARGA_TIMER_LSB; // Carga inicial del timer1 registro LSB
```

```
SENSOR_OUT = 1; // Inicia pulso de disparo
```

```
__delay_us(RET_ANCHO_PULSO); // Retardo de tiempo requerido s/g datasheet
```

```
SENSOR_OUT = 0; // Termina pulso de disparo
```

```
while (!SENSOR_IN) // SENSOR_IN == 0, Esperar el arribo del pulso de respuesta
```

```
 ; // No hacer nada
```

```
TMR1ON = 1; // Llegó pulso eco de respuesta, activar Timer1
```

```
while (SENSOR_IN && !TMR1IF) // Esperar conclusion de eco de respuesta
```

```
 ; // o timeout TMR1IF de conteo maximo (desborde)
```

```
// Rango de duración de pulso provisto por el sensor HC-SR04: 5m -
```

```
// 29000 us de ancho de pulso (ida y vuelta). Si el conteo sobrepasa los
```

```
// 29000 us, el Timer se desborda de 0xFFFF a 0x0000, se puede considerar
```

```
// que se ha sobrepasado el rango del sensor o que no se ha detectado
```

```
// ningun objeto.
```



```

TMR1ON = 0; // Desactivar Timer1

if (TMR1IF) // Si el Timer se desborda
{
    distancia=480;

    mostrar_distancia();

    __delay_ms(250); // Pequeño retardo para no saturar la impresión en el LCD

    //conteo = CARGA_TIMER_MSB; // Asignar valores iniciales

    //conteo_1 = CARGA_TIMER_LSB; // para una lectura de 0 cm (lectura erronea)

    TMR1IF = 0; // Borrar bandera Timer1
}

else
{
    conteo = TMR1H; // Leer máximo conteo alcanzado por el Timer MSB

    conteo_1 = TMR1L; // Leer máximo conteo alcanzado por el Timer LSB

    //} //*****

// Conversión de 2 bytes a 1 word (16 bits):

// Recorrer el MSB 8 posiciones a la izquierda

// y luego sumarlo con el byte LSB */

conteo = conteo << 8; // Multiplicar por 256 para recorrer 8 posiciones

conteo = conteo + conteo_1; // Sumar con el byte LSB

// Calculo de la distancia en función al ancho del pulso:

```

```
// Restar primeramente el número de carga inicial del Timer (CARGA_TIMER),  
// dividir por 29 (vel. sonido = 1/29 cm/us, calculo de vel. sonido = 340 m/s),  
// dividir por 2 debido a que el pulso provisto por el sensor representa el tiempo  
// total de ida y vuelta (eco) del ultrasonido. Solo necesitamos la mitad. */  
distancia = (conteo - CARGA_TIMER)/29/2;  
mostrar_distancia();  
__delay_ms(250); // Pequeño retardo para no saturar la impresión en el LCD  
alarma(); //Se llama la función alarma que debe sonar si hay un obstáculo presente  
a la distancia programada.  
}  
} // Fin ciclo While.  
  
} // Fin del Programa principal.
```