



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO
ELECTRÓNICO DE AYUDA Y ENTRETENIMIENTO PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE
ONDAS VIBRATORIAS E INTERFACES AUDIBLES, PARA EL
PROYECTO HANDEYES DEL BANCO DE IDEAS DEL
SENESCYT**

AUTOR: REYES MORENO FABRICIO ANTONIO

DIRECTOR: ING. VICTOR PROAÑO

SANGOLQUÍ

2016



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICADO

Certifico que el trabajo de titulación "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE AYUDA Y ENTRETENIMIENTO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE ONDAS VIBRATORIAS E INTERFACES AUDIBLES, PARA EL PROYECTO HANDEYES DEL BANCO DE IDEAS DEL SENESCYT" ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software antiplagio el mismo cumple con los requisitos teóricos y científicos técnicos metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por lo tanto me permito acreditarlo y autorizarlo al señor **FABRICIO ANTONIO REYES MORENO** para que lo sustente públicamente.

Salgolquí, Junio de 2016

Ing. Victor Proaño

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **FABRICIO ANTONIO REYES MORENO**, con cédula de identidad 1103567408 declaro que este trabajo de titulación **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE AYUDA Y ENTRETENIMIENTO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE ONDAS VIBRATORIAS E INTERFACES AUDIBLES, PARA EL PROYECTO HANDEYES DEL BANCO DE IDEAS DEL SENESCYT"**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría en virtud de ello me declaro responsable del contenido veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Junio 2016

Fabricio Antonio Reyes Moreno

C.C. 1103567408



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo Fabricio Antonio Reyes Moreno autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE AYUDA Y ENTRETENIMIENTO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE ONDAS VIBRATORIAS E INTERFACES AUDIBLES, PARA EL PROYECTO HANDEYES DEL BANCO DE IDEAS DEL SENESCYT"**, cuyo contenido ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Junio 2016

Fabricio Antonio Reyes Moreno

C.C. 1103567408

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi padre Máximo Reyes y a mi madre Marlene Moreno, por apoyarme en todas mis ideas, proyectos y problemas que se presentaron durante este tiempo; por nunca mostrar debilidad ante mí a pesar que estar lejos de su hijo querido. Por enseñarme el valor del conocimiento, el trabajo, la amistad y guiarme con amor en todas mis decisiones.

A mi hermanita Maryla Reyes Moreno por estar siempre pendiente de mí; por tener la valentía de quedarse cerca a pesar de tener todo para volar por el mundo; por hacerme sentir como su mayor inspiración.

A mi tía y segunda madre, Irene, por ser esa persona que a pesar de la distancia estuvo siempre pendiente y dándome todo su apoyo.

A mi mejor amigo y hermano, Diego Aguinaca, por ser un motivador indispensable en el desarrollo de todas las actividades que me permitieron sobresalir en mi vida como estudiante.

Fabricio Reyes Moreno.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien nunca me dejó caer. Porque para mí la Universidad fue más que salir de casa a estudiar, fue una continua lucha por siempre marcar la diferencia.

Le agradezco a mi padre, Máximo Reyes, y a mi madre, Marlene Moreno por apoyarme en este proceso y siempre creer en mí, dándome todo el sustento económico y sentimental que necesité durante la realización de esta investigación.

Agradezco a mi hermanita, Maryla, por convertirse en un pilar fundamental durante importante tiempo de la realización de este trabajo, permitiéndome acelerar el desarrollo del mismo y la obtención de resultados.

Agradezco a mis al Sr. José Benavides, quien se mostró siempre dispuesto a ayudar y brindar su opinión respecto de esta investigación con la finalidad de mejorar los resultados de la misma.

Agradezco a mi Universidad que a través de mis profesores me prepararon para la vida profesional, exigiéndome al máximo en muchas ocasiones. A las autoridades, en especial a Sarita Durán por ser un ente vital al momento de reconocer el esfuerzo de aquellos estudiantes destacados.

De una manera muy especial al Ing. Víctor Proaño por creer en la capacidad de este proyecto, fortalecer las ideas para mejorar los resultados y formarme como profesional en mi vida de estudiante.

Fabricio Reyes Moreno.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	i
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e Importancia	2
1.3. Alcance Del Proyecto	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE UBICACIÓN PARA PERSONAS NO VIDENTES, EXISTENTES EN EL MUNDO	6

2.1.1. El Bastón Blanco	6
2.1.2. EGARA	7
2.1.3. ULTRACANE.....	8
2.1.4. SMARTCANE	9
2.2. Determinación de necesidades específicas de personas con discapacidad visual para su mejor movilización e inclusión social a través de sistemas de entretenimiento.....	10
2.2.1. MOVILIDAD DE PERSONAS NO VIDENTES	10
2.2.2. INCLUSIÓN SOCIAL A TRAVÉS DE SISTEMAS DE ENTRETENIMIENTO	11
2.3. Desarrollos de prototipos tecnológicos con tecnología de impresión 3D.....	12
2.4. Microcontroladores y programación con módulos de hardware.....	15
2.4.1. Definición de microcontrolador:.....	15
2.4.2. Módulos de hardware - La revolución de ARDUINO	17
CAPÍTULO III.....	19
3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA DISPOSITIVO Y DETERMINACIÓN DE MÓDULOS EN BASE A LAS NECESIDADES DETECTADAS	19
3.1. Dimensionamiento de los componentes electrónicos.....	19

3.1.1. Sensores de distancia para identificación de objetos y la distancia a la que se encuentran.	20
3.1.2. Motores vibratorios para advertir de obstáculos e identificar la distancia del objeto.	21
3.2. Determinación de los módulos de hardware a utilizar.....	22
3.2.1. Módulo para Radio FM	22
3.2.2. Módulo para reproductor MP3, audio libros y almacenar sonidos de juegos interactivos	22
3.2.3. Módulo de reconocimiento de color.....	23
3.2.4. Teclado para navegación en sistema.....	24
3.2.5. Salida de audio para juegos de sonido.....	24
CAPÍTULO IV	27
4. SOFTWARE DEL DISPOSITIVO	27
4.1. Sistema de HandEyes	27
CAPÍTULO V	35
5. IMPRESIÓN 3D DEL PROTOTIPO	35
5.1. Importancia de la impresión 3D en el proyecto HandEyes	35
5.1.1. Carcasa de Dispositivo	36
5.1.2. Acople de sensor de color.....	37

5.1.3. Pieza de Acople entre Sensor de Distancia y Bastón Blanco	38
5.1.4. Cono para Sensor Ultrasónico	38
CAPÍTULO VI	40
6. PRUEBAS DEL DISPOSITIVO.....	40
6.1. Pruebas de Funcionamiento del Sistema para Facilitar la Movilidad.....	40
6.2. Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Entretenimiento para Promover la Inclusión Social.	42
CAPÍTULO VII.....	43
7. ANÁLISIS ECONÓMICO	43
7.1. Análisis de Costos	43
7.2. Modelo de Negocio.....	45
CAPÍTULO VIII.....	46
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
8.1. Conclusiones.....	46
8.2. Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bastón Blanco.....	6
Figura 2. Bastón Blanco.....	7
Figura 3. Ultracane.....	8
Figura 4. Bastón Blanco.....	9
Figura 5. Ejemplo Impresión 3D FDM.....	13
Figura 6. Representación Gráfica de Capas de Proceso FDM.....	13
Figura 7. SoundWords, Impresión 3D	14
Figura 8. Palabra Viva, Impresión 3D	14
Figura 9. Handeyes, Impresión 3D	15
Figura 10. Microcontrolador y sus Partes	15
Figura 11. Impresora 3D Casera	18
Figura 12. Máquina CNC Casera.....	18
Figura 13. Diagrama de bloques, conexión de hardware.....	19
Figura 14. Sensor de Distancia	20
Figura 15. Micro Coreless Vibrating DC Motor.....	21
Figura 16. Módulo de Radio FM	22
Figura 17. Módulo MP3.....	22

Figura 18. Módulo Sensor de Color.....	23
Figura 19. Teclado Matricial.....	24
Figura 20. Parlante 0.5 W	24
Figura 21. ATMEGA 328	25
Figura 22. Menú Principal	28
Figura 23. Proceso Reconocimiento de Color	29
Figura 24. Reproductor MP3	30
Figura 25. Proceso Visión Vibratoria	31
Figura 26. Radio FM.....	32
Figura 27. Juego de Memoria	33
Figura 28. Vista en Software de Cobertura de Circuito Electrónico	36
Figura 29. Impresión 3D de Cobertura de Circuito de Dispositivo	36
Figura 30. Vista en Software de Acople para Sensor de Color.....	37
Figura 31. Impresión 3D de Acople para Sensor de Color	37
Figura 32. Vista en Software de Acople entre Sensor y Bastón Blanco.....	38
Figura 33. Impresión 3D de Acople entre Sensor y Bastón Blanco	38
Figura 34. Vista en Software de Cono para Sensor Ultrasónico.....	39
Figura 35. Impresión 3D de Cono para Sensor Ultrasónico	39

Figura 36. Usuario familiarizándose con dispositivo	40
Figura 37. Usuario navegando en opciones de sistema	41
Figura 38. Usuario probando dispositivo – Visión Vibratoria.....	41
Figura 39. Usuario probando dispositivo – Detectando Obstáculos.....	41
Figura 40. Usuario probando reconocimiento de color.....	42
Figura 41. Inclusión social – Usuarios jugando con HandEyes.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación precios Nacional - Extranjero	43
Tabla 2. Precio de Servicios Ecuador.....	44
Tabla 3. Modelo de Negocio.....	45

RESUMEN

El programa “Banco de Ideas” de la Senescyt es uno de los concursos online más importante de Latinoamérica que promueve el emprendimiento y la puesta en marcha de nuevas ideas viables para el Ecuador y el mundo, a través del financiamiento de capital semilla equivalente a \$50 000 para que la idea que resulte ganadora tenga la oportunidad de implementar su plan de negocio. El equipo HandEyes, conformado por estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE resultó ganador de la primera etapa de esta iniciativa al presentar la idea de *fabricar un dispositivo para personas con discapacidad visual, que les facilite su movilidad y sea una herramienta de inclusión social*. El equipo desarrolló un primer prototipo que fue presentado a varios usuarios potenciales, los que hicieron recomendaciones importantes que se traducen en cambios de software y hardware fundamentales, para la mejora del dispositivo y que se convierta en un producto comercial. Es ahí donde interviene el presente trabajo de investigación, el cual implica realizar el diseño y construcción de un dispositivo electrónico de ayuda y entretenimiento para personas con discapacidad visual a través de ondas vibratorias e interfaces audibles. El dispositivo presenta un menú audible para navegar a través de las opciones del sistema: detector de color, reproductor MP3, modo de visión vibratoria, radio FM, juego de memoria de sonidos. Se trabajó considerando las recomendaciones que recibió el Equipo HandEyes por parte de potenciales usuarios, lo cual asegura la aceptación del mismo en el mercado y la aprobación de los miembros del Equipo HandEyes para empezar la comercialización del dispositivo.

Palabras Clave:

- **EMPRENDIMIENTO**
- **VIBRATORIA**
- **AUDIBLE**
- **HANDEYES**

ABSTRACT

The "Bank of Ideas" program from Senescyt is one of the most important online contests in Latin America that promotes entrepreneurship and the implementation of new viable ideas for Ecuador and the world, through financing equivalent seed capital to \$ 50 000 so that the winning idea has the opportunity to implement its business plan. The HandEyes team, made up of students from the University of the Armed Forces ESPE is the winner of the first stage of this initiative by presenting the idea *of making a device for visually impaired, to facilitate their mobility and be a tool for social inclusion*. The team developed a first prototype that was presented to several potential users who made important recommendations that result in fundamental changes in software and hardware, needed to improve the device and to become a commercial product. This is where intervenes the present research, which involves making the design and construction of an electronic device for support and entertainment for visually impaired people through vibrational waves and audible interfaces. The device has an audible menu to navigate through the system options: color sensor, MP3 player, vibrating vision mode, FM radio, and memory sound game. It was considered the recommendations received by the HandEyes Team from potential users, ensuring product acceptance in the market and the approval of the members of Team HandEyes to begin the device marketing.

Index Terms:

- **ENTREPRENEURSHIP**
- **VIBRATING**
- **AUDIBLE**
- **HANDEYES**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Para cumplir el proceso de obtención del título de Ingeniero Electrónico en Automatización y Control, de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE, es requisito indispensable realizar un trabajo de investigación que tenga aprobación por parte del consejo académico de la Carrera Ingeniería Electrónica en Automatización y Control de esta institución.

A los 23 días del mes de octubre de 2015, el Consejo Académico de la Carrera Ingeniería Electrónica en Automatización y Control de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE aprueba el perfil de tesis titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE AYUDA Y ENTRETENIMIENTO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE ONDAS VIBRATORIAS E INTERFACES AUDIBLES, PARA EL PROYECTO HANDEYES DEL BANCO DE IDEAS DEL SENESCYT” que será realizado por el estudiante Fabricio Reyes Moreno en el plazo de 6 meses.

El proyecto aprobado tiene una connotación muy importante dentro del Ecuador porque pertenece al programa Banco de Ideas de la Senescyt que promueve el establecimiento de nuevas empresas nacionales, apoyando a ideas de alto impacto social y que sean autosustentables. El proyecto en mención es uno de los ganadores de la primera etapa de la iniciativa Banco de Ideas.

El proyecto se llama HANDEYES y es una idea para desarrollar un dispositivo que ayude a la movilidad de personas no videntes y que promueva su inclusión social a través de módulos de entretenimiento como juegos interactivos, reproductor mp3, audiolibros y radio FM.

El dispositivo se encuentra desarrollado como un primer prototipo y necesita cambios significativos para poder ser avalado por el equipo HANDEYES del Banco de Ideas y estar listo para su comercialización. Entre los cambios más importantes se encuentran: la implementación de juegos de memoria, de un teclado para navegar por el menú del sistema, de una radio FM, de reproductor MP3 y lo más importante es que el nuevo dispositivo será parte del tradicional bastón blanco para no videntes, tendrá un acople mecánico que les permitirá a los usuarios de este bastón, aumentar sus capacidades de movilidad con la implantación de HANDEYES al mango de su bastón.

1.2. Justificación e Importancia

Según la Organización Mundial de la Salud, en el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión. Aproximadamente un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en los países de bajos recursos. (OMS, 2014)

Según el CONADIS, en nuestro país las personas con discapacidad visual son 363000 aproximadamente y se encuentran repartidos en todos los estratos socio-económicos. Por dicha razón el dispositivo electrónico se diseñará para adaptarse fácilmente a la economía de nuestro país. (Cazar, 2001)

Las personas con discapacidad visual se muestran avergonzadas con el uso del bastón tradicional; también se sienten rechazadas por la sociedad por no tener un elemento que los pueda insertar socialmente desde edades tempranas.

Los campos de estudio de la generación de mapas mentales como herramientas de ubicación a través de ondas vibratorias no han sido muy explorados en nuestro país. Se ha encontrado pocos proyectos o artículos científicos enfocados a estas áreas. La investigación y aplicación que se pretende realizar apunta a mejorar la limitada investigación señalada.

Debido a la gran cantidad de población ecuatoriana con discapacidad visual, surge la necesidad de brindar una mayor independencia a estas personas a través de este proyecto. Además de brindarles un elemento que les permitirá interactuar mejor con la sociedad, mediante un sistema de entretenimiento.

El Banco de Ideas representa el concurso de Innovación más importante del país, porque se fomenta el desarrollo de nuevas tecnologías y la fusión de diversas áreas. Ejemplo de ello es la relación que existe entre el diseño de circuitos electrónicos y la impresión 3D que permiten flexibilidad al diseñador electrónico puesto que luego la forma final del dispositivo se puede ajustar fácilmente a un circuito a través de un modelo impreso en 3D. Debido a las bondades que brinda la impresión 3D al desarrollo de productos tecnológicos, el equipo HandEyes considera a la impresión 3D, un método de manufactura que se adapta a las necesidades del mismo.

HandEyes es un proyecto Innovador y hace eco del eslogan de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE: *Innovación para la Excelencia*.

En base a todo lo mencionado del Proyecto HANDEYES, se ha visto la necesidad de crear un producto innovador dirigido a personas con discapacidad visual, para mejorar su estilo de vida así como su independencia al momento de moverse en su vida cotidiana. Además con este producto se promueve el emprendimiento e innovación en el país, representando uno de los proyectos más importantes de la iniciativa del Banco de Ideas de la SENESCYT. El programa Banco de Ideas de La Senescyt financia todo el proyecto a través del centro de emprendimiento PRENDHO.

1.3. Alcance Del Proyecto

El alcance del proyecto será la creación de un prototipo para ayudar a personas con discapacidad visual a moverse y a integrarse mejor en la sociedad.

Este trabajo es de tipo investigación-acción.

El dispositivo será un complemento al tradicional bastón para no videntes y tendrá la capacidad de adaptarse a uno estándar. El dispositivo HandEyes contará con tres sensores ultrasónicos que alertarán, mediante motores vibratorios colocados en puntos específicos, de obstáculos que el bastón no puede detectar, al usuario del dispositivo. La vibración de los motores será proporcional a la distancia a la que se encuentra apuntando su sensor respectivo.

HandEyes contará con un chip mp3 que almacenará la voz del menú del dispositivo. El usuario conocerá las aplicaciones de HandEyes a través de un menú hablante. Se implementará un sensor de color que le brindará al usuario la capacidad de saber el color de su vestimenta y de diferentes objetos de su interés. Además se incluirá un teclado que le permitirá al usuario acceder a las opciones del menú e interactuar con Juegos Inclusivos como Memoria de Sonidos. Las aplicaciones también incluyen música Mp3. El dispositivo contará con una batería de tecnología LIPO recargable. Todo el dispositivo será comandado por un microcontrolador central.

El dispositivo luego de ser desarrollado, pasará por una etapa de validación para su comercialización y generación de nueva empresa, objetivo de la iniciativa Banco de Ideas de la Senescyt.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un dispositivo electrónico que mejore la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar un dispositivo electrónico que brinda, a personas con discapacidad visual, mayor autonomía al desplazarse.
- Desarrollar un dispositivo electrónico que brinda, a personas con discapacidad visual, un sistema de entretenimiento.

- Promover la inclusión social del usuario del dispositivo a través de los módulos de entretenimiento.
- Implementar en el dispositivo electrónico HANDEYES, funciones útiles para el usuario.
- Desarrollar un dispositivo que sea validado por el Equipo Handeyes del Banco de Ideas como un dispositivo para su comercialización.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE UBICACIÓN PARA PERSONAS NO VIDENTES, EXISTENTES EN EL MUNDO

En los últimos años ha crecido la tendencia mundial en desarrollar el *bastón* inteligente que ayude a las personas no videntes. En este capítulo se hace una descripción del tradicional bastón blanco para no videntes y de los dispositivos electrónicos más destacados en el mundo.

2.1.1. El Bastón Blanco

Es un artefacto utilizado por las personas con discapacidad visual. En la parte superior tiene una agarradera de goma, en la parte inferior tiene una puntilla metálica rodante; puede ser plegable o completamente rígido. En la Figura 1 se observa un usuario del bastón blanco; el tamaño del bastón puede llegar a la altura del pecho y la medida puede variar dependiendo la altura de la persona que lo usa. (Pulido, s.f.)



Figura 1. Bastón Blanco

Fuente: (Ehow, 2015)

El bastón blanco no es solo un aditamento para las personas invidentes, representa sus propios ojos ya que permiten realizar sus actividades con mucha más confianza. El bastón blanco es una herramienta que les permite a personas con discapacidad visual ser más autónomas. (ONCE, 2000)

Existen proyectos representativos a nivel del mundo que han logrado cierto reconocimiento a través de internet y que representan un bastón electrónico de ayuda para no videntes.

2.1.2. EGARA

Es un proyecto que nace en España, en el 2013, luego de que una persona no vidente preguntara en la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) acerca de un sistema que le brinde ayuda para detectar obstáculos que puedan golpear su pecho o cabeza. La respuesta fue que no existe. (Sanchez, 2015)

Solicitó el desarrollo de un prototipo y en el transcurso de los meses siguientes probó algunos dispositivos que le presentaron técnicos de la ONCE, luego de descartar varios modelos se presentó un dispositivo de bastón electrónico inteligente, que se observa en la Figura 2, con ciertas características que satisficieron las necesidades de la persona que solicitó su desarrollo. (Sanchez, 2015)



Figura 2. Bastón Blanco

Fuente: (Sanchez, 2015)

A mediados de 2015, este dispositivo no ha sido aprobado por la ONCE y continúa siendo desarrollado por la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Este artefacto se llama EGARA y consta de tres sensores que detectan obstáculos que el invidente tiene a su alrededor, envía una señal que activa una manilla vibratoria. (Sanchez, 2015)

2.1.3. ULTRACANE

Este dispositivo está basado en el tradicional bastón blanco para no videntes con la diferencia de poseer un sistema de alerta de peligros basado en sensores ultrasónicos de rango estrecho y motores vibratorios conectados al bastón. Tiene un diseño muy llamativo que se observa en la Figura 3. El sistema de este dispositivo protege a la persona no vidente de peligros situados a la altura de sus manos, pecho o cabeza. (Ultracane, s.f.)

Este dispositivo se encuentra en el mercado mundial a un precio de 635 euros a través de su página oficial. (Ultracane, s.f.)



Figura 3. Ultracane

Fuente: (Foresight, 2010)

2.1.4.SMARTCANE

Nació como un proyecto dentro del programa “Innovadores menores a 35” patrocinado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y tuvo alto impacto debido al alcance social del mismo. El objetivo de SmartCane es resolver necesidades reales y por eso trabaja con el centro de no videntes de Nueva Deli en la India. Se observa a un usuario utilizando este dispositivo en la Figura 4. Actualmente este dispositivo no ha superado las barreras de su país de origen, la India, pero ya es usado por más de 10000 personas con discapacidad visual en ese país. (Assistech, 2016)

Se considera una ayuda electrónica de viaje que se ajusta en el pliegue superior del bastón blanco. Sirve como una mejora al bastón blanco y supera sus limitaciones mediante la detección de obstáculos que se encuentran sobre la rodilla. Por una movilidad segura, es importante que tales obstáculos se detecten a tiempo. Este bastón ayuda a la percepción espacial, ya que puede detectar la presencia / ausencia de objetos en los alrededores. Además, en comparación con el bastón blanco, la distancia de detección se incrementa desde 0,5 metros a 3 metros. Se informa de la presencia de objetos antes de tocar realmente el objeto y por lo tanto ayuda en la prevención de contacto no deseado. Esto evita situaciones socialmente incómodas como la colisión con las personas al caminar o colisiones peligrosas con animales o en la basura. (Technology, 2012)



Figura 4. Bastón Blanco

Fuente: (Assistech, 2016)

SmartCane es un dispositivo ultrasónico que se utiliza para detectar objetos en su camino y genera una salida táctil en forma de diferentes patrones vibratorios. Estas vibraciones transmiten la información de la distancia y por lo tanto permiten al usuario evitar los obstáculos desde una distancia segura. Con sencilla orientación y capacitación, cualquier persona con discapacidad visual que es un usuario regular del bastón blanco de movilidad puede beneficiarse de este dispositivo. (Assistech, 2016)

2.2. Determinación de necesidades específicas de personas con discapacidad visual para su mejor movilización e inclusión social a través de sistemas de entretenimiento.

2.2.1. MOVILIDAD DE PERSONAS NO VIDENTES

Las personas con discapacidad visual desarrollan el sentido de la audición y mejoran su memoria del espacio para poder ubicarse e identificar objetos cercanos a ellos, por ejemplo, no necesitan ningún tipo de ayuda cuando se encuentran dentro de su casa u oficina porque saben exactamente dónde hay obstáculos y por dónde pueden circular libremente; conocen la ubicación de gradas, puertas, cuartos, baño, utensilios de cocina, etc. (Benavides, 2015)

La movilidad se convierte en un problema cuando tienen que circular por la calle o por lugares desconocidos, entonces, obstáculos como piedras, baches, gradas, alcantarillas, postes y todo tipo de objeto que se encuentre en el suelo representan un peligro para estas personas. El tradicional bastón para no videntes es la solución para la mayoría de estos obstáculos porque a través del tacto se puede identificarlos antes de que ocasionen un accidente. (Benavides, 2015)

Sin embargo, existen otro tipo de obstáculos que no pueden ser identificados por el tradicional bastón y representan grave peligro, ocasionando que las personas no videntes caminen con mayor cuidado y por lo tanto lentitud. Son los obstáculos que no están directamente sobre el suelo o son difíciles de detectar con el tacto del bastón tradicional como ramas de árboles, letreros, personas caminando y todo tipo de objeto

sobre las rodillas. De aquí, la necesidad de tener un dispositivo que advierta sobre este tipo de obstáculos.

El sentido de la audición es vital para las personas no videntes puesto que les permite saber la ubicación de objetos a su alrededor a través de ondas sonoras que sólo ellos perciben, por lo tanto no se puede desarrollar un dispositivo que advierta de obstáculos a través del audio porque interferiría con su capacidad de ubicación espacial. El primer prototipo del dispositivo a desarrollar en este trabajo de investigación, HANDEYES, tenía un módulo de ondas sonoras que advertían de un obstáculo y tuvo que ser descartado debido a los problemas que causaba a sus usuarios. (Puruncajas, 2015)

La idea inicial del proyecto HANDEYES era reemplazar el bastón pero en el trabajo de campo desarrollado se concluyó que no se puede reemplazar la seguridad del tacto a través del tradicional bastón para detectar obstáculos en el suelo.

La solución para mejorar la movilidad de las personas no videntes, es un dispositivo que combine la seguridad del tradicional bastón para detectar obstáculos en el suelo y la capacidad de detectar objetos que no pueden ser localizados por el mismo. Además el dispositivo puede interferir con el sentido del oído del usuario por lo que se considera un sistema vibratorio para advertir de obstáculos cercanos.

2.2.2. INCLUSIÓN SOCIAL A TRAVÉS DE SISTEMAS DE ENTRETENIMIENTO

Las personas con discapacidad visual, desde niños, sienten una barrera ante la sociedad debido a la falta de canales que los conecten con la misma. Existen varias formas en las que ellos pueden estar al tanto de lo que sucede, por ejemplo dispositivos de Radio Fm, reproductores de música y aplicaciones para navegar a través de internet. (Benavides, 2015)

Las nuevas herramientas para personas no videntes ya son consideradas como parte de los sistemas operativos de computadores y teléfonos móviles que, entre varias

cosas, ayudan a la lectura de todo lo que hay en la pantalla del dispositivo y permiten su utilización con cierta naturaleza que sorprende a propios y extraños. Sin embargo, no se puede hablar de inclusión social a pesar que la comunicación a través de chat y diferentes medios electrónicos está garantizada con esta tecnología. Es necesario un sistema que desde temprana edad permita interactuar a las personas con discapacidad visual con otras personas de forma tangible. (Benavides, 2015)

Un fenómeno a considerar es *la resistencia al cambio* propio de los seres humanos que nos lleva a presentar cierto rechazo con nuevas tecnologías, nuevas rutinas, nueva forma de vida. Por esta razón la solución a la problemática de inclusión social tiene que ser lo menos invasiva posible. (Moya, s.f.)

La solución a la falta de inclusión social de personas no videntes que resulta poco invasiva es un módulo, parte del dispositivo de ayuda a la movilidad, que contenga interfaces de comunicación con otras personas. Los juegos inclusivos como los de memoria con sonidos pueden ayudar a que niños con discapacidad se involucren con otros niños, sin dejar de lado las interfaces de audio como la radio fm y el reproductor de música. (Aguinsaca, 2014)

De esta manera el individuo seguirá usando su tradicional bastón pero con características extras que le permiten movilizarse mejor e interactuar con otras personas.

2.3. Desarrollos de prototipos tecnológicos con tecnología de impresión 3D.

La impresión 3D es considerada la nueva revolución industrial debido a la facilidad con la que se pueden materializar ideas, además del bajo costo que representa hacer un prototipo con esta tecnología. (Galilea, 2014)

FDM son las siglas en inglés (Modelado por Deposición Fundida) de esta tecnología que consiste en colocar capas muy finas de plástico, cuya representación gráfica se

observa en la Figura 6. Lo hace a través de un extrusor con movimiento como en la Figura 5, que va creando la forma del prototipo. (Stratasys, 2016)

Esta técnica necesita temperaturas entre 190 y 280 grados centígrados para derretir un filamento plástico que será extruido por una punta en movimiento que dará la forma final del modelo 3D. (3dnatives, 2016)

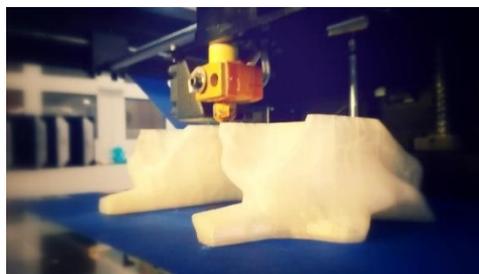


Figura 5. Ejemplo Impresión 3D FDM

Fuente: (SAIS3D, 2016)

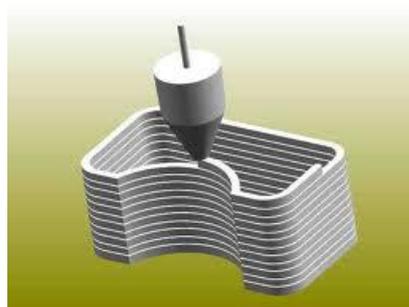


Figura 6. Representación Gráfica de Capas de Proceso FDM

Fuente: (Machine, 2015)

La flexibilidad de esta técnica de manufactura permite a los desarrolladores de circuitos electrónicos, acoplar de mejor manera sus sistemas con la forma del dispositivo final. (Silva, 2015)

Un circuito electrónico, por lo general, es parte de un prototipo o de un dispositivo que debe presentarse con estilo o dentro de una *carcasa*, lo que representaba un

problema y se tenía que acudir a carpinteros o metalmecánicos para darle forma al dispositivo. Ahora es posible diseñar libremente un circuito electrónico sin tantas restricciones porque se tiene la capacidad de cambiar libremente la forma del dispositivo a través de un diseño computarizado y materializarlo a muy bajo costo con la Impresión 3D. (Zonamaker, 2015)

Algunos ejemplos de estos dispositivos desarrollados en la Universidad de las Fuerzas Armadas son por ejemplo SOUNDWORDS, PALABRA VIVA y HANDEYES. Estos prototipos han alcanzado renombre nacional y han sido posible gracias a la tecnología de impresión 3D.

SOUNDWORDS es un teclado braille, que se puede observar en la Figura 7, que permite a niños con discapacidad visual el aprendizaje de letras y números a través de juegos sonoros. (Erazo, Ruiz, & Salinas, 2015)



Figura 7. SoundWords, Impresión 3D

PALABRA VIVA es un juguete, que se puede observar en la Figura 8, que enseña a todos los niños los sonidos de letras y vocales a través de una interesante interfaz gráfica y sonora. (Castrillón, 2014)



Figura 8. Palabra Viva, Impresión 3D

Componentes:

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:

- Memoria de Programa: Es donde se almacenan todas las instrucciones del programa de control, puede ser de varios tipos.
- Memoria ROM (Read-Only Memory): Se almacenan configuraciones de sistema.
- 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 que se puede programar y borrar eléctricamente más de una vez.
- Memoria Flash: Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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 Microcontrolador.
- Moduladores por Ancho de Pulso (PWM, Pulse-Width Modulation) para generar ondas cuadradas de frecuencia fija pero con ancho de pulso modificable.

2.4.2. Módulos de hardware - La revolución de ARDUINO

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. (Crespo, s.f.)

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, y Atmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. (Arduino, s.f.)

Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa un lenguaje de programación basado en C++, a través de una intuitiva interfaz desarrollada en Processing. Sus creadores han desarrollado una serie de librerías de código abierto que facilitan la implementación de algoritmos complejos e interfaces de comunicación que explotan al máximo la capacidad del microcontrolador. Por ejemplo, el desarrollador ya no tiene que preocuparse de configurar los fusibles ni los registros del microcontrolador, a menos que sea necesario como en el caso de configurar la frecuencia del PWM, por ejemplo. (Arduino, s.f.)

Desde octubre de 2012, Arduino lanza al mercado placas de desarrollo con microcontroladores de 32 bits que permiten la implementación de proyectos de mayor complejidad y genera una tendencia de innovación a nivel del mundo que va de la mano con el desarrollo de hardware compatible con las placas Arduino. (Wired, 2012)

Arduino promueve la idea de que el conocimiento es libre y sus usuarios suben a la red los avances alcanzados, tanto en software como en hardware, lo que ha fomentado la utilización y fabricación de módulos de hardware en todo el mundo. (Usemoslinux, s.f.)

El desarrollo de hardware y software libre ha fomentado la fabricación de módulos compatibles y fáciles de conectar a una placa Arduino permitiendo el control de sensores, actuadores e interfaces visuales. (Arduino, s.f.)

El alcance al que pueden llegar los desarrolladores de la actualidad es mucho más alto que poco tiempo atrás, 5 años o menos, debido a la utilización de hardware y software libre. Algunos ejemplos son dispositivos de trascendencia como las impresoras 3D o cortadores láser CNC de bajo costo que se encuentran en el mercado mundial, en la Figura 11 se observa una impresora 3D y en la Figura 12 se observa una CNC, ambos desarrollados por estudiantes como proyectos propios a base de Arduino.

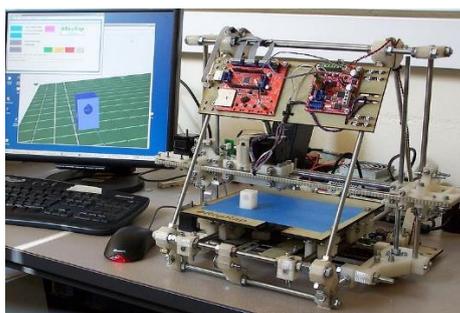


Figura 11. Impresora 3D Casera

Fuente: (Mendel, 2015)

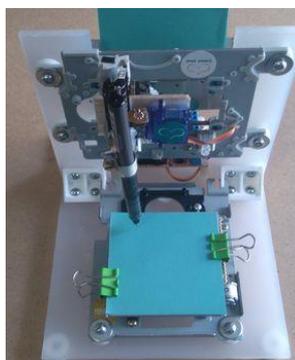


Figura 12. Máquina CNC Casera

Fuente: (Arduomotive, 2014)

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA DISPOSITIVO Y DETERMINACIÓN DE MÓDULOS EN BASE A LAS NECESIDADES DETECTADAS

3.1. Dimensionamiento de los componentes electrónicos

En la Figura 13 se puede observar la distribución de los componentes de hardware de HandEyes. El sistema se compone de un microcontrolador central que procesa todas las señales del dispositivo. Tiene conectado un teclado matricial para la navegación a través del menú, un sensor de color para la detección del mismo, sensores ultrasónicos para la detección de obstáculos, motores para la generación de vibración cuya intensidad será proporcional a la distancia detectada por los sensores ultrasónicos, un módulo de Radio FM y un parlante por el cual se escucha la voz del sistema.

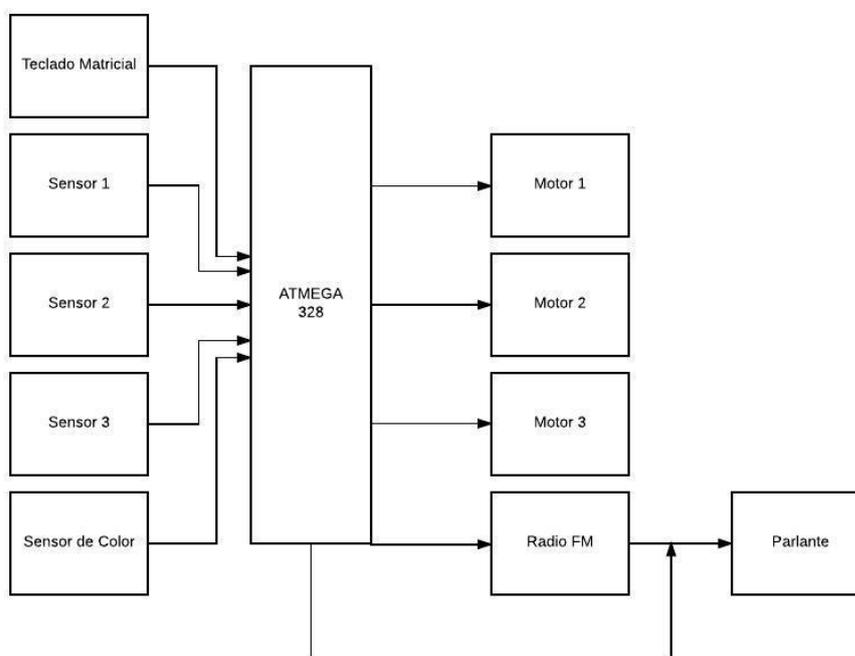


Figura 13. Diagrama de bloques, conexión de hardware

3.1.1. Sensores de distancia para identificación de objetos y la distancia a la que se encuentran.

Se tiene dos tecnologías, sensor de distancia infrarrojo y sensor de distancia ultrasónico. Los sensores infrarrojos son muy susceptibles a las condiciones de luz y ángulo de utilización por lo que se descartan para la aplicación de esta investigación.

Se utilizará tres sensores ultrasónicos apuntando a varias direcciones. El primero se utilizará para los objetos bajo la cintura, el segundo será para objetos a la altura de la cintura y el tercero para objetos a la altura del pecho y cabeza.

Se considera una distancia de 3 metros, recomendable para detectar un objeto antes de que cause un accidente.

Los niveles de voltaje no deben superar los 5 VDC que es el voltaje de alimentación del sistema.

En el mercado se encuentran los sensores ultrasónicos HC-SR04, se lo puede observar en la Figura 14.



Figura 14. Sensor de Distancia

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- Voltaje de trabajo : 5V(DC)
- Corriente de trabajo: menor a 2mA.
- Señal de salida: onda cuadrada, nivel alto 5V, nivel bajo 0V.
- Ángulo de detección: no superior a 15 grados.

- Distancia de detección: 2cm-450cm.
- Precision: 0.3cm

3.1.2. Motores vibratorios para advertir de obstáculos e identificar la distancia del objeto.

Los motores tienen que vibrar proporcionalmente a la distancia a la cual los sensores apuntan, para cada sensor habrá un motor en un punto específico.

Se necesita una variación desde 1.5V hasta 3.3V, para controlar la vibración del motor de acuerdo a la distancia a la que se encuentran los objetos.

El motor que se adapta a nuestras necesidades y que existe en el mercado es el *Micro Coreless Vibrating DC Motor* que se lo observa en la Figura 15.

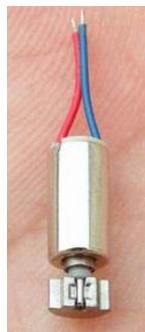


Figura 15. Micro Coreless Vibrating DC Motor

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- Voltaje: 1.5 VDC-3VDC
- Corriente: 41 mA - 85 mA
- Diámetro: 4mm
- Largo: 8mm

3.2. Determinación de los módulos de hardware a utilizar

3.2.1. Módulo para Radio FM

Se elige el módulo TEA5767 FM Stereo Radio que se lo observa en la Figura 16.



Figura 16. Módulo de Radio FM

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- Voltaje de operación: 5V
- Dimensiones: 31mm X 30mm
- Conector para antena
- Comunicación I2C.

3.2.2. Módulo para reproductor MP3, audio libros y almacenar sonidos de juegos interactivos

Se elige el módulo WT5001 que se lo observa en la Figura 17.



Figura 17. Módulo MP3

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- Entrada analógica para controlar funciones MP3
- Soporta comunicación RS 232
- Interfaz USB
- Soporte para micro SD de hasta 32GB
- Voltaje de operación 3.3V-5.2V
- Dimensiones: 36.1mm * 19.7mm

3.2.3. Módulo de reconocimiento de color

Se elige el módulo TCS3200 que se lo observa en la Figura 18.

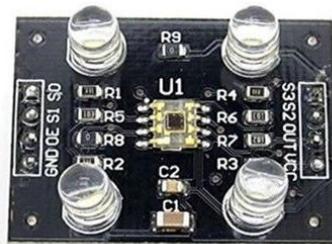


Figura 18. Módulo Sensor de Color

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- Voltaje de entrada: 3V ~ 5V.
- Mejor distancia para detectar: 10mm.
- Comunicación directa con microcontrolador
- Peso: 4g

3.2.4. Teclado para navegación en sistema

Se elige un teclado de pulsadores que se lo observa en la Figura 19.



Figura 19. Teclado Matricial

Fuente: (EBAY, 2016)

Características:

- 16 teclas diferentes
- Bus de comunicación binaria de 8 bits

3.2.5. Salida de audio para juegos de sonido

Se elige un parlante de 0.5 W que se lo observa en la Figura 20.



Figura 20. Parlante 0.5 W

Fuente: (EBAY, 2016)

Características

- Dimensiones: Diámetro 40mm
- Potencia 0.5W

3.2.6. Microcontrolador Atmega 328

Características necesarias según módulos a implementar:

- Soporte para comunicación serial para módulo mp3
- Soporte para comunicación I2C para módulo radio FM
- Interfaz digital de 4 bits para teclado
- Interfaz digital 3 bits para entrada de sensores
- Interfaz digital 3 bits para salida de motores
- Tres puertos analógicos para sensor de color

En el mercado se encuentra el microcontrolador atmega328 con las siguientes características:

- 32KB de memoria flash para programación,
- Tamaño de datos RAM: 2KB
- Interfaz: 2-wire, SPI, USART, I2C
- Velocidad: 20MHz
- Puertos de entrada/salida programables: 23
- Temporizadores: 3
- Canales de ADC: 6 canales de 10 bits,
- Empaquetado: PDIP-28

Este microcontrolador cumple con las necesidades del trabajo de investigación



Figura 21. ATMEGA 328

Fuente: (EBAY, 2016)

Toda la implementación, esquema electrónico y ensamble de circuito se encuentra detallado en el ANEXO 1.

CAPÍTULO IV

4. SOFTWARE DEL DISPOSITIVO

4.1. Sistema de HandEyes

El dispositivo HANDEYES tiene un microcontrolador central donde se encuentra el software del sistema. El mismo consiste de un menú hablante para ayudar al usuario. El hardware de navegación es un teclado matricial que nos permite elegir 5 opciones:

1. Modo Reconocimiento de color
2. Modo reproductor archivos de Audio
3. Modo de visión vibratoria
4. Modo Radio FM
5. Juego de memoria

Al presionar cada tecla, se puede identificar la opción seleccionada a través de la voz del sistema.

A continuación se presentan los diagramas de flujo que componen el software del dispositivo: el Diagrama 1 describe la forma de navegar través del menú, el Diagrama 2 detalla el proceso de reconocimiento de color, el Diagrama 3 hace referencia a la reproducción de archivos MP3, el Diagrama 4 es el más importante porque describe la generación de vibración cuya intensidad es proporcional a la distancia medida por los sensores ultrasónicos del dispositivo, el Diagrama 5 se refiere a la radio FM y el Diagrama 6 detalla el juego de memoria de sonidos.

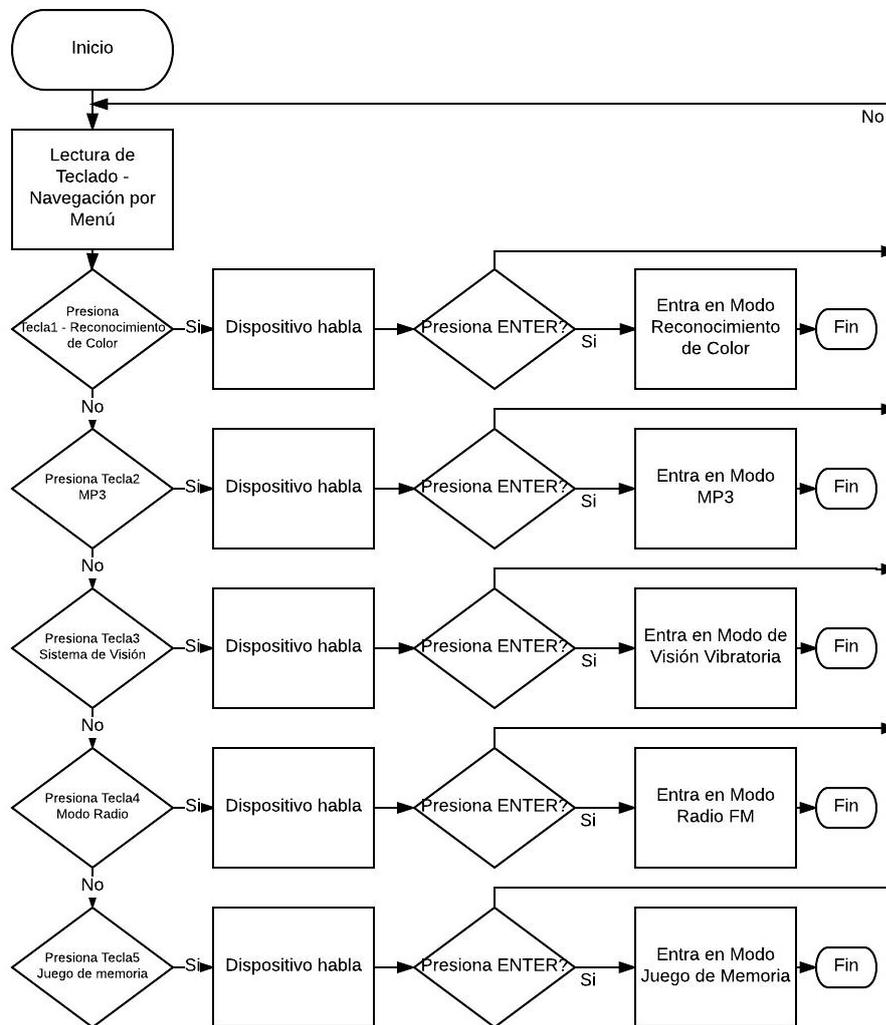


Figura 22. Menú Principal

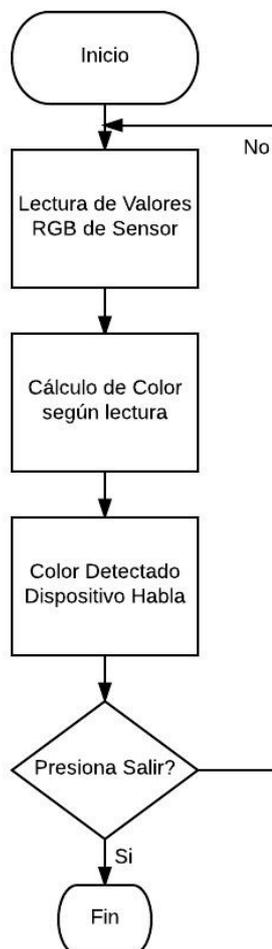


Figura 23. Proceso Reconocimiento de Color

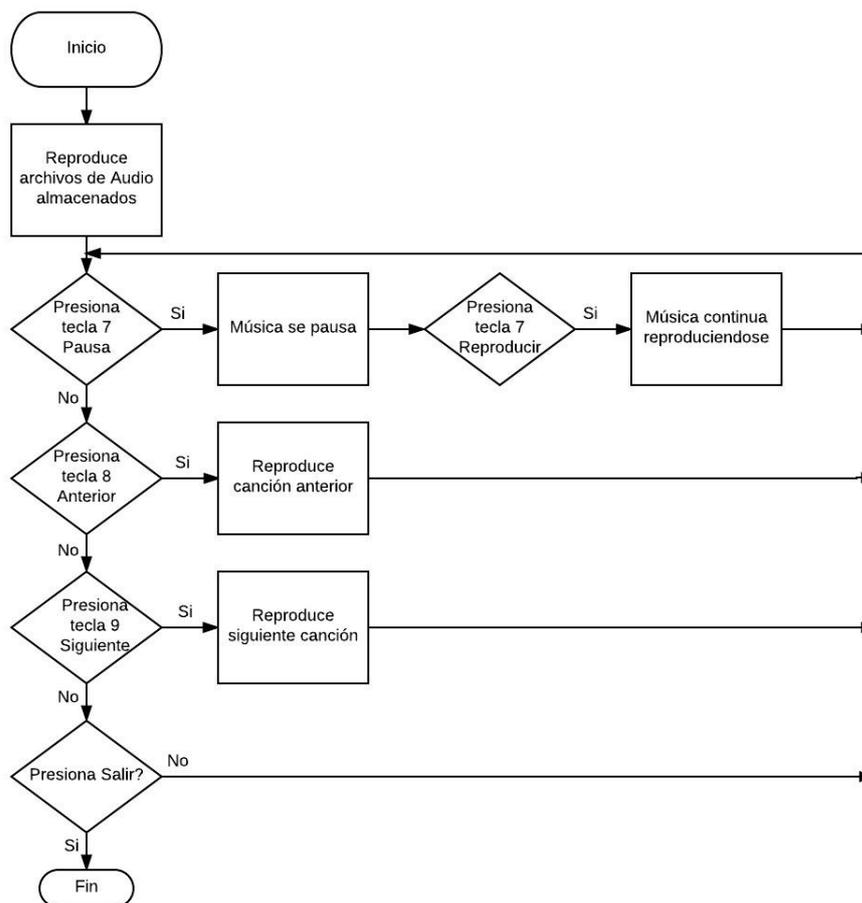


Figura 24. Reproductor MP3

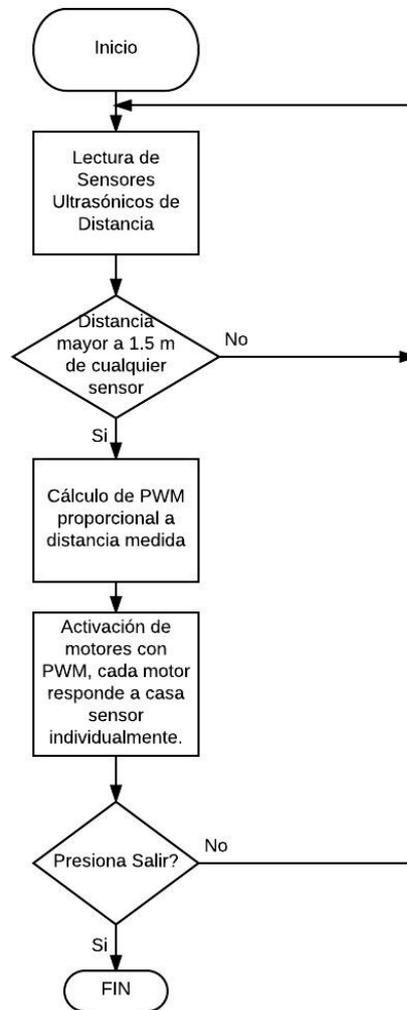


Figura 25. Proceso Visión Vibratoria

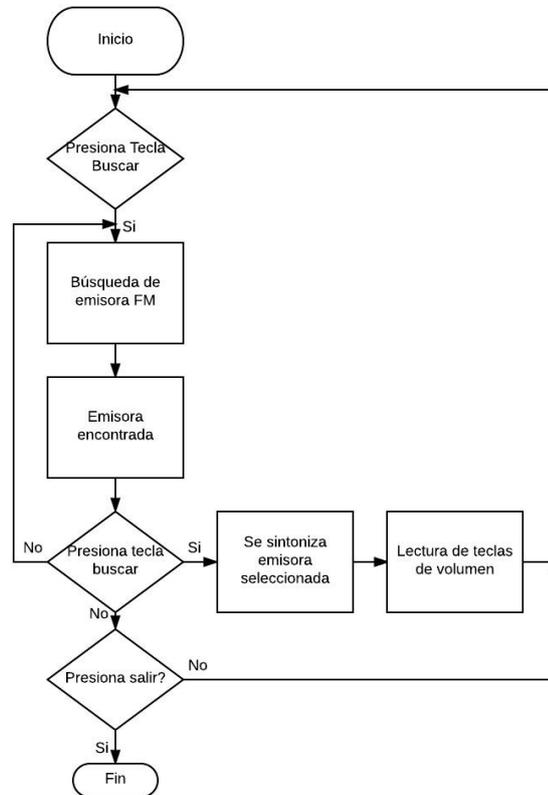


Figura 26. Radio FM

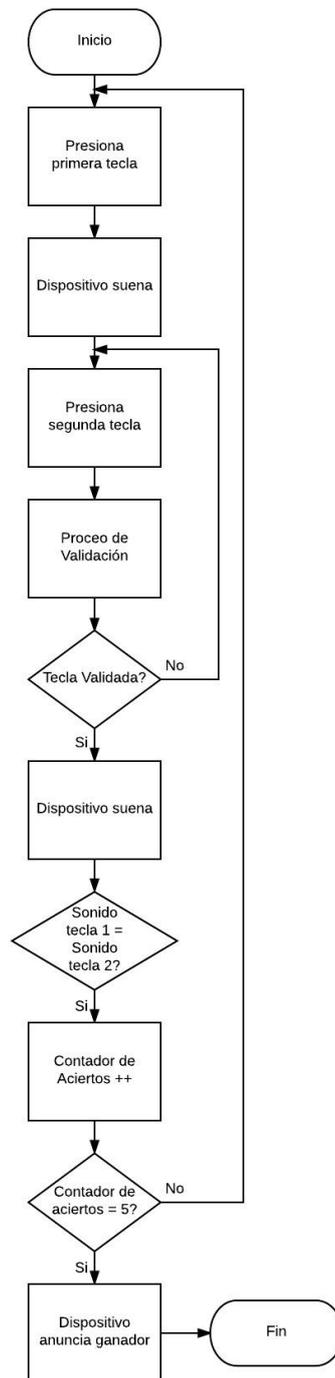


Figura 27. Juego de Memoria

El dispositivo habla y nos indica la opción seleccionada, al presionar ENTER, el sistema entra en la subrutina correspondiente.

Al presionar la tecla SALIR, todo se reinicia y el dispositivo entra al Menú Principal.

La programación se realizó en el IDE de Arduino y se almacenó el programa en un microcontrolador ATMEGA328. Todo el sistema está almacenado en este microcontrolador, a excepción de la subrutina de Modo de Visión Vibratoria que fue programada en un microcontrolador diferente por pedido del EQUIPO HANDEYES con la justificación de que ese sistema tiene que funcionar independientemente de todo el sistema principal en futuras aplicaciones.

El código software se encuentra en el ANEXO 2.

CAPÍTULO V

5. IMPRESIÓN 3D DEL PROTOTIPO

5.1. Importancia de la impresión 3D en el proyecto HandEyes

La tecnología de la impresión 3D es considerada la nueva revolución industrial gracias a la facilidad y bajo costo de la manufactura de prototipos.

En el área de la Ingeniería Electrónica, la impresión 3D representa un avance significativo para aquellos estudiantes y empresas desarrolladoras pues ahora existe la posibilidad de diseñar un circuito electrónico libremente sin mayor restricción de forma (con “forma” se refiere a cómo se verá finalmente el dispositivo). Paralelamente se puede diseñar la cubierta o carcasa del dispositivo, de esta manera se genera un prototipo final a muy bajo costo y cumpliendo todas las características de ergonometría del usuario.

Para el proyecto HandEyes, la impresión 3D es el método de manufactura ideal debido a la flexibilidad de la tecnología para poder fabricar cualquier forma necesaria para el sistema. Es por esta razón que el Equipo se ha enfocado en la tecnología 3D y ha aprovechado los beneficios del programa Banco de Ideas para establecer un sistema de fabricación de IMPRESORAS 3D, aumentar la capacidad de fabricación de HandEyes y establecer un sistema autosustentable, ofreciendo como Equipo de desarrollo, servicios de diseño y manufactura de prototipos.

La importancia de la utilización de esta tecnología rompe todos los esquemas de fabricación en el Ecuador tomando en cuenta que todos los diseños electrónicos y mecánicos se realizaron exclusivamente para este proyecto y se materializaron con máquinas fabricadas en el país.

Se presentan a continuación los modelos en software de diseño 3D.

5.1.1. Carcasa de Dispositivo

Se diseñó en base a la forma del circuito electrónico, acondicionando el acceso al teclado matricial y la salida para el sensor de color, batería y cables de sensores y motores vibratorios. En la Figura 22 se observa la representación del diseño en Software CAD y en la Figura 23 se observa el modelo impreso.



Figura 28. Vista en Software de Cobertura de Circuito Electrónico



Figura 29. Impresión 3D de Cobertura de Circuito de Dispositivo

5.1.2. Acople de sensor de color

La forma de esta pieza se diseñó para evitar las interferencias en la lectura del sensor debido a variaciones de la luz ambiental. En la Figura 24 se observa la representación del diseño en Software CAD y en la Figura 25 se observa el modelo impreso.

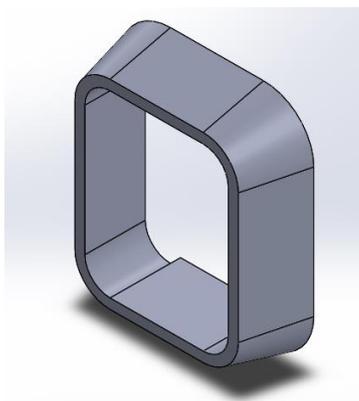


Figura 30. Vista en Software de Acople para Sensor de Color



Figura 31. Impresión 3D de Acople para Sensor de Color

5.1.3. Pieza de Acople entre Sensor de Distancia y Bastón Blanco

Esta pieza cumple la función de acoplar mecánicamente cada sensor de distancia con el bastón blanco. En la Figura 26 se observa la representación del diseño en Software CAD y en la Figura 27 se observa el modelo impreso.

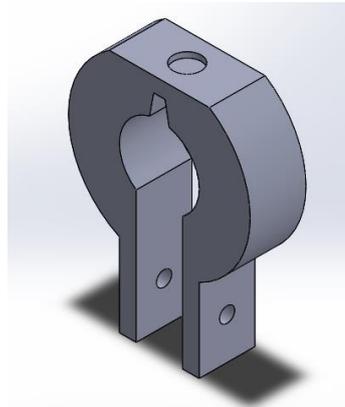


Figura 32. Vista en Software de Acople entre Sensor y Bastón Blanco



Figura 33. Impresión 3D de Acople entre Sensor y Bastón Blanco

5.1.4. Cono para Sensor Ultrasónico

El rango de detección del sensor ultrasónico utilizado, el hc04, es de alrededor de 3 metros y tiene un ángulo de tolerancia de 15 grados, lo que puede causar medidas erróneas.

Esta pieza reduce el ángulo de incidencia permitiéndole al dispositivo tener una mejor lectura de la distancia a la cual se encuentra un obstáculo. En la Figura 28 se observa la representación del diseño en Software CAD y en la Figura 29 se observa el modelo impreso.

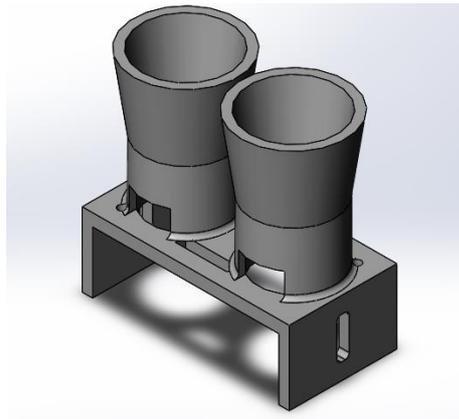


Figura 34. Vista en Software de Cono para Sensor Ultrasónico



Figura 35. Impresión 3D de Cono para Sensor Ultrasónico

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DEL DISPOSITIVO

En este capítulo se presentan fotografías y se anexan videos del sistema funcionando.

6.1. Pruebas de Funcionamiento del Sistema para Facilitar la Movilidad.

El sistema que facilita la movilidad está compuesto por los sensores ultrasónicos y motores vibratorios que se colocan en la mano del usuario.

Las pruebas se realizaron en la biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, con la colaboración del Sr. José Enrique Benavides Córdova quien trabaja en la Institución algunos años coordinando el área Braille de la Biblioteca. Se lo observa utilizando el dispositivo en la Figura 30, Figura 31, Figura 32 y Figura 33. Don José sufre de discapacidad visual del 90%. Su disposición para con este proyecto permitió el desarrollo del mismo.



Figura 36. Usuario familiarizándose con dispositivo



Figura 37. Usuario navegando en opciones de sistema



Figura 38. Usuario probando dispositivo – Visión Vibratoria



Figura 39. Usuario probando dispositivo – Detectando Obstáculos

6.2. Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Entretenimiento para Promover la Inclusión Social.

Las pruebas de inclusión social incluyen el sistema de reconocimiento de color, el módulo de radio y el juego de Memoria de sonidos.

El dispositivo se probó con el Sr. Edison Yamberla quien sufre una discapacidad especial, solo puede ver en tonos de negro. Yamberla se mostró fascinado con el reconocimiento de color el dispositivo como se lo observa en la Figura 34 y muy entusiasmado luego de jugar “Memory Sound” con su hija como se observa en la Figura 35. Se comprobó el correcto funcionamiento de las diferentes funciones de HandEyes.



Figura 40. Usuario probando reconocimiento de color



Figura 41. Inclusión social – Usuarios jugando con HandEyes

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

El proyecto HandEyes se fortaleció con la Iniciativa Banco de ideas de la Senescyt, cuyo propósito es crear empresas Ecuatorianas, basadas en un producto innovador. Por esta razón es necesario establecer los costos del dispositivo y plantear un modelo de negocio.

En este capítulo se presenta una comparación de precios entre proveedores nacionales e importación directa, además se plantea un modelo CANVAS para resumir el modelo de negocio de HandEyes.

7.1. Análisis de Costos

Tabla 1.
Comparación precios Nacional - Extranjero

PARTE	PRECIO ECUADOR	PRECIO IMPORTANCIÓN DIRECTA
ATMEGA 328 - 1	\$ 6,00	\$ 1,00
ATMEGA 328 - 2	\$ 6,00	\$ 1,00
Módulo de Radio	\$ 13,00	\$ 12,00
Módulo MP3	\$ 22,00	\$ 9,00
Parlante	\$ 3,00	\$ 1,00
3 Sensores Ultrasónicos	\$ 21,00	\$ 5,00
3 Motores vibratorios	\$ 15,00	\$ 2,00
Tarjeta sd	\$ 4,00	\$ 2,00
Sensor de Color	\$ 12,00	\$ 3,00
Teclado Matricial	\$ 6,00	\$ 2,00
Electrónica general para funcionamiento	\$ 11,00	\$ 2,00
Batería recargable	\$ 22,00	\$ 3,00
Costo total materiales	\$ 141,00	\$ 43,00

Se presentan dos tablas, la Tabla 1 se refiere a las partes electrónicas que se pueden adquirir en Ecuador y que también se pueden importar directamente; la Tabla 2 refleja los servicios necesarios que sólo se pueden adquirir en Ecuador, las piezas de Impresión 3D se fabrican por parte del equipo de HandEyes y el desarrollo de la tarjeta se cotizó con desarrolladores nacionales.

Tabla 2.
Precio de Servicios Ecuador.

Servicios únicos en Ecuador	Precio
Carcasa impresión 3D	\$ 6,00
Tarjeta electrónica	\$ 10,00
Costo total servicios	\$ 16,00

Resulta mucho más económico importar las partes directamente en lugar de adquirirlas de proveedores nacionales, el precio de cada dispositivo se calcula en \$59 y se recomienda establecer un precio de venta al público (PVP) que represente 30% de ganancia, esto resulta en \$76,7 por cada uno.

Según el equipo HandEyes, el precio calculado es muy alto para el mercado Ecuatoriano lo que llevará al equipo a pensar en nuevas formas de comercialización, una de ellas es reducir el sistema a un módulo SENSOR-VIBRADOR que costará alrededor \$22 y solo tendrá un sensor y un motor vibratorio con su batería y que será adaptable a cualquier bastón, prescindiendo de todos los extras del dispositivo debido al alto costo de los elementos.

El dispositivo completo será presentado en ferias internacionales como KICKSTARTER donde los potenciales usuarios tienen mayor poder adquisitivo.

7.2. Modelo de Negocio

Este modelo fue aprobado por El Banco de Ideas y tendrá que ser implementado una vez aprobado el dispositivo, se lo describe en la Tabla 3.

Tabla 3.
Modelo de Negocio.

Problemas	Solución	Proposición única de valor	Ventaja diferencial	Segmentos de cliente
Movilización de las personas no videntes Distinción de colores de cualquier objeto para personas con visión reducida. Inclusión de personas no videntes como saber la hora o interactuar con el medio	Un sensor sonar mide continuamente la distancia hacia el objeto al cual esté apuntando el usuario, esta señal se procesa dentro del dispositivo para dar lugar a una señal sonora o a una vibratoria, según la función que se haya elegido. Brinda una mayor independencia a la vida de la persona no vidente mediante la generación de mapas mentales que se logra a través de lo que va escuchando y sintiendo. Tiene un sistema de reconocimiento de colores para cualquier objeto para más de 30 colores, además incluye un reloj hablante y modo mp3 para escuchar música	En ningún país se ha desarrollado el dispositivo, somos los pioneros puesto que a nadie se le ha ocurrido que una persona puede desarrollar capacidades para generar mapas mentales. Sería uno de los primeros productos tecnológicos 100% desarrollado en el país y con gran posibilidad de exportación. Ganó un reconocimiento internacional en un concurso de emprendimiento por su gran potencial y viabilidad. Su tamaño es mucho más pequeño que un bastón además más ergonómico por lo que su uso hace del usuario un verdadero placer.	La competencia es casi nula puesto que es un proyecto que plantea una idea totalmente nueva, además tendría un costo muy bajo \$100.	Existen muchos tipos de no videntes y para ello se plantean algunas soluciones como cirugías y otro tipo de implantes, el problema es que la solución siempre se enfoca en un grupo muy pequeño de no videntes a diferencia de HandEyes que puede ser utilizado por cualquier persona que pueda escuchar o sentir
	Métricas clave		Canales	
	Trabajo conjunto con personas no videntes que han ayudado a mejorar la funcionalidad del dispositivo ya que esta por su tercera versión y vamos a seguir mejorando.		A través de organismos gubernamentales como fundación Manuela Espejo y la Vicepresidencia.	
ESTRUCTURAS DE COSTE			Flujos de ingreso	
Para empezar a producir el prototipo se necesitan una inversión inicial de 200 000 dólares para comprar la maquinaria necesaria, además de materia prima, mano de obra, infraestructura y demás.			El precio final de HandEyes es de 90 dólares teniendo un porcentaje de utilidad del 30% siendo este suficiente para retribuir la inversión inicial en un lapso de 8 meses.	

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Se desarrolló un dispositivo electrónico que mejora la calidad de vida de las personas con discapacidad visual a través de la implementación de un sistema de detección de obstáculos y un sistema de entretenimiento.

Se diseñó un dispositivo electrónico que brinda, a personas con discapacidad visual, mayor autonomía al desplazarse a través de un sistema de sensores y motores vibratorios que alertan al usuario de obstáculos cercanos.

Se desarrolló un dispositivo electrónico que brinda, a personas con discapacidad visual, un sistema de entretenimiento con la implementación, en el dispositivo, de radio FM, reproductor mp3 y juego de sonidos.

Se promovió la inclusión social del usuario del dispositivo a través de la implementación de juegos de “memoria de sonidos” que permiten al usuario, interactuar con otras personas.

Se implementó en el dispositivo electrónico HANDEYES, funciones útiles para el usuario tales como un módulo de radio FM, reproductor mp3, sistema de visión vibratoria, acoples mecánicos impresos en 3D y juegos de memoria, los mismos que fueron probados por personas con discapacidad visual.

Se desarrolló un dispositivo que fue validado por el Equipo Handeyes del Banco de Ideas como un dispositivo para su comercialización, con un precio de venta al público de \$76,60.

8.2. Recomendaciones

Trabajar con personas con alto nivel de predisposición para que proyectos de alto componente innovador salgan adelante.

Trabajar con modelos estándar de bastón blanco para que el dispositivo HandEyes sea fácilmente adaptable.

Importar directamente los componentes electrónicos para la fabricación del dispositivo.

Implementar de inmediato el modelo de negocio para generar ingresos con la comercialización del dispositivo.

Realizar una versión de HandEyes que únicamente incluya el sistema de visión vibratoria para reducir costos y tamaño del dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

3dnatives. (2016). *La referencia de la impresión 3D*. Obtenido de <http://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>

Aguinsaca, D. (2014). *IPN, Impacto Tecnológico*.

Arduino. (s.f.). *Arduino.cc*. Obtenido de <https://www.Arduino.cc/>

Ardumotive. (2014). *Instructables*. Obtenido de <http://www.instructables.com/id/Arduino-Mini-CNC-Plotter-Machine-from-dvd-drives>

Assistech. (2016). *Assistech*. Obtenido de <http://assistech.iitd.ernet.in/smartcane.php>

Benavides, J. (2015). *HandEyes*. (F. Reyes, Entrevistador)

Castrillón. (2014). *Palabra Viva*.

Cazar, R. (2001). *icevi*. Obtenido de http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm

Crespo, J. (s.f.). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de <https://aprendiendoArduino.wordpress.com/2015/03/22/que-es-el-hardware-libre/>

EBAY. (2016). *EBAY*. Obtenido de www.ebay.com

Ehow. (2015). *Bastón Blanco*. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/ensenar-persona-ciega-baston-blanco-seguridad-como_45314/

Erazo, B., Ruiz, J., & Salinas, S. (2015). *SoundWords*.

- Foresight. (2010). *Ultracane*. Obtenido de <http://ultracane.com/download/UltraCane%20User%20Guide%20V1.6%20Jan2012-2.html>
- Galilea, D. (2014). *Impresoras 3D: La nueva revolución*. Obtenido de <http://www.efefuturo.com/noticia/impresoras-3d-la-nueva-revolucion/>
- Machine, S. (2015). *Smart Machine Third Milenium*. Obtenido de <http://3dware.ir/en/references/articles/162-everything-about-fdm-technology>
- Mendel. (2015). *faircompanies*. Obtenido de <http://faircompanies.com/news/view/impresoras-3d-caseras-hazte-tu-propia-microfactoria-rdi/>
- MikroElektronika. (2016). *Mikroe*. Obtenido de <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicc/chapter/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores/>
- Moya, G. R. (s.f.). *leonismoargentino*. Obtenido de <http://www.leonismoargentino.com.ar/INST253.htm>
- OMS. (2014). *Mediacentre*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- ONCE. (2000). *Revista Sobre Ceguera y Deficiencia Visual*.
- Pulido, J. (s.f.). *CONTACTO BRAILLE A. C.* Obtenido de <http://www.contactobrilie.com/baston.html>
- Puruncajas, M. (2015). Validación HandEyes. (F. Reyes, Entrevistador)
- SAIS3D. (2016). *SAIS_3D*. Obtenido de www.sais3d.com

- Sánchez, C. (2011). *Realidad Aumentada*. Obtenido de <http://realidadaumentadaperu.blogspot.com/2015/06/el-futuro-del-baston-blanco-tecnologia.html>
- Sanchez, C. (2015). *eldiario*. Obtenido de http://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/baston_blanco-ciegos-invidentes-tecnologia-bastones_0_396160531.html
- Silva, M. (2015). *FayerWayer*. Obtenido de <https://www.fayerwayer.com/2015/01/voxel8-la-impresora-3d-que-graba-circuitos-electricos/>
- Stratasys. (2016). *Tecnología FDM*. Obtenido de <http://www.stratasys.com/es/impresoras-3d/technologies/fdm-technology>
- Technology, I. I. (2012). *Development of Smart Cane*.
- Ultracane. (s.f.). *Ultracane*. Obtenido de <https://www.ultracane.com/>
- Usemoslinux. (s.f.). *desdelinux.net*. Obtenido de <http://blog.desdelinux.net/un-ejemplo-de-hardware-libre-Arduino/>
- Wired. (2012). *Wired.com*. Obtenido de <http://www.wired.com/2012/10/Arduino-due/>
- Zonamaker. (2015). *Zonamaker* . Obtenido de <http://www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora>