

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN  
DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN  
ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO  
VIDENTES

ANDRÉS DAVID PADILLA ROMERO

SANGOLQUÍ - ECUADOR  
2013

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

#### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES”, ha sido desarrollado en su totalidad por el señor ANDRÉS DAVID PADILLA ROMERO, bajo nuestra dirección y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Andrés David Padilla Romero que lo entreguen al Ingeniero Luis Orozco MSc., en su calidad de Coordinador de Carrera.

Atentamente

---

Ing. Fabián Sáenz

DIRECTOR

---

Ing. Rodolfo Gordillo

CODIRECTOR

## ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

### INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

#### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Andrés David Padilla Romero

#### DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES**", ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros; conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

---

Andrés David Padilla Romero

CC: 210045455-8

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

#### **AUTORIZACION**

Yo, Andrés David Padilla Romero,

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

---

Andrés David Padilla Romero

CC: 210045455-8

## DEDICATORIA

*Al Rey de los siglos, inmortal, invisible, al  
único y sabio Dios, merecedor de toda Gloria  
y Honra por los siglos de los siglos, dedico  
este trabajo, por su inmensurable Amor y  
Presencia en mi vida. A mis Padres, por ser,  
amigos, compañeros, consejeros y apoyo  
incondicional. A mis hermanos, que los quiero  
mucho. A Lucesita por los momentos  
inolvidables, su apoyo y cariño que estuvieron  
presentes en todo tiempo.*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por su fidelidad, gracia y favor al permitirme alcanzar un sueño anhelado. Gracias porque sus pensamientos son perfectos y hermosos a cerca de mí y me ha dado el fin que tanto esperado. Eternamente Gracias.

Agradezco a mis Padres, Oswaldo Padilla y Nachita Romero por su esfuerzo y su apoyo incondicional. Gracias por creer en mí y darme la oportunidad de estudiar.

Agradezco a los Directores de Tesis, Ing. Fabián Sáenz e Ing. Rodolfo Gordillo, gracias a su apoyo, su tiempo, dedicación, consejos y paciencia me han permitido culminar esta importante etapa de mi vida.

Agradezco a Lucesita, por marcar mi vida con momentos inolvidables y llenarme de confianza para alcanzar una meta más en mi vida.

Agradezco a la Escuela Politécnica del Ejército y a mis profesores durante la carrera Universitaria, gracias por impartir sus conocimiento y formar de mí, un profesional.

De una manera muy especial, quiero agradecer a todas las personas que han sido parte de mi vida y han compartido estos años universitarios junto a mí. A mis hermanos; Made, Elías y Raquel, a mis amigos y compañeros de Universidad, y a mis amigos de CdFe. Gracias porque de una especial alguna han marcado mi vida.

## PRÓLOGO

El desarrollo del presente proyecto “Bastón electrónico guiado para personas no videntes” pretende ser una herramienta útil para la población no vidente del Ecuador. El bastón aumenta el área segura de la persona no vidente, es decir, una persona no vidente utiliza la técnica del tanteo para examinar el lugar por donde se desplaza, el presente proyecto, suma a esta técnica la información que puede brindar el sistema electrónico del bastón.

Haciendo uso de la tecnología se pretende brindar bienestar, independencia y comodidad, para las personas no videntes, en sus actividades diarias. Se escogió la tecnología RFID (Identificación por radio frecuencia) para la identificación de caminos y la detección de objetos por ultrasonido para la evasión de obstáculos.

El dispositivo identifica caminos dentro de un área determinada y reproduce un mensaje de voz de acuerdo al camino identificado. Detecta obstáculos y emite una señal de alarma.

El presente proyecto consta de los siguientes capítulos:

En el capítulo 1, se presenta la información de la población no vidente en nuestro país, su bienestar y desempeño laboral y las ayudas a la movilización para las personas no videntes.

En el capítulo 2, se describe información de elementos necesarios, para la elaboración del proyecto; componentes de la tecnología RFID, sensor ultrasónico y microcontroladores.

En el capítulo 3, se incluye la implementación de las diferentes etapas, su programación y se explica su funcionamiento general.

En el capítulo 4, se realiza pruebas técnicas y se analiza el funcionamiento y las limitaciones del bastón.

En el capítulo 5, se realizan conclusiones y recomendaciones en base al proyecto elaborado.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>1</b>
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO	
PARA PERSONAS NO VIDENTES .....	1
1.1 No videntes en el Ecuador .....	2
1.1.1 Organizaciones para personas no Videntes.....	2
1.1.2 Estadísticas de personas no videntes en el Ecuador .....	3
1.2 Bienestar y desempeño laboral de las personas no videntes en el ecuador.....	4
1.2.1 Departamento de Inserción Laboral (DIL-FENCE).....	4
1.2.2 DECS DIV .....	5
1.3 Ayudas a la movilización de los no videntes .....	5
1.3.1 Ultrasonico de ayuda de movilidad.....	6
1.3.2 Vara para personas no videntes.....	7
1.3.3 Bastón blanco.....	7
1.4 Objetivos .....	8
1.5 Metodología de desarrollo.....	8
1.6 Estructura de proyecto.....	9
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>11</b>
FUNDAMENTO TEORICO .....	11
2.1 Microcontroladores .....	11
2.1.1 Características.....	11
2.1.2 Desarrollo .....	13
2.2 Tecnología RFID.....	14
2.2.1 Etiquetas de RFID .....	15
2.2.2 Normas de regularización y estandarización .....	18
2.3 Circuito integrado ISD5116.....	23
2.4 Sensores de distancia por ultrasonido .....	28
2.4.1 Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico.....	28
2.4.2 Ventajas y desventajas de una sensibilidad elevada.....	29
2.4.3 Angulo de apertura del haz.....	31

2.4.4 Consideraciones importantes .....	32
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>34</b>
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BASTÓN .....	34
3.1 Selección de componentes.....	34
3.1.1 Estructura del bastón.....	34
3.1.2 Sensores .....	35
3.1.3 Microcontrolador.....	39
3.1.4 Circuito integrado de audio.....	40
3.2 Diseño de la estructura del bastón.....	41
3.2.1 Normas y requerimientos .....	42
3.3 Diagrama general de bloques del sistema.....	43
3.3.1 Funcionamiento general .....	44
3.4 Configuración de sensores .....	45
3.4.1 RFID.....	45
3.4.2 Sensor de distancia ultrasónico.....	47
3.5 Integración de la etapa auditiva .....	48
3.6 Programación del microcontrolador .....	49
3.6.1 Diseño de software.....	50
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>55</b>
PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	55
4.1 Pruebas Técnicas .....	55
4.2 Análisis Técnico de funcionamiento del Bastón.....	56
4.3 Resultados.....	57
4.4 Limitaciones.....	58
<b>CAPITULO 5.....</b>	<b>59</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
5.1 CONCLUSIONES .....	59
5.2 RECOMENDACIONES.....	60
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ultrasónico de ayudas de movilidad.....	6
Figura 1.2	Bastón Blanco moderno para personas no videntes.....	7
Figura 1.3	Bastón Blanco tradicional para personas no videntes.....	7
Figura 2.1	Diseño interno de un microcontrolador.....	11
Figura 2.2	Etapas de desarrollo de software.....	13
Figura 2.3	Etapas de desarrollo de software.....	14
Figura 2.4	Varios encapsulados de las etiquetas RFID de izquierda a derecha: a) llavero, b) botón para ropa, c)etiqueta para CD's.....	15
Figura 2.5	Diagrama de bloques para el funcionamiento del circuito Integrado ISD5116. ....	25
Figura 2.6	Diagrama de bloques de un sensor ultrasónico. ....	28
Figura 2.7	Señal sónica ante un objeto reflejante ideal cercano. ....	30
Figura 2.8	Señal sónica, formación de ecos, ante un objeto ideal reflejante lejano. ....	31
Figura 2.9	Angulo de apertura del haz sónico.....	31
Figura 2.10	Señal sónica ante un objeto inclinado.....	32
Figura 3.1	Bastón electrónico guiado para personas no videntes.....	34
Figura 3.2	ID-12 Tarjeta lectora RFID. ....	35
Figura 3.3.	Encapsulado con pines.....	36
Figura 3.4	Diagrama del circuito de la tarjeta lectora.....	37
Figura 3.5.	Etiqueta RFID.....	37
Figura 3.6	Sensor Ultrasónico.....	38
Figura 3.7	Haz de emisión del pulso sónico.....	38
Figura 3.8	Diagrama de pines del circuito integrado. ....	40
Figura 3.9	Diagrama de bloques del sistema.....	43
Figura 3.10	Diagrama de flujo del funcionamiento general del bastón.....	44
Figura 3.11	Secciones principales de los laboratorios de electrónica.....	47
Figura 3.12	Diagrama de flujo de la programación del microcontrolador.....	50
Figura 3.13	Diagrama de flujo del programa principal.....	51
Figura 3.14	Diagrama de flujo de la subrutina de audio 1.....	52
Figura 3.15	Diagrama de flujo de la subrutina de audio 2.....	52
Figura 3.16	Diagrama de flujo de la subrutina de audio 3.....	53
Figura 3.17	Diagrama de flujo de la subrutina de audio 4.....	53
Figura 3.18	Diagrama de flujo de la interrupción para el sensor ultrasónico.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clases de etiquetas.....	17
Tabla 2.2. Frecuencias y potencias permitidas para sistemas RFID.....	19
Tabla 2.3. Duración de acuerdo al filtro y frecuencia de muestreo.....	24
Tabla 3.1. Características de la tarjeta lectora.....	35
Tabla 3.2. Descripción de pines de la tarjeta lectora .....	36
Tabla 3.3. Características del microcontrolador 16F876.....	39
Tabla 3.4. Descripción de pines.....	41
Tabla 3.5. Datos para la comunicación serial del Microcontrolador con el módulo de audio.....	49
Tabla 3.6. Descripción de operación con sus códigos.....	49
Tabla 4.1. Prueba de eficacia.....	55
Tabla 4.2. Prueba de energía.....	56
Tabla 4.3. Prueba de alcance.....	56
Tabla 4.4. Eficiencia en la Prueba de eficacia.....	57
Tabla 4.5. Eficiencia en las Pruebas de alcance.....	57

# Resumen

En este proyecto se ha desarrollado un Bastón electrónico para personas no videntes, con el objetivo de proporcionar una herramienta tecnológica que ayude a movilización segura de la persona, identificando caminos existentes y evitando obstáculos, para así brindar bienestar, independencia y comodidad en las actividades diarias.

El dispositivo cumple con dos funciones:

- Identificación de caminos existentes, por medio de la tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia) se puede identificar caminos existentes, dentro de un área determinada, colocando Etiquetas RFID al inicio de cada camino en el área establecida. Cuando identifica un camino el bastón reproduce un mensaje de voz señalando la información de dicho camino.
- Identificación de obstáculos; por medio de un sensor ultrasónico se puede identificar obstáculos existentes en el camino. Cuando el bastón detecta un obstáculo se enciende una alarma sonora (pitido) y motora (vibración), así el usuario sabe que existe un obstáculo.

En este proyecto se realizaron pruebas técnicas con el objetivo de determinar la característica de funcionamiento y desempeño del dispositivo.

## CAPITULO 1

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES**

El presente proyecto procura brindar una herramienta tecnológica a las personas no videntes para su movilización dentro de un área determinada, brindando una mayor amplitud del área segura personal y proveyendo de información a la persona acerca de obstáculos y/o caminos existentes.

Se pretende desarrollar un bastón electrónico parlante que identifique los caminos existentes y anunciar a la persona no vidente. A cada camino que se desea identificar se la adhiere una etiqueta codificada, al acercarse el bastón identifica las etiquetas. El bastón posee un grabador de voz, en el cual se graba la información de todos los caminos existentes en el área predeterminada y una vez identificada la etiqueta adherida, la persona recibe la información del camino correspondiente.

El bastón emite ondas ultrasónicas para la identificación de obstáculos en el camino, cuando un obstáculo es detectado el bastón emite una señal motora (vibración) y un pitido, así la persona puede saber que tiene un obstáculo al frente.

En el presente capítulo se estudia la condición de la población no vidente para conocer sus necesidades de manera que se pueda enfocar el proyecto en su diseño y evaluación para cumplir con el objetivo de brindar una herramienta tecnológica a las personas no videntes.

## **1.1 No videntes en el Ecuador**

### **1.1.1 Organizaciones para personas no Videntes.**

#### **FENCE**

Un 12 de abril de 1985 se creó la FENCE (Federación Nacional de Ciegos), FENCE es una organización autónoma que agrupa a instituciones y organizaciones de y para ciegos, coordina, asesora, capacita y defiende derechos; impulsa la inserción laboral e inclusión social para fortalecer a sus filiales y asociados, promoviendo la representatividad del sector. Por medio de esta organización se logrado integrar a las personas con discapacidad visual en nuestra sociedad (FENCE, 2013).

#### **Biblioteca Nacional para Ciegos ESPE**

La ESPE está dotada de una biblioteca virtual para personas con discapacidad visual, en la cual se convierte información escrita en formato digital audible. También tiene una biblioteca braile.

Al final del 2006 se cuenta en resumen con 5400 obras en audio y en texto digital 3000. Por donaciones de diversas personas, trabajo del personal de la Sección, por compra en otros casos, en el 2008 contamos con un fondo tiflobibliográfico de 15000 obras en texto digital; 250 en formato WAVE; en ROSITA 3500; 600 en formato DAISY; 1500 en formato MP3.

En la actualidad a Diciembre del 2010 tenemos: Obras en texto digital 80000 de estas clasificadas 20000; Películas en AUDSC 240 (ESPE, 2013).

#### **CEFOCLAC**

El Centro de Formación y Capacitación Laboral para Ciegos "CEFOCLAC", ofrece servicio de rehabilitación integral de calidad a las personas con discapacidad visual hasta lograr una autonomía funcional que

les permite reinsertarse en la vida familiar, laboral y comunitaria en las mejores condiciones posibles.

## **ASOCIP**

La Asociación de Ciegos del Pichincha “ASOCIP”, tiene como objetivo aglutinar a todos los ciegos de Pichincha, ayudarlos en la adquisición laboral y motivar a sus integrantes a capacitarse.

### **1.1.2 Estadísticas de personas no videntes en el Ecuador**

Según las estadísticas proporcionadas por el CONADIS (Consejo Nacional de Discapacidades) del total de la población del Ecuador, el 13,2 % son personas con algún tipo de discapacidad (1`600.000 personas), y podemos señalar que en el país se encuentran registradas aproximadamente (CONADIS, 2013):

163.538	personas con discapacidad por deficiencias físicas
13.559	personas con discapacidad por deficiencias mentales y psicológicas
4.870	personas con discapacidad de lenguaje
38.952	personas con discapacidad por deficiencias visuales; y,
40.427	personas con discapacidad por deficiencias auditivas.

La Federación Nacional de Ciegos del Ecuador (FENCE) y el Centro de Formación y Capacitación laboral para Ciegos (CEFOCLAC) han contribuido en la integración a la sociedad, de las personas no videntes. De acuerdo al CONADIS solo el 10,1 % de personas discapacitadas usan ayudas técnicas, el 89,9% no la usan, (CONADIS, 2013) Es decir, se estima que tan solo el 10,1% de personas no videntes se capacita para integrarse a la sociedad.



## **1.2 Bienestar y desempeño laboral de las personas no videntes en el Ecuador**

Debido al plan de inclusión social ejecutado por la Vicepresidencia de la República del Ecuador, hoy en día, las personas con discapacidad tienen mayor oportunidad de desarrollarse profesional y laboralmente, afortunadamente esto está sustentado en la Ley, y el Ministerio de Relaciones Laborales es el encargado de vigilar su cumplimiento.

En consecuencia, las personas con discapacidad están comprometidas a prepararse para poder desempeñarse en trabajos dentro de empresas públicas y privadas. La Federación Nacional de Ciegos del Ecuador (FENCE) y el Centro de Formación y Capacitación laboral para Ciegos (CEFOCLAC) han contribuido en la integración a la capacitación para la integración de las personas no videntes en la sociedad.

La mayoría de personas no videntes no tienen impedimentos para caminar, pero al carecer del sentido de la vista sienten inseguridad y temor al movilizarse, esto afecta a su habilidad para establecer relación con los objetos y su capacidad de representación mental del espacio físico. Las condiciones de accesibilidad en los establecimientos públicos y/o privados es un gran inconveniente para la movilización. El Instrumento más usado para ambulación en el Ecuador por las personas no videntes, es el bastón blanco, símbolo de independencia de las personas discapacitadas visuales e instrumento para movilidad y orientación.

### **1.2.1 Departamento de Inserción Laboral (DIL-FENCE).**

La Federación Nacional de Ciegos del Ecuador “FENCE”, ha creado el Departamento de inserción Laboral con el fin de fortalecer a las personas con discapacidad visual para que tengan un mejor desempeño profesional y laboral dentro de las empresas estatales y privadas (FENCE, 2013).

Entre sus principales objetivos esta:

- Fomentar el trabajo de las personas con Discapacidad Visual.

- Gestionar recursos ante organismos Nacionales e Internacionales, para la aplicación de este Reglamento.
- Impulsar entre las personas con Discapacidad Visual la Inserción Laboral y el progreso Socio-Económico.
- Fortalecer las microempresas de las filiales.
- Fortalecer el micro-negocio, de las Personas con Discapacidad Visual, a través de la capacitación y seguimiento.
- Promover el empleo para las personas con discapacidad visual entre los organismos estatales, seccionales, públicos y privados del país.

### **1.2.2 DECSEDIV**

La Federación Nacional de Ciegos del Ecuador ha creado un programa de Inclusión educativa de las personas con discapacidad visual, DECSEDIV. Este programa tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Entre los objetivos tiene (FENCE, 2013):

- Contribuir en la disminución del alto índice de analfabetismo.
- Fortalecer la inserción laboral.
- Integrar a las personas sin distinción de etnias, géneros, religión, para un avance socialmente justo.

### **1.3 Ayudas a la movilización de los no videntes**

La mayoría de personas no videntes no tienen impedimentos para caminar, pero al carecer del sentido de la vista sienten inseguridad y temor al moverse, esto afecta a su habilidad para establecer relación con los objetos y su capacidad de representación mental del espacio físico.

Se han realizado diferentes estudios con el objetivo de brindar instrumentos y técnicas que permitan a las personas no videntes moverse de una manera más segura. Con la pérdida del sentido de la vista se intenta

aprovechar la información que pueden brindar los otros sentidos, como por ejemplo:

El sentido auditivo, proporciona información sobre distancia, orientación, dirección, tamaño y peligro.

El sentido del tacto, permite sensaciones de variaciones de presión, temperatura y con adecuada estimulación brindará sensaciones de orientación y memoria muscular.

El sentido del olfato, nos brinda información sobre distancia, orientación y diferenciación.

En base a la información que proveen los sentidos, se han desarrollado diferentes instrumentos.

### 1.3.1 Ultrasonico de ayuda de movilidad



**Figura. 1.1. Ultrasonico de ayudas de movilidad.**

El MNI Ultrasónico usa el eco mediante ondas ultrasónicas para detectar objetos. Indica la distancia de los objetos mediante vibración. Mientras más cerca está el objeto es más rápida la vibración.

El MINI Ultrasónico es sólo como un accesorio a la más tradicional de las ayudas como el bastón blanco y el perro guía.

### 1.3.2 Vara para personas no videntes



**Figura. 1.2. Bastón Blanco moderno para personas no videntes.**

Este diseño hace cierta referencia al clásico bastón blanco, dotado con sensores permite detectar los obstáculos sin necesidad de golpearlos.

### 1.3.3 Bastón blanco



**Figura. 1.3. Bastón Blanco tradicional para personas no videntes.**

El Instrumento más usado para ambulación en el Ecuador por las personas no videntes, es el bastón blanco, símbolo de independencia de las personas discapacitadas visuales e instrumento para movilidad y orientación.

Se han desarrollado bastones con diferentes tipos de tecnología para ayudar a la movilización de las personas no videntes.

#### **1.4 Objetivos**

Este proyecto está encaminado a brindar una herramienta tecnológica para facilitar la movilización de las personas no videntes y de esta manera apoyar su desempeño y desarrollo en su diario vivir.

Con la elaboración de un Bastón Electrónico Guiado para personas no videntes se proporcionará comodidad e independencia a su movilización dentro de un área determinada, para esto es necesario implementar un sistema de reconocimientos de los caminos en el área.

La principal característica del Bastón será la de proporcionar información de los caminos existentes por medio de señales auditivas.

El bastón está diseñado para ser usado de forma manual, ligero y práctico, con el fin de ser una herramienta de fácil uso.

#### **1.5 Metodología de desarrollo**

Basado en la Observación de las necesidades de movilización de las personas con discapacidad visual, se analizó la idea de desarrollar una herramienta electrónica enfocada hacia la misma.

Uno de los grandes inconvenientes de las personas con discapacidad visual es la movilización. Con los conocimientos adquiridos en la carrera de

Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército se pretende desarrollar un Bastón Electrónico Guiado para Personas no Videntes. El Método seleccionado para el desarrollo del proyecto es la síntesis.

La síntesis establece la unión entre el análisis previamente realizado y permite establecer la relación entre la necesidad de movilización de las personas no videntes y los conocimientos adquiridos en la carrera de Electrónica. La síntesis posibilita la sistematización del conocimiento.

### **1.6 Estructura de proyecto**

El Bastón Electrónico Guiado para personas no videntes está constituido de dos partes: la estructura mecánica y el sistema electrónico. Lo que se pretende realizar con la implementación del Bastón guiado para persona no vidente es:

- Identificación de caminos existentes.- por medio de la identificación de objetos basado en Radio Frecuencia, se pretende identificar los caminos, colocando Etiquetas RFID al inicio de cada camino existente en el área establecida. La tarjeta RFID (Identificación por Radio frecuencia) detecta e identifica los etiquetas adheridos a los caminos existentes, por lo cual podemos reconocer los diferentes caminos.
- Identificación de obstáculos.- por medio de un sensor ultrasónico se pretende identificar obstáculos existentes en el camino.

Para lograr la movilización contamos con dos sensores que nos permiten diferenciar un obstáculo o un camino existente. El sensor de distancia, ultrasónico, nos permitirá identificar los obstáculos en un radio de distancia de 3 a 4 metros, mientras que el sensor RFID identificará los caminos existentes

El sistema electrónico del presente proyecto tiene dos entradas de sensores que ingresan al Microcontrolador. La primera entrada es por el sensor de distancia, con el cual se pretende identificar obstáculos de riesgo para la movilización de la persona no vidente. La segunda entrada es a través de la tarjeta RFID (Identificador por radio frecuencia) con el cual se pretende identificar caminos existentes, por medio de ETIQUETAS RFID adheridos al inicio de cada camino existente.

La Etapa auditiva tiene como función proveer la información censada a la persona no vidente, en esta etapa tenemos dos tipos de señales auditivas; la primera será como señal de alarma para indicar un obstáculo frente al individuo y la segunda es para el reconocimiento de caminos existentes; para esta señal auditiva se utilizará un dispositivo que permita grabar y reproducir una señal de audio relacionada con el camino identificado.

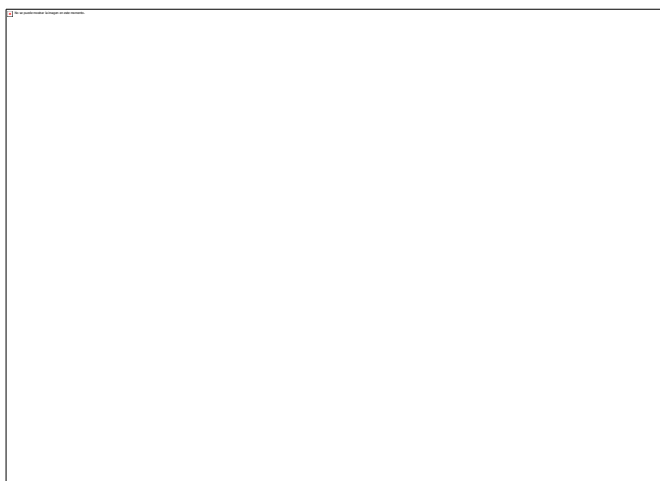
El circuito Integrado ISD5116 es un dispositivo electrónico que permite grabar y reproducir hasta 16 minutos una señal de audio.

## CAPITULO 2

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 2.1 Microcontroladores

Los Microcontroladores son computadores digitales integrados en un circuito integrado que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. El funcionamiento de los Microcontroladores está determinado por la programación que se grabe en su memoria.



**Figura. 2.1. Diseño interno de un microcontrolador.**

##### 2.1.1 Características

Las principales características de los Microcontroladores son:

**Unidad de Procesamiento Central (CPU):** Existen unidades de procesamiento de 4, 8, 32 y hasta 64 bits. La Unidad de Procesamiento puede tener dos tipos de arquitectura (Ingeniería Controladores, 2010):

- Arquitectura Harvard; el bus de memoria para datos está separado del bus de memoria de instrucciones de programa.



- Arquitectura de von Neumann, el bus de memoria para datos y bus de memoria de programa están compartidos.

**Memoria de Programa:** El Microcontroladores tiene varios tipos de memorias (Ingenieria Controladores, 2010):

- Es una memoria ROM (Read-Only Memory), Memoria solo de lectura
- EPROM (Electrically Programmable ROM), es una Memoria ROM pero que se puede programar eléctricamente una sola vez.
- EEPROM (Electrically Erasable/Programmable ROM), es una Memoria ROM pero que se puede programar y borrar eléctricamente más de una vez.
- La Memoria Flash que almacena el código del programa.

**Memoria de Datos:** Es una memoria RAM (Random Access Memory) esta memoria permite guardar datos por el tiempo que el programa este corriendo en el micro controlador. Esta memoria puede ser de 1, 2 4, 8, 16, 32 kilobytes (Ingenieria Controladores, 2010).

**Generador del Reloj:** Utiliza un cristal de cuarzo de frecuencias para generar una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC (Ingenieria Controladores, 2010).

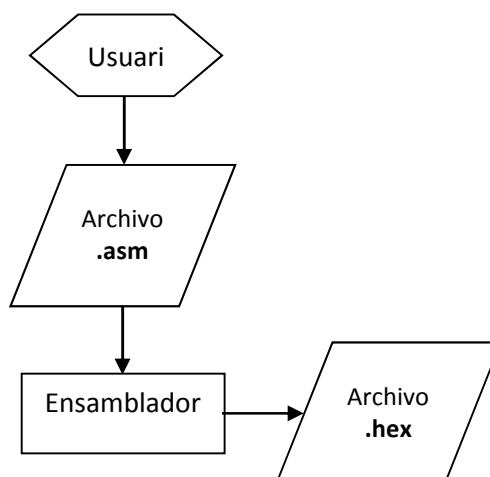
**Interfaz de Entrada/Salida:** Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos, Seriales (SPIs, Serial Peripheral Interfaces), Red de Área de Controladores (CAN, Controller Area Network), USB (Universal Serial Bus) (Microchip Technology Inc., 2003).

**Otras opciones:**

- Conversores Análogo-Digitales (A/D, analog-to-digital) para convertir un nivel de voltaje en un cierto pin a un valor digital manipulable por el programa del Microcontroladores (Ingeniería Controladores, 2010).
- Moduladores por Ancho de Pulso (PWM, Pulse-Width Modulation) para generar ondas cuadradas de frecuencia fija pero con ancho de pulso modificable (Ingeniería Controladores, 2010).

### 2.1.2 Desarrollo

Para desarrollar un programa para micro controlador el método básico es escribir en lenguaje de ensamblador en un archivo de texto con extensión .asm y luego utilizar una programa ensamblador (Assembler) para generar un archivo en lenguaje de máquina, también denominado código de máquina o código objeto (object code), compuesto por instrucciones en código binario que son directamente entendidas por la CPU del micro controlador.

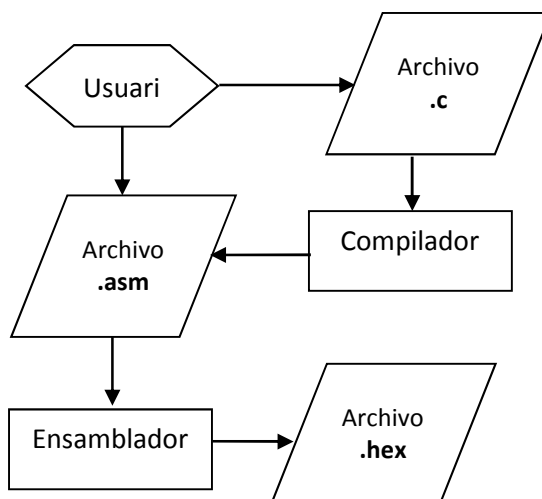


**Figura. 2.2. Etapas del desarrollo de software.**

El lenguaje ensamblador es un lenguaje de bajo nivel, las instrucciones del lenguaje ensamblador son mnemónicas, es decir, van ligadas a las características propias del Microcontrolador.

Existe otra alternativa para desarrollar el programa para microcontroladores, a través de lenguaje de alto nivel con un alto número de

abstracciones que facilitan la programación. De los lenguajes de programación de alto nivel más comunes para la programación de controladores es el C y C++. Una vez desarrollado el programa para el Microcontrolador se debe utilizar un compilador para trasladar a lenguaje de ensamblador y luego poder generar un código de máquina.



**Figura. 2.3. Etapas del desarrollo de software.**

La diferencia entre un programa desarrollado en lenguaje de bajo nivel y de alto nivel puede ser la eficiencia que se puede alcanzar con el lenguaje de bajo nivel. Esto se debe a que el lenguaje de alto nivel presenta un gran número de abstracciones (Ingeniería Controladores, 2010).

## 2.2 Tecnología RFID

RFID (Radio Frequency IDentification), Identificación por radiofrecuencia es un sistema de reconocimiento de objetos por medio del almacenamiento y recuperación de datos remotos. Utiliza dispositivos denominados transpondedores o etiquetas RFID. Toda etiqueta RFID contiene una pequeña antena emisora que puede estar activa o pasiva (permanece inactiva hasta que recibe una señal), al recibir la señal remite en una banda distinta un código único. El código que alberga la etiqueta es leído con un receptor adecuado (Gideke, 2006).

### 2.2.1 Etiquetas de RFID

Las etiquetas RFID toman multitud de formas y tamaños según los diferentes entornos donde deben utilizarse, esta característica de adaptación proporciona un elevado surtido de etiquetas. Además estas etiquetas pueden estar encapsuladas en diferentes tipos de material. Hay etiquetas que se encapsulan en plástico (normalmente PVC), o botones para obtener mayor durabilidad, sobretodo en aplicaciones de ciclo cerrado donde se tiene que reutilizar o en ambientes hostiles. También pueden estar insertadas en tarjetas de plástico como las de crédito, este tipo se denominan “contactless smart cards”, o láminas de papel (similar a los códigos de barra), que reciben el nombre de “smart labels”, ver figura 2.4. Como último destacamos los encapsulados de cerámica especialmente idóneos en entornos corrosivos, líquidos o para incrementar la protección del etiqueta, por ejemplo, su utilización en la trazabilidad animal. En resumen, el embalaje o encapsulado del etiqueta puede ser una de las características más visuales para clasificarlos, además es una característica que afecta directamente a cómo se adhiere el etiqueta al objeto a identificar (Remoteidentity Corp., 2010).



**Figura. 2.4. Varios encapsulados de los etiquetas RFID de izquierda a derecha: a) llavero, b) botón para ropa y c) etiqueta para CD`s (Libera Networks, 2010)**

### Origen de la alimentación o fuente de energía

Una de las clasificaciones más comunes es por el origen de la energía, batería o fuente de alimentación. Esta característica es uno de los principales factores que determina el coste y vida de la etiqueta. Pueden ser pasivas si no tienen fuente de alimentación propia, semi-pasivas si utilizan una pequeña batería asociada y activas si tienen su propia fuente de alimentación (WIKIPEDIA, 2013).

### **Etiquetas pasivos**

Las etiquetas RFID pasivas no requieren batería ya que toda la energía que el circuito integrado necesita para poder transmitir una respuesta la recoge del campo electromagnético creado por el lector. Las etiquetas pasivas, en la práctica tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 milímetros hasta 6 metros dependiendo del tamaño de la antena de la etiqueta, de la potencia y frecuencia en la que opera el lector. Estas etiquetas tienen la ventaja de poder ser mucho más pequeñas que las etiquetas activas. La forma de la etiqueta dependerá del uso que se vaya a hacer de las mismas, aunque lo normal es que vaya montada sobre una pegatina o una tarjeta. Como es de suponer son los más económicos y los de menor rango de comunicación, pero por su relación entre comportamiento y precio son los más utilizados. (WIKIPEDIA CORPORATION, 2010)

### **Etiquetas semi-pasivos**

Las etiquetas RFID semi-pasivas son muy similares a las pasivas, pero con la diferencia de que incluyen una batería para activar la circuitería del circuito integrado pero la energía para generar la comunicación es la que recoge de las ondas radio del lector (como en los pasivos). Esto da lugar a que las antenas no requieran capturar la potencia de la señal entrante para devolver la señal saliente, sino que las antenas son mejoradas para la emisión de la respuesta (WIKIPEDIA CORPORATION, 2010), (Instituto Tecnológico de Madrid, 2010).

### **Activos**

Tiene una propia batería para el suministro de la energía. Dicha energía es utilizada para activar la circuitería del microcircuito integrado y enviar la señal a la antena. Permiten una amplia cobertura de difusión, es decir, mayor alcance. Normalmente tienen una mayor capacidad de almacenar información. También pueden llevar sensores adicionales a la propia memoria como sensores de temperatura, de velocidad, de movimiento, etc. que permiten almacenar o controlar datos vitales en algunas aplicaciones. Actualmente, Su tamaño es mayor que los otros dos

tipos de etiquetas o etiquetas, aunque las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas tienen rangos prácticos de diez metros a cien metros, y una duración de batería de varios años. Se puede usar como un transponedor o como una baliza. En el primer caso puede ejemplificarse como un tele peaje o bien otros puestos de control en los que se requiera la apertura de puertas de seguridad. Su segundo uso es utilizado para sistemas de localización en tiempo real. En este caso la etiqueta está lanzando una señal cada cierto intervalo de tiempo, por ejemplo 3 segundos, hasta que el lector consiga identificar el lugar del que proviene la señal (WIKIPEDIA CORPORATION, 2010), (Instituto Tecnológico de Madrid, 2010).

### Clase de etiquetas

Las clases definen la capacidad de la etiqueta RFID desde una Clase 0 hasta una Clase 5. Cada clase tiene más capacidades que la anterior y es compatible con las anteriores, ver la tabla 2.1 (Libera Networks, 2010).

**Tabla 2.1. Clases de etiquetas**

Clase	Descripción
<b>0</b>	Un etiqueta sencillo, pasivo, de solo lectura, con memoria no volátil programable sólo en su fabricación
<b>1</b>	Un etiqueta sencillo, pasivo, de solo lectura, con memoria programable no volátil
<b>2</b>	Un etiqueta pasivo con memoria de lectura/escritura de hasta 65KB
<b>3</b>	Un etiqueta semi-pasivo, prácticamente idéntico al etiqueta de clase 2, con mismas características de memoria, pero con una batería adicional que aumentara su alcance
<b>4</b>	Un etiqueta activo que utilice una batería para alimentar su circuitería, aumentando así las potencias transmitidas hacia un lector RFID
<b>5</b>	Un etiqueta activo que puede comunicar con otro etiqueta de clase 5 y/o con otros dispositivos

(Libera Networks, 2010)

## **2.2.2 Normas de regularización y estandarización**

### **Consideraciones de frecuencia**

Los sistemas RFID que generan e irradian ondas electromagnéticas, son clasificados como sistemas de radio. La función de otros servicios de radio, en ningún caso debe ser interrumpida o perjudicada por la operación de los sistemas RFID. Es en particular importante asegurar que los sistemas RFID no interfieran con la radio cercana y con servicios de radio y televisión, móviles (la policía, servicios de seguridad, industria), servicios de radio marítimos y aeronáuticos.

La necesidad de ejercer el cuidado con respeto a otros servicios de radio restringe considerablemente la gama de frecuencias convenientes de operaciones disponibles a un sistema RFID. Por esta razón, usualmente solo es posible usar intervalos de frecuencia reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas o para dispositivos de corto alcance. Estas son frecuencias clasificadas mundialmente como ISM (Industrial-Scientific-Medical) o SRD (Short range devices), ver tabla 2.2. (Libera Networks, 2010).

**Tabla 2.2. Frecuencias y potencias permitidas para sistemas RFID**

Frecuencias para sistemas RFID		
Frecuencia	Comentario	Potencia de transmisión / Intensidad de campo permitida
< 135 kHz	Baja frecuencia, acople inductivo	72 dB $\mu$ A/m
6,765 .. 6,795 MHz	Frecuencia media (ISM), acople inductivo	42 dB $\mu$ A/m
7,400 .. 8,800 MHz	Frecuencia media, usada solo para EAS (electronic article surveillance) que se refiere a vigilancia de artículos electrónicos	9 dB $\mu$ A/m
13,553 .. 13,567MHz	Frecuencia media (13,56 MHz, ISM), acople inductivo, espectro ampliado usado para gestión de ítems así como en tarjetas y etiquetas inteligentes	38dB $\mu$ A/m @ 10m (USA) 42dB $\mu$ A/m @ 10m (Europa)
26,957 .. 27,283 MHz	Frecuencia media (ISM), acople inductivo, solo para aplicaciones especiales.	42 dB $\mu$ A/m
433 MHz	UHF (ISM), raramente usada para RFID	10 .. 100 mW
868 .. 870 MHz	UHF (SRD), nueva frecuencia, sistemas en desarrollo.	500 mW, Europa
902 .. 928 MHz	UHF (SRD), diversos sistemas.	4 W – Espectro ensanchado, USA/Canadá
2,400 .. 2,483 GHz	SHF (ISM), identificación de vehículos.	4 W – Espectro ensanchado, USA/Canadá 500 mW, Europa
5,725 .. 5,875 GHz	SHF (ISM), raramente usada para RFID	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa

(Libera Networks, 2010)

### Estándares

Como toda nueva tecnología, uno de los temas principales para su adopción a gran escala son la definición de estándares que garanticen la interoperabilidad y la disposición de soluciones no ligadas a un solo proveedor, que permite a la empresa obtener cierta libertad de decisión.



Claro está que cuando nos encontramos en aplicaciones que solo implican a una sola empresa no hay necesidad de existencia de estándares, pero si esta debe colaborar con otros agentes e intercambiar información, se hace imposible realizarlo sin un estándar que defina como comunicarse para que todo el mundo lo entienda. En este tipo de sistemas, normalmente, se ven involucrados en los estándares aspectos físicos la etiqueta y la interfaz aérea (comunicación).

Los estándares principales en los sistemas RFID los podríamos desglosar en dos: estándares de EPCglobal, empresa que desarrolla estándares industriales para el código de producto electrónico EPC (Electronic Product Code) y de la Organización Internacional para la Estandarización o International Organization for Standardization (ISO), cada uno con sus categorías (Rincondelvago, 2010).

Entre las cosas que se estandarizan están las siguientes:

- **Tecnología:** Estándares para tecnología aseguran interoperabilidad de componentes de sistemas comunes.
- **Conformidad:** La tecnología debe estar conforme a las mejores prácticas y métodos del estándar aceptado.
- **Desenvolvimiento:** Los lectores y etiquetas deben ser evaluados de acuerdo a ciertos niveles del estándar.

## ISO

Es una ONG constituida por una red de institutos nacionales de estándares en 146 países, cuya aportación es igualitaria (1 miembro por

país). El organismo tiene una central de coordinación en Génova (Suiza) (Remoteidentity Corp., 2010).

En general, los estándares de las etiquetas ISO (15693, 14443, 18000-6) usan el siguiente formato (Remoteidentity Corp., 2010):

**Dimensiones físicas:** Define tamaños, niveles de luz ultravioleta, rayos X, temperaturas, campos eléctricos y magnéticos a los cuales la etiqueta debe funcionar en forma adecuada.

**Interfaz aérea e inicialización:** Define valores de frecuencia y campo de operación, tipo de modulación, tipo de codificación, velocidad de transmisión y definición tramas de iniciales y finales.

**Anticolisión y protocolo de comunicación:** Define la organización de la memoria del etiqueta, la organización de los datos en la memoria, el identificador único (UID), bloque de datos, describe el mecanismo para intercambiar instrucciones y datos entre el lector y el etiqueta, el proceso de anticolisión, especificaciones de tiempo, define grupo de comandos para el etiqueta,

## **El EPCglobal Gen2**

Estándar de EPCglobal que permite una compatibilidad mundial de este protocolo en banda UHF. Su producción comenzó en el segundo trimestre en este último año 2005. El estándar permite leer 1500etiqueta/s en Norteamérica, y 600 etiquetas/s en Europa. La diferencia se debe principalmente a la diferencia de ancho de banda asignada en cada una de las regiones para el estándar. Tiene un control de privacidad y acceso integrado (no es muy potente, pero está presente). Principalmente consiste en que el lector RFID no transmite el EPC, existen funciones de

deshabilitación de etiquetas (función Kill etiqueta), y se puede proteger el acceso al etiqueta mediante una contraseña (EPCGlobal, 2006).

### **Otros estándares**

**ANSI (American National Standards Institute):** Se trata de un organismo privado con fines no lucrativos que administra y coordina el organismo de estándares americano. Su misión es asegurar tanto la competitividad como la calidad de los productos made in USA promoviendo una serie de normas que lo garanticen. He aquí algunos estándares del ANSI relativos al RFID.

ANS INCITS 256-2001: Estándar que promueve la interoperabilidad de sistemas RFID en las bandas frecuenciales libres internacionales y desde el punto de vista de las potencias permitidas.

ANS INCITS 371. Información relativa a la localización en tiempo real. Posee 3 partes con los interfaces aire a 2.4GHz y a 433MHz, y además incluye normas acerca de la interfaz de programación de aplicaciones sobre los mismos.

ANS MH10.8.4. Estándar sobre contenedores plásticos reutilizables. Es compatible con la norma ISO 17364.

**AIAG (Automotive Industry Action Group):** Se trata de una asociación no lucrativa encargada de reducir costes y complejidad en el entorno de la automatización de cadenas de producción. He aquí uno de los estándares bastante conocido en el mundo de los fabricantes/productores que trabajan con RFID:

AIAG B-11. Estándar para ruedas utilizando RFID. La versión actual incluye un EPC de 96bits en el marco del protocolo EPCglobal.

**EAN (European Article Number) / UCC:** Es el encargado de estandarizar números de identificación, conjuntos de transacción EDI, esquemas en XML, y otras soluciones eficientes para aplicaciones en cadenas de producción. Es un organismo muy importante.

El Uniform Code Council (UCC) es una organización no comercial dedicada al desarrollo e implementación de soluciones basadas en estándares. El EPC pertenece a este último.

Su misión es crear estándares abiertos, globales y multisector. He aquí uno de los estándares aplicados a RFID:

**GETIQUETA (Global ETIQUETA):** El objetivo del estándar es facilitar a cadenas productivas a escala mundial el trabajo en las bandas 862-928 MHz (UHF). Da información técnica así como guías de aplicación. Actualmente algunos fabricantes ofrecen etiquetas compatibles con GETIQUETA.

**ETSI (European Telecommunications Standards Institute):** Es la organización europea no comercial que se dedica a estandarizar normas en el campo de las telecomunicaciones. Al igual que otros organismos internacionales, solo diremos que tiene una lista exhaustiva de sus propias normativas referentes al RFID (Rincondelvago, 2010).

### **2.3 Circuito integrado ISD5116**

#### **Calidad de sonido**

El resultado de la grabación del Circuito integrado ISD5116 se puede configurar a través de software para funcionar diferentes frecuencias de muestreo; 4,0, 5,3, 6,4 y 8,0 kHz, lo que permite al usuario una selección de calidad de voz. Si se aumenta la duración disminuye la frecuencia de muestreo y el ancho de banda, lo que afecta a la calidad del sonido. En la

siguiente tabla 2.3 se compara filtro pasa banda y la duración del producto (WinBond Corp, 2005).

### Duración

El dispositivo ISD5116 ofrece de 8 a 16 minutos de grabación de voz y reproducción, dependiendo de las frecuencias de muestreo.

**Tabla 2.3. Duración de acuerdo al filtro y frecuencia de muestreo**

Tasa de muestreo de entrada (kHz)	Duración	Rodilla filtro típico (KHz)
8.0	8 min 44 seg	3.4
6.4	10 min 55 seg	2.7
5.3	13 min 6 seg	2.3
4.0	17 min 28 seg	1.7

(WinBond Corp, 2005)

### Flash de almacenamiento

Uno de los beneficios de la tecnología del Circuito integrado grabador de ISD es el uso de la memoria no volátil en circuito integrado, la cual proporciona almacenamiento de mensajes sin gasto de energía. El mensaje se mantiene durante un máximo de 100 años y sin necesidad de gastar energía. Además, el dispositivo se puede volver a grabar más de 10.000 veces para los mensajes digitales y más de 100.000 veces para los mensajes analógicos.

### Microcontrolador interfaz

El ISD5116 se controla a través de un I<sup>2</sup>C interfaz de 2 hilos. Este puerto serie síncrono permite comandos, configuraciones, datos de direcciones y datos digitales que se cargan en el dispositivo, mientras estado

este activado, datos digitales e información de dirección actual para ser extraído del dispositivo. Además de la interfaz en serie, otros dos pines pueden ser conectados al microcontrolador para una interfaz mejorada. Estos son el pin de sincronización RAC y el pin INT para interrupciones en el controlador. Las comunicaciones con todos los registros son a través del bus serial, así como la memoria digital para lectura y escritura (WinBond Corp, 2005).

### Programación

La serie ISD5116 también es ideal para la reproducción de mensajes individuales o múltiples cuando se desee. La reproducción se controla mediante la interfaz I<sup>2</sup>C. Una vez guardado el mensaje con la configuración deseada, duplicados fácilmente se pueden generar a través de un programador externo.

### Descripción funcional

El ISD5116 es un circuito integrado almacenamiento de audio analógico y también tiene la capacidad de almacenar información digital en la matriz de memoria. La matriz se puede dividir entre almacenamiento analógico y digital como el usuario elija configurar el dispositivo.

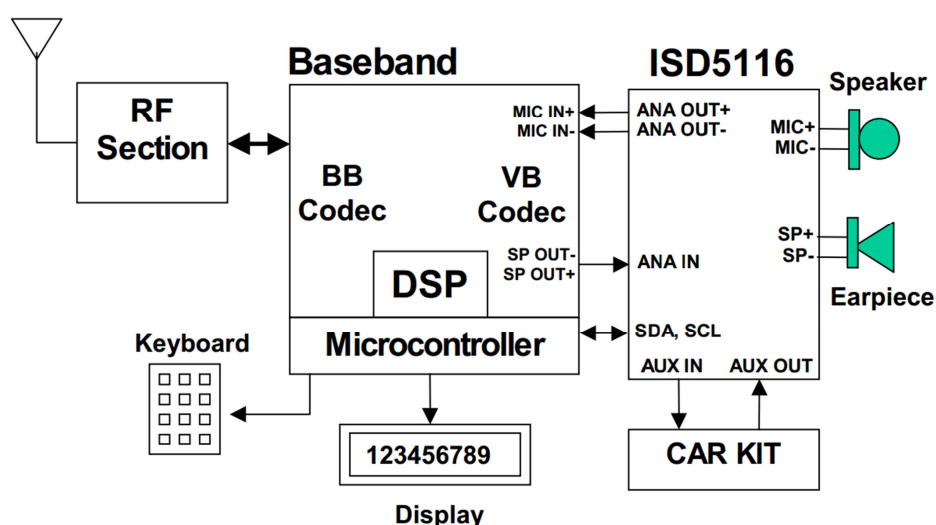


Figura. 2.5. Diagrama de bloques para el funcionamiento del Circuito Integrado ISD5116

A partir de las entradas de micrófono, la señal puede llegar directamente al circuito integrado a través de los pines ANA OUT pasando por una etapa de amplificación de 6 dB. O la señal puede ser transmitida a través del amplificador AGC y direccionada a los pines ANA OUT, direccionados a la matriz de almacenamiento (WinBond Corp, 2005).

### **Registros internos**

El ISD5116 tiene múltiples registros internos que se utilizan para almacenar la información de dirección y configuración del dispositivo. La configuración de dos registros de 16 bits controlan las rutas de audio, la frecuencia de muestreo, las diversas ganancias y atenuaciones, secciones de encendido y subida y bajada de volumen (WinBond Corp, 2005).

### **Organización de la memoria**

La matriz de memoria ISD5116 está dispuesta como 2048 filas (o páginas) cada una de 2048 bits para una memoria total de 4194304 bits. La dirección primaria para las 2048 páginas es manejada por 11 bits de dirección en el modo analógico. En la frecuencia de muestreo de 8 kHz, cada página contiene 256 milisegundos de audio. Así, a 8 kHz en realidad hay ambiente durante 8 minutos y 44 segundos de audio.

Una página de la memoria es de 2048 bits organizados como treinta y dos "bloques" de 64 bits que se utilizan para el almacenamiento digital. El contenido de una página analógico o digital se determina por la instrucción (código de operación) en el momento de la escritura de datos. Existe una tabla de direcciones (.MAT) en el microcontrolador en la que se puede direccionar las localidades de memoria para el almacenamiento de los mensajes. El MAT es una tabla mantenida en la memoria del microcontrolador que define el estado de cada "bloque" de mensaje. Puede ser almacenado en el ISD5116 si existe un corte de energía o el sistema

está apagado. El uso de este cuadro permite una gestión de mensajes eficiente.

Cuando una página se utiliza para el almacenamiento analógico, los mismos 32 bloques están presentes, pero hay 8 marcadores EOM (End-of-Message). Esto significa que para cada uno de los bloques, 4 no es un marcador MOE al final. Por lo tanto, la grabación analógica se detendrá en cualquiera de las ocho posiciones. En 8 kHz, esto resulta en una Resolución de 32 ms al terminar una grabación analógica. A partir de una grabación analógica se limita a la resolución 256 ms proporcionada por la dirección de 11 bits. La grabación no se detiene inmediatamente cuando se ejecuta el comando de parada, pero continúa hasta que el bloque 32 milisegundos se llenen.

Los datos digitales se envían y se reciben en serie mediante la interfaz I<sup>2</sup>C. Los datos se convierten de serie a paralelo y almacenados en uno de dos (conmutación) registros de desplazamiento de 64 bits. Cuando un registro de entrada está lleno, se convierte en el registro que se escribe en paralelo en la matriz. El registro anterior se convierte en el nuevo registro de entrada serial. Este es un mecanismo Built-in, asegurarse de que existe siempre un registro disponible para el almacenamiento de nuevos datos.

El almacenamiento de datos en la memoria se lleva a cabo mediante la aceptación de un byte de datos a la vez y la emisión de una señal de reconocimiento. Si los datos llegan más rápido de lo que se puede escribir, El circuito integrado reconoce al microcontrolador, pero mantiene SCL BAJA hasta que está listo para aceptar más datos.

El modo de lectura es el opuesto del modo de escritura. Los datos se leen uno de dos registros de 64 bits de la matriz y se envía serialmente a la interfaz I<sup>2</sup>C (WinBond Corp, 2005).





El bloque de electrónica de control activa periódicamente el amplificador de potencia, de modo que se genere durante un período de tiempo de 200 ms un voltaje senoidal de 400 Vpp. El convertidor acústico trabaja en este momento como si fuese un parlante y envía un pulso ultrasónico (Burst) con periodos desde 100ms a 1 ms en el rango de 40Khz a 400 kHz.

El convertidor acústico necesita un tiempo entre dos a tres veces el tiempo de emisión del sonido para que se estabilice otra vez. Después de que se haya estabilizado, la electrónica de control activa el modo de funcionamiento de recepción, es decir el convertidor acústico trabaja como si fuese un micrófono. Si el pulso ultrasónico incide en un objeto, se origina una reflexión del pulso, que excitará el convertidor acústico. Este último generará una oscilación senoidal que irá al amplificador.

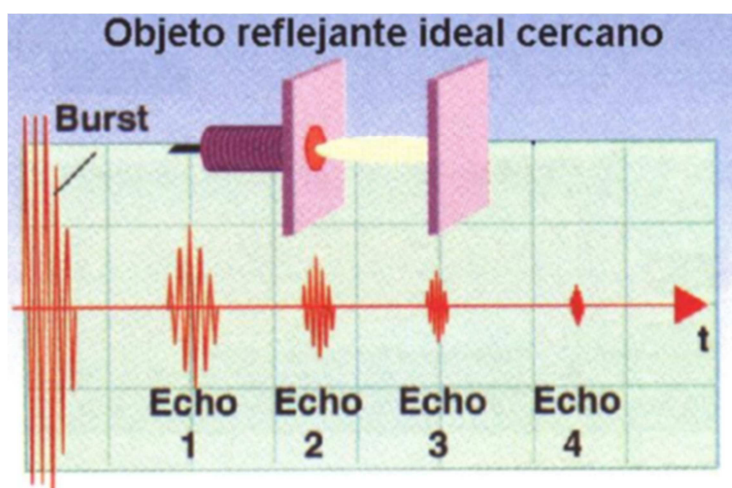
En algunos sensores ultrasónicos, el corazón de la electrónica de control es un microcontrolador con arquitectura RISC, como por ejemplo de la familia PIC de Microchip. El procesador activa el amplificador de potencia, donde se genera el pulso sónico. A la vez se activa un contador digital, el cual se detiene al recibir el rebote del pulso sónico y comprueba si este valor está dentro del valor de una distancia prefijada y se activa la salida digital.

La salida es análoga, se calcula con el tiempo de rebote, correspondiente a la distancia, el cual es enviado a un convertidor D/A para transformar en voltaje o corriente (Mes-sigma Corporation, 2011).

#### **2.4.2 Ventajas y desventajas de una sensibilidad elevada**

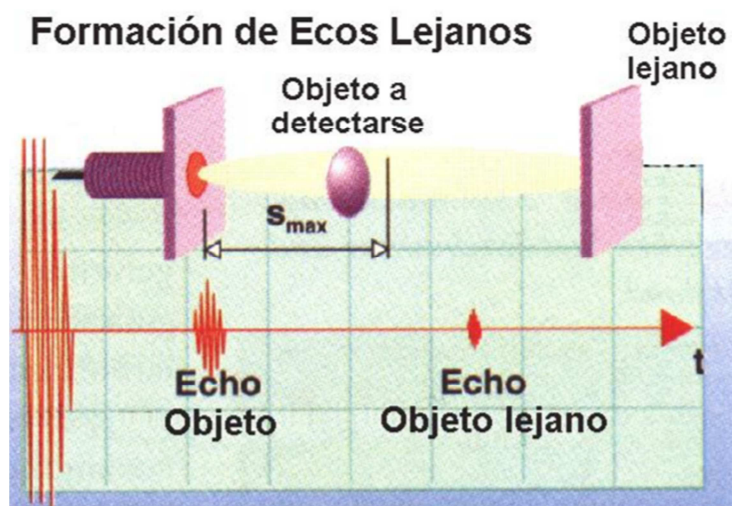
En algunos casos para la detección de objetos de cierto tamaño a una distancia predeterminada se trabaja con una ganancia constante en el preamplificador. Esta ganancia es elegida, de manera que se pueda captar dichos objetos.

En otros casos se regula el valor de la ganancia automáticamente, si se detecta un objeto, pero la señal que llega al preamplificador es muy pequeña, la ganancia aumenta automáticamente. Naturalmente que al tenerse ganancias muy elevadas, se amplificarán también las perturbaciones y el ruido del micrófono. Para que esto no cause problemas, se emplea un filtro pasabanda que solo deja pasar el rango de frecuencias emitido. La ventaja de esta técnica radica en que objetos pequeños o aquellos que reflejan poco, pueden ser detectados sin problemas. La desventaja es que cuando se tiene detrás del objeto una superficie altamente reflejante, se producirán ecos que podrían activar el sensor.



**Figura. 2.7. Señal sónica ante un objeto reflejante ideal cercano**

Para un objeto que se encuentra a una distancia de 0.5 metros, el tiempo que el sonido toma para viajar de ida y vuelta es de 3ms. Teóricamente se podría realizar 330 mediciones por segundo. Pero en realidad solo se realizan 60. Esto se debe a que el objeto a detectarse genera ecos entonces la señal es falseada. Si se envían pulsos inmediatamente uno detrás de otro, se podría generar errores de detección. Se debe esperar un tiempo hasta que los ecos desaparezcan, para que la señal no sea falseada.

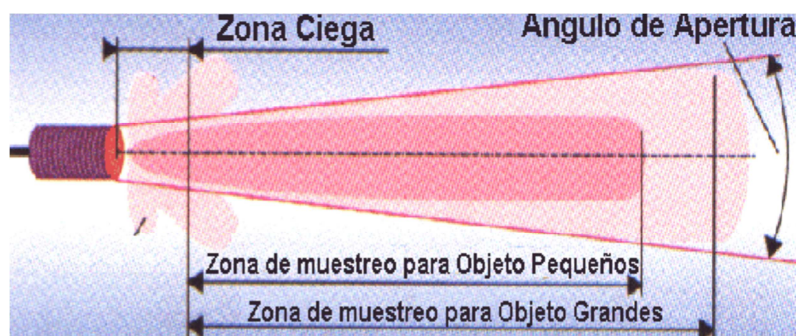


**Figura. 2.8. Señal sónica, formación de ecos, ante un objeto ideal reflejante lejano**

Si se tiene una ganancia elevada para detectar objetos pequeños, esta puede captar los ecos de objetos lejanos y la señal puede resultar falsa (Mes-sigma Corporation, 2011).

### 2.4.3 Angulo de apertura del haz

Los sensores ultrasónicos poseen una zona de muestreo de forma de tunel con un ángulo de apertura de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ . Los objetos deben tener un tamaño mínimo recomendado por el fabricante para ser detectados sin problemas.

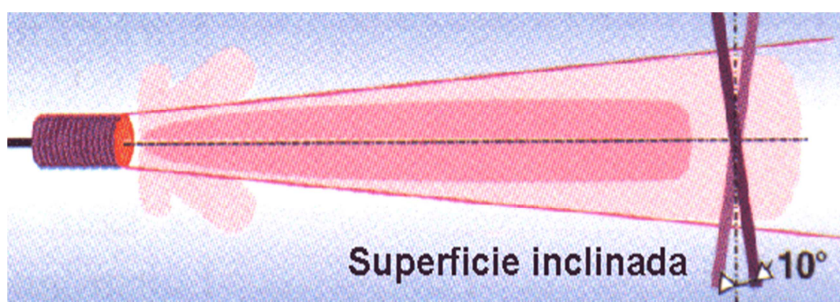


**Figura. 2.9. Ángulo de apertura del haz sónico**

## 2.4.4 Consideraciones importantes

### Superficies inclinadas

Si la superficie del objeto está inclinada según la perpendicular al rayo emitido, no se podrá reflejar la suficiente señal hacia el elemento receptor y por lo tanto el sensor generará señales erróneas de detección.



**Figura. 2.10. Señal sónica ante un objeto inclinado**

Bajo condiciones extremas o dificultad en el montaje (cuando el sensor no se puede montar directamente), el sonido se puede desviar empleando reflectores adecuados. Cada desvío origina pérdidas y por eso no es recomendable desviar más de dos veces la señal.

### Materiales No Reflejantes

Prácticamente se pueden detectar todos los materiales a la temperatura ambiente. Incluso se detecta objetos transparentes, donde el sensor fotoeléctrico presenta algunas dificultades en su detección. Para materiales más difíciles como la esponja, se pueden detectar aun cuando su tamaño no cubre todo el cono de detección; es decir, cuando los objetos son pequeños. Para otros materiales como el algodón, apenas se pueden

detectar y es recomendable hacer pruebas antes de emplear el sensor sónico con objetos de este tipo (Mes-sigma Corporation, 2011).

### **Fuertes Corrientes de Viento**

Como se sabe, el sonido es desviado por corrientes de viento, ya que el viento es el que transporta el sonido. Es por esto que se presentan problemas cuando se tienen vientos fuertes ( $> 20$  m/s), ya sean si se presenten en forma radial o axial al sensor. Cuando se quieren detectar objetos pequeños y el viento hace que el eco de las superficies que están detrás del objeto sea retornado hacia el receptor, se presentarán problemas de detección (Mes-sigma Corporation, 2011).

### **Ruido Externo**

Hoy en día los sensores ultrasónicos con distancia de detección hasta 2 m, trabajan con frecuencias mayores de 100 kHz. Gracias a esto, estos sensores son prácticamente inmunes a los ruidos externos. Si se tienen fuentes de ruido muy altos, que actúan directamente en el cono de detección, la sensibilidad del sensor se atenúa, de modo que podría originar problemas con la detección de objetos pequeños (Mes-sigma Corporation, 2011).

---

## CAPITULO 3

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BASTÓN

#### 3.1 Selección de componentes

##### 3.1.1 Estructura del bastón

El Bastón está constituido por un acople de dos tubos (segmentos) de aluminio para ajustar a diferentes tamaños de acuerdo a la estatura de la persona.



**Figura. 3.1. Bastón Electrónico guiado para personas no videntes.**

### 3.1.2 Sensores

#### 3.1.2.1 RFID

##### ID12 RFID

Esta es la tarjeta de Identificación de Radio Frecuencia, tiene una antena interna que nos permite leer los códigos de cada etiqueta. Las principales características de la tarjeta lectora se presentan en la tabla 3.1. (ID Innovations Corp, 2011)



Figura. 3.2. ID-12 Tarjeta lectora RFID

Tabla 3.1. Características de la tarjeta lectora

PARAMETROS	ID12
El rango de lectura	12 + cm
Dimensiones	26 mm x 25 mm x 7 mm
Frecuencia	125 kHz
Formato de tarjeta	EM 4001 o compatible
Codificación	Manchester de 64 bits, módulo 64
Requisitos de alimentación	5 VDC; 30 mA nominal
Rango de Voltaje de alimentación	4.6 V a 5.4 V

(ID Innovations Corp, 2011)

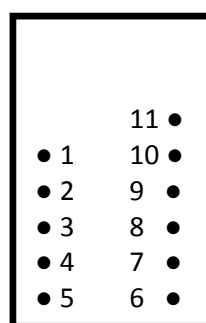


## Descripción de pines

**Tabla 3.2. Descripción de pines de la tarjeta lectora (ID Innovations Corp, 2011)**

No. Pin	Descripción
<b>Pin 1</b>	GND
<b>Pin 2</b>	RES (Reset)
<b>Pin 3</b>	ANT (Antena)
<b>Pin 4</b>	ANT (Antena)
<b>Pin 5</b>	Tarjeta de Presentación
<b>Pin 6</b>	Futuro
<b>Pin 7</b>	Selector +/-
<b>Pin 8</b>	Pin 1 de Datos
<b>Pin 9</b>	Pin 0 de Datos
<b>Pin 10</b>	LED localizador
<b>Pin 11</b>	+5V

(ID Innovations Corp, 2011)



**Figura. 3.3 Encapsulado con pines**

## Diagrama de Circuitos

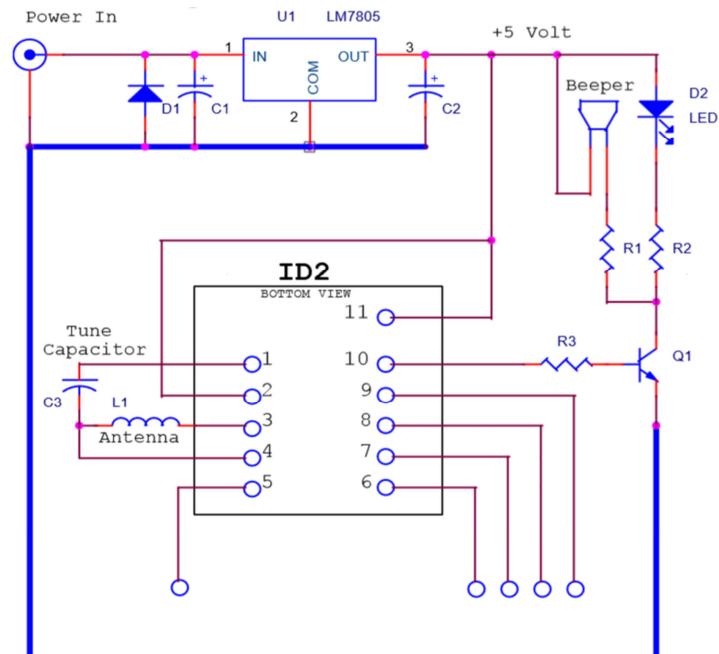


Figura. 3.4. Diagrama del circuito de la tarjeta lectora (ID Innovations Corp, 2011)

## Etiquetas RFID

El etiqueta utilizado es un es tipo pasivo sin memoria, es decir viene con un código único de fábrica y en un encapsulado tipo llavero.

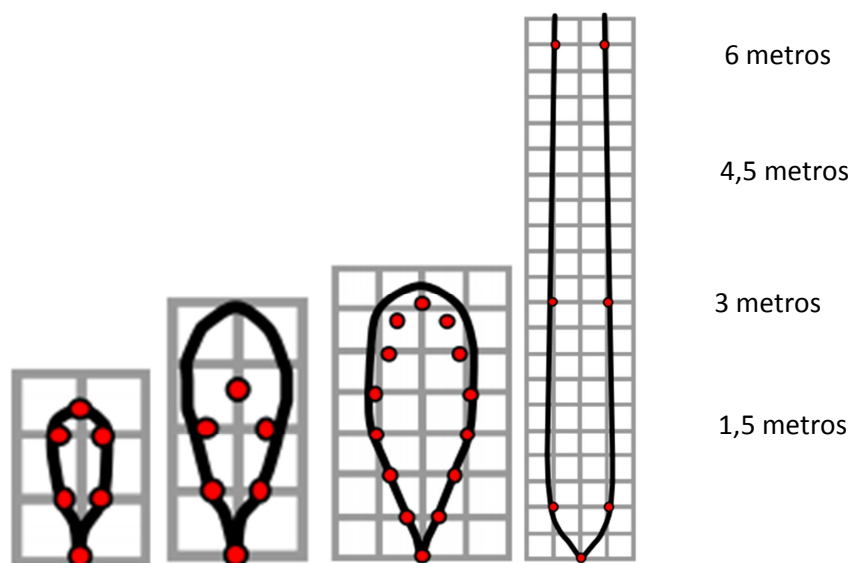


Figura. 3.5. Etiqueta RFID

### 3.1.2.2 Sensor ultrasónico EZ4



**Figura. 3.6. Sensor Ultrasónico**



**Figura. 3.7. Haz de emisión del pulso sónico**

- Ganancia continuamente variable para el control del ángulo de apertura del haz de las ondas sonoras y supresión del lóbulo para mayor alcance.
- Fuente de alimentación de 2,5 V a 5,5 V con un consumo típico de corriente de 2 mA.
- Se pueden realizar lecturas cada 50ms
- Proporciona lectura de distancia si se desea

- Todas las interfaces están activas simultáneamente
- El sensor funciona a 42KHz
- onda cuadrada de alto rendimiento unidad de sensor (doble Vcc)
- Bajo consumo de energía en el sonar
- Zona muerta Sensor tiende a ser nula
- características del haz de calidad
- Bajo consumo de Potencia del sonar, recomendable para sistemas basados en baterías
- Ciclo de medición rápida
- El Bastón requieren un haz estrecho y de menor sensibilidad en el sonar, EZ4 tiene ángulos de haz progresivamente más estrechos que permiten que el sensor cumplir con la aplicación requerida. (Maxbotix Inc., 2012)

### 3.1.3 Microcontrolador

#### PIC 16F876

**Tabla 3.3. Características del microcontrolador 16F876**

Modelo	Memoria Flash	Memoria SRAM (bytes)	Memoria EEPROM (bytes)	Líneas de E/S	Canales A/D	PWM	USART	Comp.
<b>PIC16F876A</b>	8192	368	256	22	5	2	Sí	Sí (2)

(Maxbotix Inc., 2012)

Características principales:

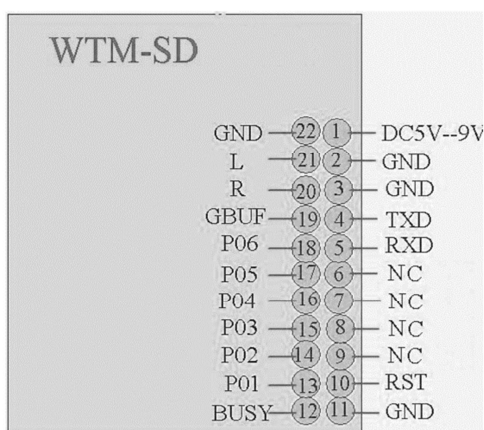
- CPU de arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- Set de 35 instrucciones.
- Frecuencia de reloj de hasta 20MHz (ciclo de instrucción de 200ns).
- Todas las instrucciones se ejecutan en un único ciclo de instrucción, excepto las de salto.
- Hasta 8 Kb x 14 bits palabras de Memoria de Programa FLASH.
- Hasta 368 bytes x 8 bytes de Memoria de Datos tipo RAM.
- Hasta 256 bytes x 8 bytes de Memoria de Datos tipo EEPROM.

- Modo de bajo consumo (Sleep).
- Tipo de oscilador seleccionable (RC, HS, XT, LP y externo).
- Rango de voltaje de operación desde 2,0V a 5,5V.
- Conversor Analógico/Digital de 10 bits multicanal.
- 3 Temporizadores.
- Watchdog Timer o Perro Guardián.
- 2 módulos de captura/comparación/PWM.
- Comunicaciones por interfaz USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter).
- Puerto Paralelo Esclavo de 8 bits (PSP).
- Puerto Serie Síncrono (SSP) con SPI e I<sup>2</sup>C (Programadores, 2011).

### 3.1.4 Circuito integrado de audio

Características principales:

- Soporte de formato WAV y MP3.
- Soporte para tarjetas SD.
- Grabar las voces fácilmente en la tarjeta SD desde la PC.
- Dimensión: 41mm X 39mm.



**Figura. 3.8. Diagrama de pines del circuito Integrado**

**Tabla 3.4. Descripción de pines**

<b>Pin</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
1	DC 5V--9V	DC 5V--9V
2	GND	GND para alimentación
3	GND	GND para audio
4	TXD	Transferencia datos seriales
5	RXD	Recepción datos seriales
6	NC	NC
7	NC	NC
8	NC	NC
9	NC	NC
10	RST	NC
11	GND	GND para alimentación
12	BUSY	Señal de ocupado
13	P01	I/O
14	P02	I/O
15	P03	I/O
16	P04	I/O
17	P05	I/O
18	P06	I/O
19	GBUF	TIERRA ANÁLOGO
20	R	Salida de Audio Derecha
21	L	Salida de Audio Izquierda
22	GND	TIERRA DIGITAL

(Maxbotix Inc., 2012)

### 3.2 Diseño de la estructura del bastón

El diseño del bastón parte del acople de dos segmentos (tubos de aluminio) ajustables. El tubo superior tiene un diámetro de 19 mm, mientras que el inferior 12,7 mm. Las partes que componen el Bastón son:

En el segmento superior

- Empuñadura

En la empuñadura del bastón, donde sujeta la persona, tenemos un pequeño switch que nos permite controlar el prendido y apagado del bastón.

En el segmento inferior

- Sistema electrónico,

El sistema electrónico está compuesto por el Microcontrolador, el cual reconoce las entradas de la tarjeta lectora RFID, Sensor ultrasónico y la salida a la etapa de audio.

- Regatón

El regatón es la parte inferior del bastón, que está hecha de plástico resistente deslizante para que la persona no vidente pueda rodar el bastón por las diferentes superficies, utilizando la técnica del tanteo.

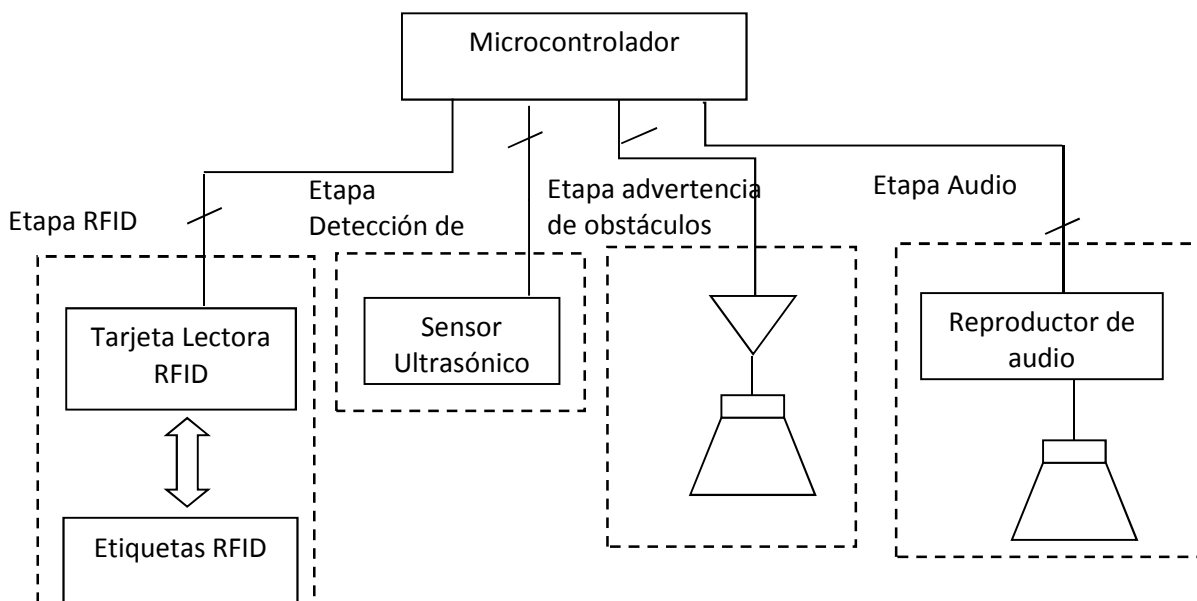
### **3.2.1 Normas y requerimientos**

Para la implementación del bastón se hace necesario seguir ciertas normas de fabricantes de bastones blancos para personas no videntes.

- El bastón debe ir cubierto con una cinta reflectiva blanca o con pintura reflectiva blanca.
- Largo del bastón debe ser de la altura del esternón hasta el piso, por lo cual el bastón debe ser ajustable para diferentes estaturas.
- El bastón debe ser lo más ligero posible.
- El bastón debe soportar como mínimo un peso de 100 kg.

### 3.3 Diagrama general de bloques del sistema

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de bloques del Bastón electrónico guiado para personas no videntes:



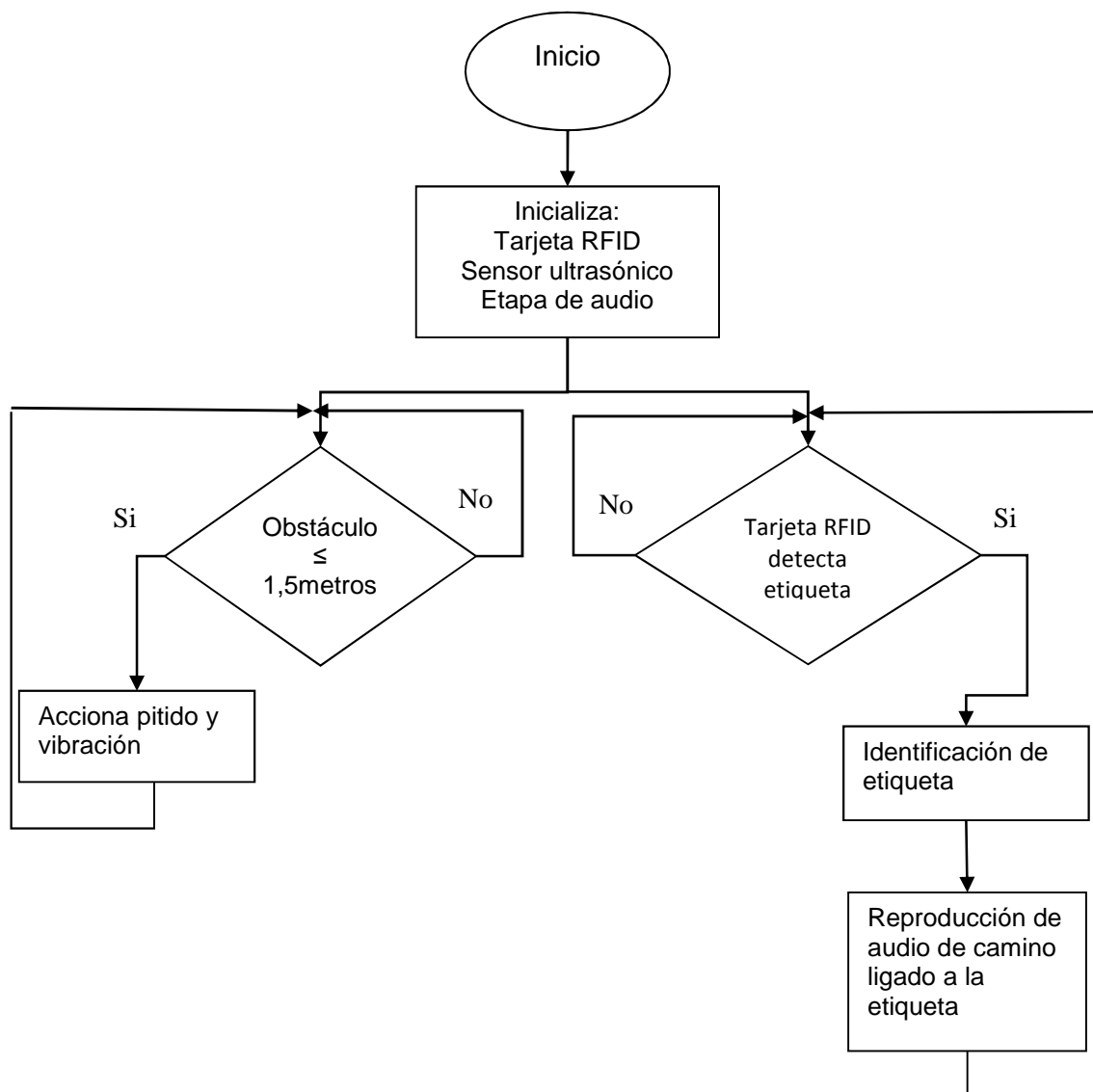
**Figura. 3.9. Diagramas de bloques del sistema**

El sistema está compuesto por cuatro bloques principales:

- Etapa de detección de caminos, a través de RFID.
- Etapa de detección de obstáculos, a través de ultrasonido.
- Etapa de advertencia de obstáculos, a través de un pitido y una vibración.
- Etapa de audio, para indicar al usuario los caminos detectados.



### 3.3.1 Funcionamiento general



**Figura. 3.10. Diagrama de flujo del funcionamiento general del Bastón**

Como indica el diagrama de flujo del funcionamiento general del Bastón, una vez inicializados todas las etapas del bastón, se pone en

funcionamiento la identificación de obstáculos y de caminos simultáneamente.

El sensor ultrasónico está continuamente censando la distancia a los obstáculos existentes, Si la distancia es menor a 1,5 metros se activa la etapa de advertencia de obstáculos, se enciende un pitido y una vibración en el bastón.

La tarjeta RFID cada cierto tiempo envía una señal de Radio Frecuencia buscando etiquetas RFID. Cuando encuentra una etiqueta, lee su código y realiza una comparación interna para identificar el camino ligado al código, una vez identificado el camino activa la etapa de audio que reproduce el audio respectivo al camino.

### **3.4 Configuración de sensores**

#### **3.4.1 RFID**

La tarjeta lectora RFID ID12 se comunica con el microcontrolador de manera serial, para lo cual se ha utilizado el módulo USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), un Transmisor Receptor Asíncrono Sincrónico Universal.

El módulo USART es un módulo serie de Entrada y Salida, también llamado Interfaz de Comunicación Serie SCI. El módulo USART de los microcontroladores PIC puede configurarse como:

- Asíncrono (full-dúplex)

El módulo USART con una configuración asíncrona, full-dúplex, puede comunicar al microcontrolador con dispositivos periféricos y computadoras personales.

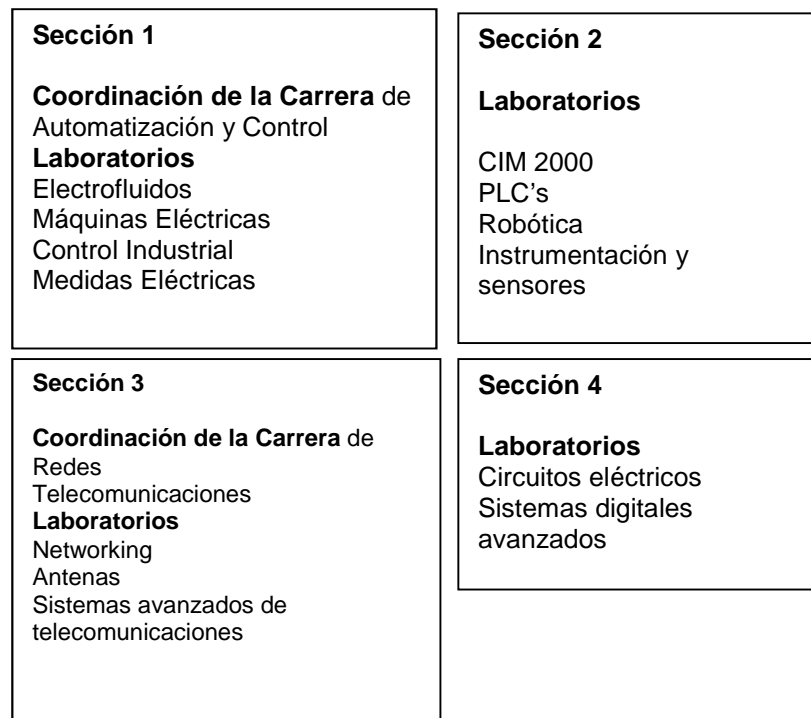
- Sincrónico-Maestro (half-dúplex)
- Sincrónico-Esclavo (half-dúplex)

El módulo USART puede configurarse también como un sistema sincrónico half-dúplex que puede comunicarse con otros dispositivos tales como conversores A/D y D/A, EEPROMs serie y en nuestro caso también nos permite comunicarnos con la tarjeta lectora RFID ID12. Se configura la velocidad de transmisión de la comunicación serial sincrónico con la tarjeta lectora a 9600 bps (Programadores, 2011).

Antes de empezar el desarrollo del programa principal es necesario leer el código de las etiquetas RFID para poder asignarlas a los diferentes caminos. El resultado de la lectura:

- Tarjeta 1= 27008A27CD4
- Tarjeta 2= 27008886A08
- Tarjeta 3= 27008AC38AE
- Tarjeta 4= 01003AB828A

El área determinada para la implementación del Bastón son los laboratorios de electrónica, los cuales se dividen en cuatro secciones principales.



**Figura. 3.11. Secciones principales de los laboratorios de electrónica**

- Tarjeta 1 = Sección 1
- Tarjeta 2 = Sección 2
- Tarjeta 3 = Sección 3
- Tarjeta 4 = Sección 4

### 3.4.2 Sensor de distancia ultrasónico

El Sensor ultrasónico se calibrará automáticamente en su primer ciclo de lectura. Es decir cuando se alimenta el sensor, comienza un ciclo de calibración. Se recomienda que al momento de encender el sensor no haya objetos cercanos reflejantes para que su calibración sea correcta. Se obtiene una mejor sensibilidad cuando, durante el ciclo de calibración no hay objetos reflejantes en un alcance de catorce centímetros.

El sensor almacena la información de la calibración y utiliza determinar la distancia de un objeto cercano. Si un objeto está demasiado

cerca durante el ciclo de calibración, el sensor puede entonces ignorar los objetos a esa distancia.

El sensor no utiliza los datos de calibración para compensar los cambios de temperatura. Pero en lugar de compensar los cambios de temperatura u otras características que puedan afectar a los resultados del sensor, como la humedad, el sensor tiene un patrón ringdown. Cuando las lecturas del sensor se ven afectadas por la temperatura, humedad o por las variaciones de tensión durante el funcionamiento, el sensor puede activar el patrón ringdown, el cual deja de censar y comienza un ciclo de recalibración.

El microcontrolador adquiere los datos del Sensor ultrasónico con el módulo interno del micro ADC (Convertidor Análogo digital). El sensor responde con rangos de voltajes proporcionales a la distancia del objeto censado. El módulo ADC nos permite convertir el valor análogo del voltaje a un valor digital. Interpretando este valor digital correspondiente a la distancia del objeto censado, se ha establecido 1,5 metros como el rango para la activación de la etapa de advertencia de obstáculos (Mes-sigma Corporation, 2011).

### **3.5 Integración de la etapa auditiva**

En la etapa auditiva, las pistas de audio que se reproducirán ante la identificación de cada camino, de los laboratorios de electrónica, deben ser pregrabadas en la PC y almacenadas en una tarjeta SD, para insertar en el módulo de reproducción de audio.

El módulo de audio tiene se comunica con el microcontrolador de manera serial, con el módulo USART de microcontrolador, a una velocidad de 9600 baudios. Para su operación se necesita los siguientes datos: código de inicio, longitud de datos, datos de la pista de audio, código final.

**Tabla 3.5. Datos para la comunicación serial del Microcontrolador con el módulo de audio**

C. Inicio	Long. de datos	Cod. de oper	N. Carp. (dec)	N. de la Carp. (unid)	N. arch. (cen)	N. arch. (dec)	N. arch. (unid)	C. final
7E	07	XX	XX	XX	XX	XX	XX	7E

(Maxbotix Inc., 2012)

El código de inicio y final siempre deberá ser 7E. La longitud de datos se contará todos los datos exceptuando el código de inicio y el código final, para nuestro caso las pistas de audio no están en carpetas por lo cual nuestra longitud de código será 05.

### Código de Operación

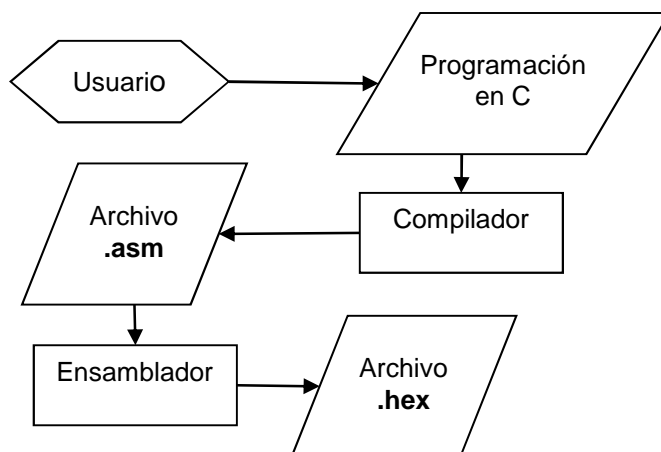
**Tabla 3.6. Descripción de operación con sus códigos**

Descripción	Código de Operación
Reproducir	A0H
Pausar	A1H
Reproducir después de un pause	A2H
Parar	A3H
Ajuste de Volumen (8 niveles)	A4H

(Maxbotix Inc., 2012)

### 3.6 Programación del microcontrolador

El microcontrolador PIC 16F876 se programó en un lenguaje de alto nivel como, lenguaje C, se utilizó el compilador proporcionado por Visual C, tal como indica la siguiente figura.



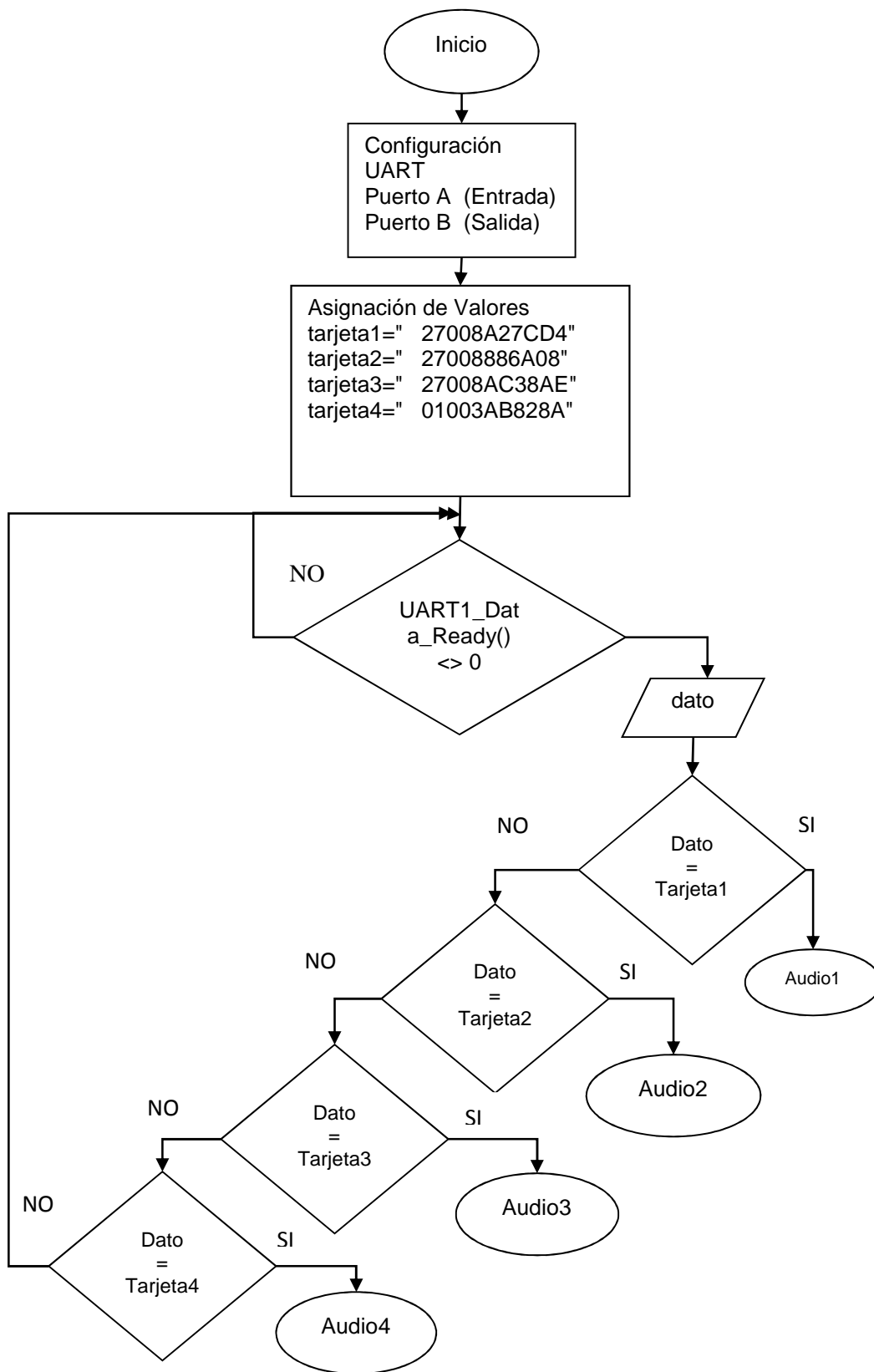
**Figura. 3.12. Diagrama de Flujo de la programación del Microcontrolador**

### 3.6.1 Diseño de software

En el programa principal del microcontrolador, se configura el módulo UART para la comunicación serial, entre microcontrolador y los dispositivos (tarjeta lectora y módulo de audio). Se configura puerto A como entrada para señal analógica del sensor ultrasónico EZ4, se utilizará el módulo interno del microcontrolador, Conversor analógico digital, para poder trabajar con una señal digital. Y por último se configura el puerto B como salida para controlar la etapa de advertencia de obstáculos.

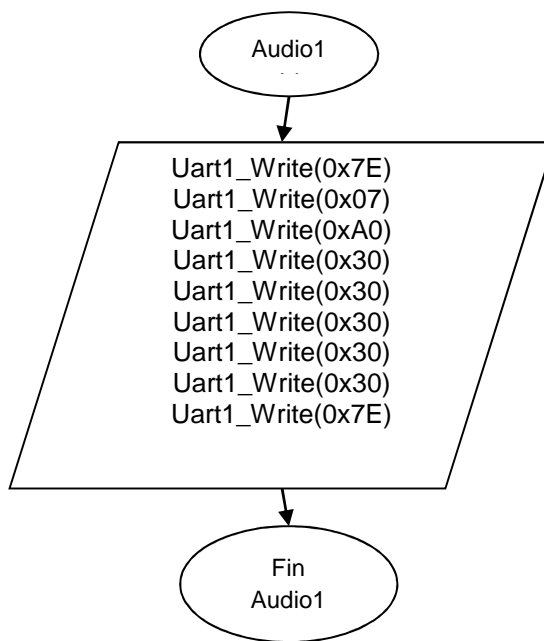
Se asigna los códigos de las etiquetas RFID a variables internas creadas. Luego se realiza la comparación de los datos leídos por la tarjeta lectora con los datos almacenados. Si la Comparación es positiva con algún código entonces se envía a una subrutina de Audio, donde se transmite al módulo de audio, escogiendo la pista.

El sensor ultrasónico utiliza una interrupción para su cesamiento. Dentro de la subrutina de la interrupción, se establece una distancia de 150 cm para la activación de la etapa de advertencia de obstáculos. A continuación los diagramas de flujo de la programación del grupo.

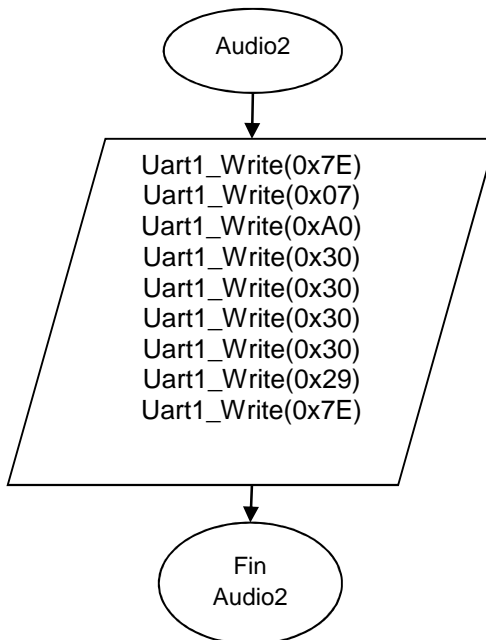


**Figura. 3.13. Diagrama de flujo del programa principal**

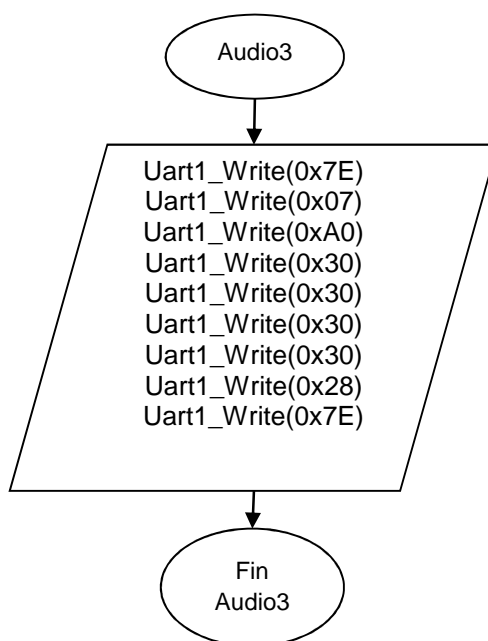




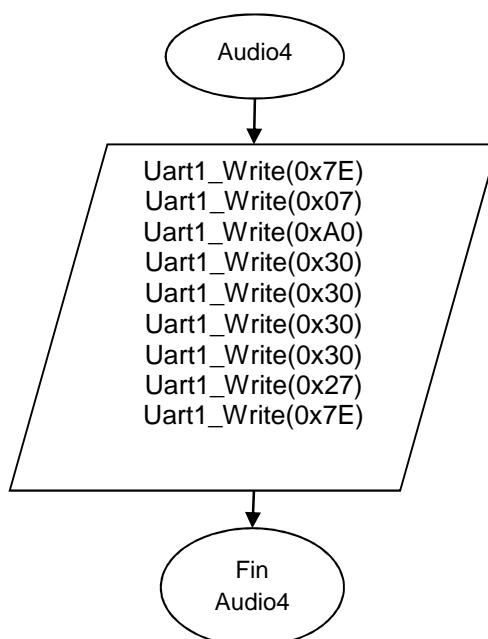
**Figura. 3.14. Diagrama de flujo de la subrutina Audio1**



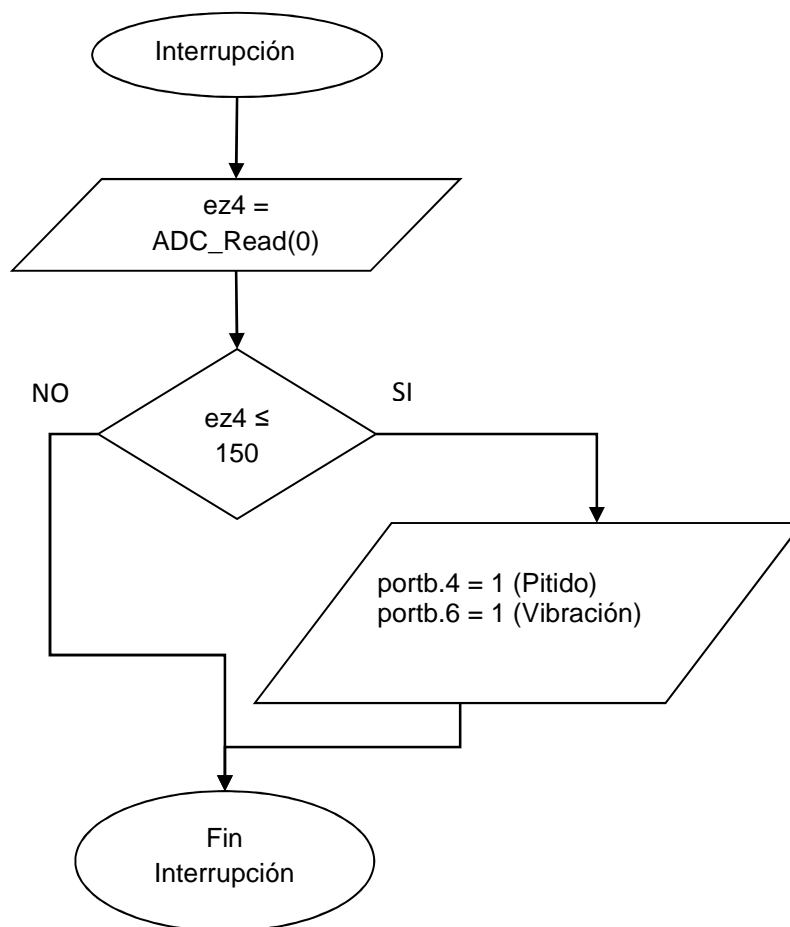
**Figura. 3.15. Diagrama de flujo de la subrutina Audio2**



**Figura. 3.16. Diagrama de flujo de la subrutina Audio3**



**Figura. 3.17. Diagrama de flujo de la subrutina Audio4**



**Figura. 3.18. Diagrama de flujo de la Interrupción para el Sensor ultrasónico**

## CAPITULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este capítulo se pretende pruebas al bastón con el objetivo de determinar su eficiencia y eficacia al momento de leer las Etiquetas RFID de los caminos o detectar obstáculos.

#### 4.1 Pruebas Técnicas

Con las pruebas técnicas se pretende obtener resultados reales del bastón para poder brindar especificaciones y limitaciones técnicas del bastón que ayudarán a establecer de mejor manera el uso del mismo y su funcionamiento. Al Bastón se le hicieron tres tipos de pruebas:

1ª. Prueba de eficacia, se realizaron lecturas repetitivas de los dos sensores incorporados en el bastón para conocer la capacidad de respuesta del bastón. Se dispuso de un tiempo de tres segundos para cada lectura.

**Tabla 4.1. Prueba de eficacia**

Prueba	repeticiones	Lecturas		Observaciones
		Correctas	Incorrectas	
Lectura de las Etiquetas RFID	200	190	10	Las incorrectas se generan porque la tarjeta lectora RFID no lee a la primera la Etiqueta RFID.
Pruebas de distancia con sensor Ultrasónico a 1,5 metros	200	187	13	Las lecturas incorrectas se produjo porque en el tiempo determinado para cada lectura no hubo cesamiento

Desarrollado por el Autor

2ª. Prueba de energía, se realizaron un número de lecturas para determinar el tiempo de funcionamiento que se puede obtener usando una batería de lipo recargable.

**Tabla 4.2. Prueba de energía**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Tiempo continuo de lecturas de etiquetas</b>	4 horas
<b>Tiempo continuo del sensor ultrasónico</b>	4 horas
<b>Número de lecturas de etiquetas</b>	800 lecturas
<b>Batería de lipo</b>	11.1 V – 1000mAh
<b>Capacidad de grabación</b>	512 Mb

Desarrollado por el Autor

3ª. Pruebas de alcance, se realizaron pruebas de lectura de las etiquetas RFID para conocer la distancia máxima a la que la tarjeta lectora puede leer las Etiquetas de los diferentes caminos. Para esta prueba se colocó las etiquetas a diferentes distancias, comenzando con distancias grandes hasta acercarnos al rango máximo de lectura. Se realizaron 40 lecturas, 10 por cada etiqueta. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Prueba de alcance**

<b>Rango de Distancia</b>	<b>Número de Lecturas</b>
<b>4 cm</b>	28
<b>3.5 cm</b>	35
<b>3 cm</b>	37
<b>2 cm</b>	40

Desarrollado por el Autor

## **4.2 Análisis Técnico de funcionamiento del Bastón**

Ante las pruebas realizadas podemos hacer un análisis técnico del funcionamiento del bastón.

- Las pruebas de lectura de las etiquetas RFID, nos arrojan un 95% de eficiencia en la primera lectura, el 15% de las lecturas no leídas, se leyeron al segundo o tercer intento.
- El tiempo de funcionamiento del bastón, con una batería lipo de 11.1 V y 1000mAh, es de cuatro horas continuas con los dos sensores en constante uso.
- El alcance de la lectura de las Etiquetas RFID, menor o igual a 2 cm, la eficiencia de la lectura es al 100%, lo cual sería lo óptimo. A 4 cm, la eficiencia es 70%.

### 4.3 Resultados

Se pretende dar una interpretación a los datos de las pruebas realizadas.

- Prueba de eficacia

**Tabla 4.4. Eficiencia en la Prueba de eficacia**

Prueba	Correctas %	Incorrectas %
<b>Lectura de las Etiquetas RFID</b>	95	5
<b>Pruebas de distancia con sensor Ultrasónico a 1,5 metros</b>	93,5	6,5

Desarrollado por el Autor

- Pruebas de alcance

**Tabla 4.5. Eficiencia en las Pruebas de alcance**

Rango de Distancia	Lecturas %
<b>4 cm</b>	70
<b>3.5 cm</b>	87,5
<b>3 cm</b>	92,5
<b>2 cm</b>	100

Desarrollado por el Autor

#### 4.4 Limitaciones

A continuación se muestra las principales limitaciones del Bastón electrónico guiado para personas no videntes.

- La eficiencia en la lectura de las etiquetas RFID es del 95%, una limitación del bastón es que para asegurar la eficiencia al 100% en las lecturas de las etiquetas, se debe hacer 3 lecturas repetitivas de la misma etiqueta.
- El sistema electrónico del Bastón se alimenta con una batería lipo de 11.1 V y 1000mAh, la cual nos brinda un funcionamiento continuo por cuatro horas, se debe cargar la batería a las 4 horas de uso.
- La eficiencia en la lectura de las etiquetas, es al 100% cuando la distancia máxima es de 2 cm.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo se concluye y se recomienda en base a las pruebas técnicas realizadas de la implementación del Bastón electrónico guiado para personas no videntes.

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se logró diseñar e implementar un Bastón electrónico guiado para personas con discapacidad visual, basado en las tecnologías RFID y ultrasonido para identificar caminos y advertir de obstáculos.
- Se efectuó pruebas técnicas y se analizó el funcionamiento del bastón, se concluye que bajo las limitaciones establecidas en las pruebas técnicas, el bastón puede presentar una eficiencia muy alta.
- El sensor ultrasónico tiene la característica de auto calibración, al existir cambios de temperatura o humedad, este puede tomar un ciclo de recalibración, en el cual dejará de censar por un determinado tiempo.
- Para realizar un correcto funcionamiento de lectura con la tarjeta RFID, es necesario acercarse al menos dos veces la tarjeta lectora a la etiqueta a una distancia igual o menor a dos centímetros.
- EL Módulo de audio tiene una etapa de amplificación de la señal, de manera que para nuestra implementación no se hace necesario una etapa de amplificación.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- El Bastón electrónico guiado para personas no videntes tiene en la empuñadura un Switch de prendido y apagado, se recomienda apagar el bastón cada vez que no se esté utilizando, para ahorro de energía.
- Se recomienda que al momento de encender el bastón, se lo mantenga sin uso, ni movimiento durante un tiempo aproximado de cinco segundos, para que se pueda inicializar todos los módulos del bastón y calibrar el sensor ultrasónico.
- El bastón debe ser lo más ligero posible y ser ajustable, para cumplir con las normas de fabricación del bastón blanco.
- El bastón debe ir cubierto por una cinta blanca reflectiva o pintura blanca reflectiva, de acuerdo a las normas de fabricación.

## BIBLIOGRAFÍA

- CONADIS. (5 de 07 de 2013). *Consejo Nacional de Discapacidades*. Obtenido de CONADIS WEB SITE: <http://www.conadis.gob.ec/>
- Diccionario. (12 de 05 de 2000). *Diccionario*. Obtenido de Dfiniciones Web site: <http://definicion.de/ultrasonido/>
- EPCGlobal. (01 de Septiembre de 2006). *EPCGlobal Gen2*. Obtenido de EPCGlobal Web site: <http://epcglobal.com>
- ESPE. (15 de Junio de 2013). *Biblioteca Virtual*. Obtenido de Biblioteca Virtual Web site: <http://biblioteca.espe.edu.ec>
- FENCE. (12 de junio de 2013). *Federacion Nacional de Ciegos del Ecuador*. Obtenido de FENCE Ewb site: <http://www.fence.org>
- Gideke, A. (2006). *Telectrónica, Fundamentos de RFID*. Palermo.
- ID Innovations Corp. (01 de Mayo de 2011). *Advanced Digital Reader Technology*. Obtenido de ID Innovations Web site: <http://www.id-innovations.com>
- Ingenieria Controladores. (2 de 5 de 2010). *Ingenieria*. Obtenido de Ingenieria Web site: <http://web.ing.puc.cl>
- Instituto Tecnologico de Madrid. (16 de Mayo de 2010). *UC3M*. Obtenido de UC3M Web site: <http://www.it.uc3m.es/jmb/RFID/rfid.pdf>
- Libera Networks. (12 de 5 de 2010). *Libera Networks*. Obtenido de Libera Networks Web site: <http://www.libera.net>
- Maxbotix Inc. (12 de Mayo de 2012). *Maxbotix*. Obtenido de Maxbotix Web site: <http://www.maxbotix.com>
- Mes-sigma Corporation. (03 de Julio de 2011). *Mes Sigma*. Obtenido de Mes Sigma Web site: <http://mes-sigma.net/>
- Microchip Technology Inc. (4 de 10 de 2003). *Microcontroladores*. Boston, United States.
- Programadores. (13 de junio de 2011). *Programarpicenc*. Obtenido de Programarpicenc web site: <http://www.programarpicenc.com/libro/cap10-usart-uart-microcontroladores-pic-max232.html>.
- Remoteidentity Corp. (1 de Agosto de 2010). *Remoteidentity Corp*. Obtenido de Remoteidentity Web site: <http://www.remoteidentity.com>

Rincondelvago. (20 de Marzo de 2010). *Rincondelvago*. Obtenido de Rincondelvago web site: <http://rincondelvago.com>

WIKIPEDIA. (15 de 07 de 2013). *WIKIPEDIA Corporation*. Obtenido de WIKIPEDIA Web site: <http://s.wikipedia.org/wiki/Braille>

WIKIPEDIA CORPORATION. (5 de Julio de 2010). *WIKIPEDIA*. Obtenido de WIKIPEDIA Web site : <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

WinBond Corp. (1 de Mayo de 2005). *WinBond*. Obtenido de WinBond Website: <http://www.winbond-usa.com>