

## RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero de sonido.
2. **TÍTULO:** Evaluación del impacto de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de enseñanza de la lectoescritura de las vocales del sistema braille a infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar.
3. **AUTORES:** Jeisson Alirio Sastre Ávila, Victor Leonardo Peñaranda Palacio.
4. **LUGAR:** Bogotá D.C.
5. **FECHA:** Diciembre de 2015.
6. **PALABRAS CLAVE:** Interfaz multimedia, Lectoescritura, Vocales, Sistema Braille, Discapacidad visual, Estímulos senso-auditivos, Proceso de enseñanza.
7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El objetivo principal de este trabajo es evaluar el impacto del uso de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de la enseñanza de las vocales del sistema braille en infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar, mediante el desarrollo de una interfaz senso-auditiva que tiene la capacidad de representar las vocales del sistema braille y en la que se implementa una metodología didáctica como apoyo para la enseñanza de las mismas. En la evaluación del impacto, se realizan pruebas que dan resultados del tiempo de aprendizaje de las vocales del sistema Braille en infantes con discapacidad visual que hacen uso de la interfaz como apoyo en el proceso de enseñanza.
8. **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Línea de investigación de la USB: Tecnologías actuales y sociedad. Sub línea de facultad de ingeniería: Interfaces de control aplicadas al audio. Campo temático: Sensores e instrumentación electrónica aplicados a la manipulación de señales de audio.
9. **METODOLOGÍA:** La investigación descrita en el presente documento, tiene un enfoque cualitativo y empírico-analítico, ya que va dirigido a brindar apoyo en el proceso de enseñanza del sistema braille por medio de una herramienta innovadora.
10. **CONCLUSIONES:**
  - Se implementó en la interfaz senso-auditiva, una metodología didáctica compuesta por instrucciones sonoras y estímulos auditivos que funcionaron como herramienta para focalizar la concentración de los infantes al momento de interactuar con la interfaz. Consiste en tres niveles de uso, por medio de los cuales, los usuarios aprendieron a reconocer, leer y escribir las vocales del sistema braille por medio de la interfaz. Esta metodología interactiva permite un acercamiento al usuario a través de una retroalimentación recurrente que proporciona un ambiente amigable para este.
  - Con la interfaz multimedia, se generó un impacto positivo gracias a su diseño físico, la metodología implementada y los estímulos auditivos utilizados. Esto llevó a que los infantes llevaran a cabo el proceso de aprendizaje de una manera sencilla e interactiva, debido a que esta se presentó como una herramienta lúdica para ellos.
  - El tiempo de aprendizaje en cada infante depende de factores como capacidades cognitivas, personalidad y aptitudes, además de factores externos como las metodologías y herramientas que se utilizan para llevar a cabo su proceso de enseñanza.

**EVALUACION DEL IMPACTO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA  
COMO APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA  
LECTOESCRITURA DE LAS VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE A  
INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA ETAPA PREESCOLAR**

Jeisson Alirio Sastre Avila

Victor Leonardo Peñaranda Palacio.

Universidad De San Buenaventura

Bogotá D.C

2015

**EVALUACION DEL IMPACTO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA COMO  
APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA LECTOESCRITURA DE LAS  
VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE A INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN  
LA ETAPA PREESCOLAR**

Proyecto de grado como requisito para obtener el título de

Ingeniero de Sonido

Jeisson Alirio Sastre Avila

Victor Leonardo Peñaranda Palacio.

Universidad De San Buenaventura

Bogotá D.C

2015

## **Agradecimientos**

En primer lugar agradecemos a nuestras familias, quienes confiaron en nosotros y estuvieron presentes brindándonos su cariño, motivación y paciencia durante el proceso de formación profesional.

A nuestras madres, quienes se esforzaron por apoyarnos y ayudarnos a conseguir una meta muy significativa para nuestras vidas, gracias por su tiempo y dedicación.

Al ingeniero de sonido y asesor de proyecto de grado Raúl Rincón, por su confianza en este proyecto, por brindarnos su tiempo, apoyo y conocimientos para poder desarrollar con éxito el mismo.

A la Institución Educativa Distrital José Félix Restrepo y a cada infante que participo, por su colaboración para llevar a cabo el óptimo desarrollo de esta investigación.

## Tabla de contenidos

<b>Capítulo 1</b>	
Introducción	1
<b>Capítulo 2</b>	
1. Planteamiento del problema	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Descripción y formulación del problema	6
1.3. Justificación del problema	7
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos	8
1.5. Hipótesis	9
1.6. Variables	9
1.6.1. Variables Dependientes	9
1.6.2. Variables Independientes	9
1.7. Alcances y Limitaciones	10
1.7.1. Alcances	10
1.7.2. Limitaciones	10
<b>Capítulo 3</b>	
2. Marco de referencia	11
<b>Capítulo 4</b>	
3. Marco Teórico	14
<b>Capítulo 5</b>	
4. Metodología	21
4.1. Enfoque de la investigación	21
4.2. Línea de investigación	
4.2.1. Línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura	21
4.2.2. Sub-Línea de investigación de facultad	21

## Capítulo 6

5. Desarrollo Ingenieril	22
5.1. Desarrollo de la interfaz multimedia	22
5.1.1 Metodología didáctica de uso de la interfaz para la enseñanza de las vocales del sistema braille	22
5.1.1.1. Nivel 1: Reconocimiento	22
5.1.1.2. Nivel 2: Preguntas	23
5.1.1.3. Nivel 3 Escritura	24
5.2. Selección de componentes para el desarrollo de la interfaz senso-auditiva	25
5.2.1. Micro controladores	25
5.2.2. Software de programación	28
5.2.3. Sistemas Embebidos	29
5.2.4. Mecánica de la interfaz senso-auditiva	34
5.2.5. Pulsadores	36
5.2.6. Esquema de conexión de los componentes de la interfaz senso-auditva	38
5.3. Desarrollo del algoritmo para el funcionamiento de la interfaz senso-auditiva	40
5.3.1. Configuración de la Raspberry	40
5.3.2. Configuración de Arduino	41
5.3.3. Desarrollo del algoritmo en Pure Data	42
5.4. Desarrollo físico de la interfaz senso-auditiva	65

## Capítulo 7

6. Pruebas de la interfaz senso-auditiva	70
6.1. Pruebas población control	70
6.2. Pruebas en infantes con discapacidad visual	74
6.2.1. Infante 1.	77
6.2.2. Infante 2.	78
6.2.3. Infantes 3, 4 y 5.	80
6.2.4. Infante 6.	82
6.3. Pruebas en infantes con discapacidad visual y cognitiva	83
6.3.1. Infante 7.	84

6.3.2. Infante 8.	85
<b>Capítulo 8</b>	
7. Análisis de Resultados	87
7.1. Resultados pruebas piloto	87
7.2. Evaluación del impacto del uso de la interfaz multimedia en infantes con discapacidad visual	90
7.2.1. Análisis individual para cada infante con discapacidad visual	91
7.2.1.1. Infante 1.	91
7.2.1.2. Infante 2.	93
7.2.1.3. Infante 3.	94
7.2.1.4. Infante 4.	95
7.2.1.5. Infante 5.	96
7.2.1.6. Infante 6.	97
7.2.2. Análisis general para los infantes con discapacidad visual	98
7.2.3. Análisis individual para cada uno de los infantes con discapacidad visual y otra discapacidad	102
7.2.3.1. Infante 7.	102
7.2.3.2. Infante 8.	104
7.2.4. Análisis general para los infantes con discapacidad visual y otra discapacidad	106
8. Evaluación Del Tiempo De Aprendizaje De Las Vocales Del Sistema Braille utilizando Como Apoyo La Interfaz Multimedia	108
<b>Capítulo 9</b>	
9. Conclusiones	110
<b>Capítulo 10</b>	
10. Recomendaciones	113
Bibliografía	114
Apéndice	120

**Lista de figuras**

<i>Figura 1.</i> Muñeco Brailín.	17
<i>Figura 2.</i> Celdilla braille.	17
<i>Figura 3.</i> Letra “a” en el sistema braille.	18
<i>Figura 4.</i> Letra “e” en el sistema braille.	18
<i>Figura 5.</i> Letra “i” en el sistema braille.	18
<i>Figura 6.</i> Letra “o” en el sistema braille.	19
<i>Figura 7.</i> Letra “u” en el sistema braille.	19
<i>Figura 8.</i> Placa Picaxe-08.	25
<i>Figura 9.</i> Placa TI MSP30 de Texas Instruments.	26
<i>Figura 10.</i> Placa Arduino Mega 2560.	26
<i>Figura 11.</i> HummingBoard-i1.	29
<i>Figura 12.</i> BeagleBone Black.	30
<i>Figura 13.</i> Raspberry Pi Model B+.	30
<i>Figura 14.</i> Raspberry Pi 2 Model B.	31
<i>Figura 15.</i> Motor Solenoide 5V (Pistón).	34
<i>Figura 16.</i> Vista lateral del motor solenoide.	35
<i>Figura 17.</i> Vista superior del motor solenoide.	35
<i>Figura 18.</i> Vista frontal del motor solenoide.	36
<i>Figura 19.</i> Vista lateral del motor solenoide extendido.	36
<i>Figura 20.</i> Pulsadores de membrana	37
<i>Figura 21.</i> Boton Pulsador Arcade Triangular.	37
<i>Figura 22.</i> Terminales del pulsador Arcade.	38
<i>Figura 23.</i> Botones Pulsadores Arcade y de membrana.	38
<i>Figura 24.</i> Control de pistones.	43
<i>Figura 25.</i> Contador.	45
<i>Figura 26.</i> Salidas de Arduino utilizadas en Pure Data.	46

<i>Figura 27.</i> Representación de la letra “A” en el sistema braille por medio de diodos LED.	47
<i>Figura 28.</i> Representación de la letra “E” en el sistema braille por medio de diodos LED.	47
<i>Figura 29.</i> Representación de la letra “I” en el sistema braille por medio de diodos LED.	48
<i>Figura 30.</i> Representación de la letra “O” en el sistema braille por medio de diodos LED.	48
<i>Figura 31.</i> Representación de la letra “U” en el sistema braille por medio de diodos LED.	48
<i>Figura 32.</i> Orden de enviar un valor aleatorio cada vez que se presione el pulsador.	50
<i>Figura 33.</i> Opciones de respuesta.	51
<i>Figura 34.</i> Comparador que determina si la respuesta es correcta o incorrecta.	52
<i>Figura 35.</i> Esquema completo en Pure Data del algoritmo desarrollado para segundo nivel.	52
<i>Figura 36.</i> Representación de la letra “A” en el sistema braille por medio de pistones.	53
<i>Figura 37.</i> Representación de la letra “E” en el sistema braille por medio de pistones.	53
<i>Figura 38.</i> Representación de la letra “I” en el sistema braille por medio de pistones.	54
<i>Figura 39.</i> Representación de la letra “O” en el sistema braille por medio de pistones.	54
<i>Figura 40.</i> Representación de la letra “U” en el sistema braille por medio de pistones.	55
<i>Figura 41.</i> Selección aleatoria de vocales.	58
<i>Figura 42.</i> Módulo de respuestas.	59
<i>Figura 43.</i> Botón “intro”.	60
<i>Figura 44.</i> Selección de audio a reproducir.	61
<i>Figura 45.</i> Vista general del algoritmo desarrollado en Pure Data para el tercer nivel.	61
<i>Figura 46.</i> Módulo de selección de nivel.	64
<i>Figura 47.</i> .Interfaz Multimedia Vista Isométrica.	65
<i>Figura 48.</i> Interfaz Multimedia Vista Superior.	66
<i>Figura 49.</i> Interfaz Multimedia Vista Lateral.	67
<i>Figura 50.</i> Interfaz Multimedia Descripción General.	67
<i>Figura 51.</i> Interfaz Multimedia.	68
<i>Figura 52.</i> Interfaz Multimedia destapada	69
<i>Figura 53.</i> Sujeto de prueba usando la interfaz.	71
<i>Figura 54.</i> Sujetos de prueba usando la interfaz en el nivel 2.	73

<i>Figura 55.</i> Letras “i” y “e” en el sistema braille.	77
<i>Figura 56.</i> Infante 1.	78
<i>Figura 57.</i> Infante 2.	79
<i>Figura 58.</i> Infante 3.	80
<i>Figura 59.</i> Infante 4.	81
<i>Figura 60.</i> Infante 5.	81
<i>Figura 61.</i> Infante 6.	82
<i>Figura 62.</i> Infante 7.	84
<i>Figura 63.</i> Infante 8.	86

**Lista de tablas**

<i>Tabla 1.</i> Especificaciones Técnicas de las placas Arduino 2560, TI MSP430 y Picaxe-08.	27
<i>Tabla 2.</i> Especificaciones Técnicas de los sistemas embebidos Raspberry Pi, BeagleBone Black y HummingBoard – i1.	32
<i>Tabla 3.</i> Lista de infantes con discapacidad visual para pruebas de la interfaz multimedia.	76
<i>Tabla 4.</i> Lista de infantes con discapacidad visual para pruebas de la interfaz multimedia.	83
<i>Tabla 5.</i> Resultados Pruebas Piloto de la interfaz multimedia.	87
<i>Tabla 6.</i> Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual haciendo uso de la interfaz multimedia.	98
<i>Tabla 7.</i> Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual y cognitiva haciendo uso de la interfaz multimedia.	106

## Lista de esquemas

<i>Esquema 1.</i> Conexión de componentes.	38
<i>Esquema 2.</i> Esquema general de la comunicación entre el software desarrollado en la plataforma Pure Data y la placa Arduino.	42
<i>Esquema 3.</i> Funcionamiento del control de pistones.	43
<i>Esquema 4.</i> Diagrama de flujo del primer nivel de la interfaz multimedia.	44
<i>Esquema 5.</i> Funcionamiento del contador	46
<i>Esquema 6.</i> Diagrama de flujo del segundo nivel de la interfaz multimedia.	49
<i>Esquema 7.</i> Funcionamiento aleatorio de selección de vocal.	50
<i>Esquema 8.</i> Diagrama de flujo del tercer nivel de la interfaz multimedia.	56
<i>Esquema 9.</i> Funcionamiento de selección aleatoria de vocal.	59
<i>Esquema 10.</i> Funcionamiento de respuesta del nivel 3.	60
<i>Esquema 11.</i> Diagrama de flujo de la selección de nivel de la interfaz multimedia.	62

## **Capítulo 1**

### **Introducción**

El braille es un sistema de lecto-escritura desarrollado para personas con discapacidad visual. Este sistema consta de celdillas y estas, a su vez están compuestas por 6 puntos en relieve, lo que permite su lectura por medio del tacto. Para la enseñanza de la lecto-escritura del sistema braille en personas con discapacidad visual, se utilizan diversas metodologías y dispositivos haciendo uso de la interacción del tacto con los demás sentidos, como el auditivo; dispositivos y metodologías que son de gran ayuda en cuanto al tiempo que tarda el proceso de aprendizaje de la lecto-escritura de este sistema, debido a que las personas con discapacidad visual no pueden asociar lo que aprenden con referencias visuales, como lo haría una persona vidente.

Este proyecto pretende reducir el tiempo de aprendizaje de la lecto-escritura de las vocales del sistema braille en infantes con discapacidad visual que se encuentren en la etapa preescolar, haciendo uso de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de enseñanza. La interfaz multimedia consta de una celdilla braille, compuesta por seis pistones y seis esferas colocadas sobre estos, que representan los seis puntos de la celdilla braille; los pistones, tendrán cada uno un botón con el fin de que puedan ser presionados por el usuario y este pueda conformar las vocales del sistema braille. La interfaz tendrá un tutor virtual que estará conformado por tres niveles, además de estímulos auditivos para cada vocal, dándole al infante referencias auditivas que podrá asociar con las vocales en el proceso de aprendizaje de las mismas.

Se evaluará el impacto del uso de la interfaz multimedia, con el fin de conocer cuál es la reacción de los infantes en cuanto a su tiempo de aprendizaje y la didáctica implementada en la interfaz.

## Capítulo 2

### 1. Planteamiento de problema

#### 1.1. Antecedentes

El sistema braille fue inventado en 1823 por el francés Luis Braille. Este sistema está basado en la combinación de seis puntos en relieve diseñados para ser interpretados por medio del tacto; y permite 63 combinaciones de puntos en relieve, en las que se incluyen: números, letras del alfabeto y los signos de puntuación.

Luego se desarrolló un sistema para escribir braille llamado Slate and Stylus el cual constaba de una rendija que sostenía el papel (Slate) y un instrumento que se usaba para perforar agujeros en el papel (Stylus). En 1880 aparece la primera máquina personal para escritura en sistema braille en la escuela para ciegos de Illinois, desarrollada por Frank Hall.

En los años cercanos a 1940 se presenta una mejora de la máquina de Frank Hall, desarrollada en la escuela para ciegos Perkins por David Abraham, la cual salió al mercado en 1951 llamada Perkins Braille<sup>1</sup>. A partir de esta creación, se han llevado a cabo desarrollos de máquinas de este tipo, encontrándose en el mercado algunas como: Tatrapoint de Maxiaids, Jot- a- Dot y otras, en las cuales se encuentra un importante avance en la implementación de recursos sonoros a manera de salidas de voz. Algunas máquinas que trabajan con este tipo de sistema son: Mountbatten Brailier, Braille'nSpeak, Sono Braille. Además existen otros dispositivos que facilitan la interacción entre la persona con

---

<sup>1</sup> Ver *Historia de Luis Braille*.

discapacidad visual y computador, como: Línea Braille conectada al ordenador y una impresora braille.

En el contexto colombiano se han presentado aportes en tiflotecnología<sup>2</sup>; uno de estos es por parte de los estudiantes de la Universidad Javeriana en el 2005 en su trabajo de grado SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CÓDIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES<sup>3</sup>, en el que desarrollaron un dispositivo electromecánico para el aprendizaje del código braille, que les permite convertir textos provenientes de un archivo de computador en código braille por medio de una interfaz que recibe los caracteres de computador a través de un puerto serial, los cuales son transformados y representados en el renglón braille. Este sistema consta de un Hardware y un Software, este último para configurar el modo de uso en dos formas distintas, basándose en la asociación de sonidos con símbolos braille al igual que métodos tradicionales que enseñan a leer y escribir. Este dispositivo necesita de un tutor para su funcionamiento.

Otro aporte se desarrolló en la ciudad de Bucaramanga en 2013 por Yulieth Pabón Moreno y Andrea Medina Ahumada, estudiantes de ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Santo Tomas, las cuales presentaron un dispositivo llamado BrailleTeach. Este es un dispositivo que se diseñó para facilitar el aprendizaje del sistema braille, que cuenta con un módulo de lectura y otro de escritura los cuales van conectados al computador por medio de un puerto serial USB. En uno, aparecen los caracteres que el

---

<sup>2</sup> Tiflotecnología: conjunto de conocimientos, técnicas y recursos que permiten a la población con discapacidad realizar una correcta utilización de la tecnología.

<sup>3</sup> Ver *SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CODIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES*.

aprendiz toca para leer y en el otro, el usuario debe oprimir los caracteres que sintió, para escribir la letra que el programa le solicita.

Ahora, como apoyo didáctico a infantes con discapacidad visual se han presentado juguetes que permiten el desarrollo del tacto ya que estos están cubiertos con diferentes texturas, un ejemplo es el muñeco Brailín<sup>4</sup> creado en el 2002 por Virginia Pérez, profesora argentina, el cual lleva en su cuerpo una celdilla braille de gran tamaño, con la que el niño puede empezar a adaptarse al sistema, además de desarrollar su sentido del tacto por medio de la interacción con diferentes texturas; otro ejemplo es el Braille EducationBall creado por Danielle Pecora en Estados Unidos, que está diseñado para que los infantes aprendan a leer el sistema braille de forma interactiva entre el tacto y la escucha. El dispositivo consta de una pelota con 26 botones, cada uno por cada letra de abecedario los cuales al presionarlos reproducen una señal de audio que representa la letra.

El uso de los métodos mencionados anteriormente debe ser guiado por un tutor que apoye el proceso de reconocimiento del sistema Braille.

---

<sup>4</sup>Ver *NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA ALFABETIZACIÓN DEL ALUMNADO CON DISCAPACIDAD VISUAL*, especialmente en la página 288.

## 1.2. Descripción y formulación del problema

Alrededor de un 80% de las sensaciones, emociones e información llegan al ser humano a través del sentido visual, por ende los infantes con discapacidad visual poseen dificultades en el proceso de aprendizaje de la lecto-escritura, debido a que no cuentan con referencias visuales que puedan asociar con lo que están aprendiendo como lo haría normalmente un niño vidente, según plantea Esperanza Ochaita, Cecilia Simon y Juan Antonio Huertas en el libro Comunicación, lenguaje y educación. Por lo anterior, al momento de iniciar el proceso de la lecto-escritura braille se utilizan actividades específicas que ayudan al desarrollo del sentido del tacto como por ejemplo: reconocimiento y diferenciación de texturas, distinción de formas y tamaños y ejercicios para el desarrollo de motricidad fina y gruesa. Además del desarrollo táctil, se busca desarrollar el sentido auditivo.

En la ciudad de Bogotá a julio de 2013 hay 79.880 personas con discapacidad visual. La ciudad de Bogotá cuenta con 317 instituciones educativas con niños, niñas y jóvenes incluidos con discapacidad visual<sup>5</sup>.

Por lo anterior, surge el cuestionamiento de esta investigación: **¿CÓMO BRINDAR APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LAS VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE A PARTIR DE ESTIMULOS SENSO-AUDITIVOS A INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA ETAPA PREESCOLAR HACIENDO USO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA INTERACTIVA?**

---

<sup>5</sup> Tomado de la plataforma web del INCI (Instituto Nacional para Ciegos). [En línea] <<http://www.inci.gov.co/observatorio-social/informacion-territorial/bogota>>

### **1.3. Justificación del problema**

Los niños invidentes no pueden asociar lo que están aprendiendo tal y como lo hace un niño vidente al poder relacionar imágenes con lo que aprende, por ende surge la necesidad de desarrollar una interfaz multimedia que permita la interacción del sentido auditivo con el sentido del tacto, utilizando estímulos sonoros que se relacionen con las vocales; además, utilizando diferentes tipos de texturas en la superficie de la interfaz, con el fin de apoyar el proceso de enseñanza de las vocales a infantes con discapacidad visual de forma didáctica por medio de niveles de dificultad y evaluando su impacto. El modo de interacción entre el infante y el dispositivo se hará por medio de un tutor virtual. Este proyecto va dirigido a infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el impacto del uso de una interfaz multimedia como apoyo en el proceso de la enseñanza de las vocales del sistema braille a infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

-Desarrollar una interfaz senso-auditiva que tenga la capacidad de representar las vocales del sistema braille.

-Implementar en la interfaz senso-auditiva una metodología didáctica como apoyo en el proceso de la enseñanza de vocales en infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar.

-Realizar pruebas para evaluar el tiempo de aprendizaje de las vocales del sistema braille en infantes con discapacidad visual en la etapa preescolar haciendo uso del dispositivo como apoyo en el proceso de enseñanza.

## **1.5. Hipótesis**

Mediante el uso de la interfaz multimedia como apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille, se reducirá el tiempo de aprendizaje de la lecto-escritura de las vocales en infantes con discapacidad visual que se encuentren en la etapa preescolar.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Independientes**

- La interfaz multimedia, debido a que todas las pruebas se van a hacer con la misma interfaz.
- Infantes en etapa preescolar, debido a que los infantes en los que se realizaran las pruebas serán los mismos para evaluar el impacto de la interfaz.
- Metodología didáctica de apoyo, debido a que el dispositivo contará con una sola metodología.

### **1.6.2. Dependientes**

- Tiempo de aprendizaje, debido a que el proceso de aprendizaje de las vocales del sistema braille depende de cada infante.

## **1.7. Alcances y limitaciones**

### **1.7.1. Alcances**

-La interfaz multimedia, representará las vocales del sistema braille a través de una celdilla braille compuesta por seis pistones y seis pulsadores ubicados cada uno sobre cada pistón, para permitir el ingreso de cada vocal del sistema braille; ésta no necesitará estar conectada a un ordenador.

-La interfaz multimedia contara con un arreglo estéreo de altavoces para la reproducción de estímulos auditivos.

-Se entregarán resultados estadísticos de las pruebas que se realicen a los infantes utilizando la interfaz multimedia, además de un análisis de su uso con cada uno de estos.

### **1.7.2. Limitaciones**

- La interfaz multimedia deberá estar conectada a una toma corriente. Esta tendrá una sola celdilla braille para la representación de las vocales.

- El proyecto va enfocado a niños con discapacidad visual que se encuentren en el proceso de aprendizaje de las vocales en la etapa preescolar.

## Capítulo 3

### 2. Marco de referencia

#### Dispositivos

- **Línea braille**

La línea Braille, es un dispositivo electrónico que codifica en sistema Braille un texto de un ordenador. La representación de las letras del sistema Braille, se hace por medio de celdillas Braille compuestas botones que se levantan, haciéndose perceptibles al tacto, o se bajan creando la “ausencia” de un punto para conformar cada letra. Estos puntos sobresalen por unos agujeros destinados para esta función. Para poder utilizar la línea Braille, hay que instalar un driver en el ordenador al que va a ser conectada.

- **Sistema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones visuales**

Trabajo de grado de estudiantes de la Universidad Javeriana en el 2005, en donde desarrollaron un dispositivo electromecánico para el aprendizaje del código Braille que les permite convertir textos provenientes de un archivo de computador en código Braille, por medio de una interfaz que recibe los caracteres de computador a través de un puerto serial y los cuales son transformados y representados en el renglón Braille. Este sistema consta de un hardware y un software, este último para configurar el modo de uso en dos formas distintas, basándose en la asociación de sonidos con símbolos Braille al igual que varios métodos tradicionales que enseñan a leer y escribir. Este dispositivo necesita de un tutor para su funcionamiento.

- **Brailleteach**

Desarrollado en la ciudad de Bucaramanga en 2013 por Yulieth Pabón Moreno y Andrea Medina Ahumada, estudiantes de ingeniería Mecatrónica de la universidad de Santo Tomas. Este dispositivo cuenta con un módulo de lectura y otro de escritura, los cuales van conectados al computador por medio de un puerto serial USB. En uno aparecen los caracteres que el aprendiz toca para leer, y en el otro el usuario debe oprimir los caracteres que sintió para escribir las letras que el programa le solicita. Al oprimir de manera correcta las letras, el dispositivo le permite al usuario avanzar de nivel.

Este dispositivo debe ser utilizado con la presencia de un tutor, debido a que cuenta con un módulo de interfaz gráfica que le permite al tutor visualizar los errores que tuvo el alumno.

- **Muñeco Braillín**

Creado en el 2002 por Virginia Pérez, profesora argentina. Este muñeco lleva en su cuerpo una celdilla braille de gran tamaño, con la que el niño puede empezar a adaptarse al sistema braille aprendiendo a situar espacialmente los puntos; además de desarrollar su sentido del tacto por medio de la interacción con diferentes texturas, desarrollando su refuerzo tono muscular y su presión manual.

Este muñeco también se utiliza con otros fines educativos como: aprendizaje de conceptos espaciales: abajo, arriba, derecha, izquierda, etc. Aprendizaje de los números del 1-6, aprendizaje del esquema corporal de una persona y otros.

- **Braille EducationBall**

Creado por Danielle Pecora en Estados Unidos, es un dispositivo que está diseñado para que los infantes aprendan a leer el sistema braille de forma interactiva entre el tacto y la escucha. El dispositivo consta de una pelota con 26 botones, cada uno por cada letra de abecedario, los cuales al presionarlos reproducen una señal de audio que representa la letra.

- **Braille´nspeak**

Es un dispositivo que posee un teclado braille para poder introducir datos. Tiene puertos de entrada y salida y un sintetizador de voz para el acceso a textos previamente grabados. Tiene las funciones de calculadora, reloj, calendario, cronometro, archivos y agenda. Se puede conectar a un ordenador para transmitir información de textos y que el sintetizador de voz los reproduzca.

## Capítulo 4

### 3. Marco teórico

#### ¿Por qué usar estímulos auditivos?

Según la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) el 80% de la información necesaria para la vida cotidiana se obtiene por medio del sentido de la visión<sup>6</sup>. La mayoría de habilidades, conocimientos y actividades que desarrolla el ser humano, son aprendidos o ejecutados basados en información visual.

Iván Tapia en su portal web plantea que el 80% de información que no es recibida a través de la visión, en una persona ciega puede ser compensada por los otros sentidos<sup>7</sup>, es por esto que se genera la necesidad de aprovechar la mayor parte de información que se pueda adquirir a través de los sentidos; tacto, oído, olfato y el gusto.

Por lo presentado anteriormente, se plantea estimular el sentido de la escucha generando sonidos que apoyen el proceso de aprendizaje en infantes con discapacidad visual, permitiendo recibir parte de la información que no puede ser recibida a través de la vista, con el fin de suplir un gran porcentaje de dicha información por medio del sonido, brindando estímulos puntuales y precisos que no confundan al infante en su proceso de aprendizaje.

---

<sup>6</sup> Tomado del portal web de la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles). [En línea]. <<http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/discapacidad-visual-aspectos-generales>>

<sup>7</sup> Tomado del portal web de Psicología de la Ceguera. [En línea]. <[http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/it\\_psicologia\\_ceguera.htm](http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/it_psicologia_ceguera.htm)>

## **Metodologías de introducción a la celdilla Braille**

Según la web de educación inclusiva<sup>8</sup>, un gran número de métodos usados para la enseñanza del sistema braille, están basados en que el infante debe hacer una introducción y reconocimiento de los componentes que conforman el sistema braille; un espacio rectangular (celdilla) sobre el cual están ubicados los 6 puntos en relieve. Plantean que para esto se pueden utilizar materiales que emulan la celdilla braille en una escala mayor, puesto que las dimensiones de esta oscilan entre los 6.2mm a 6.6mm de alto y entre 3.7mm a 4mm de ancho.

Adicional a esto, el INTEF de España (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado) recomienda, en su libro “EDUCACIÓN INCLUSIVA: DISCAPACIDAD VISUAL”, en el módulo 5 llamado “EL SISTEMA BRAILLE”, realizar actividades que refuercen el proceso del aprendizaje de la lectoescritura para la enseñanza del sistema braille, como por ejemplo:

- Hacer que el proceso de lectura y escritura sean simultáneos: para lo que se han diseñado los modos de uso de la interfaz (reconocimiento, lectura y escritura); debido a que es más motivador para el aprendiz si lo aprendido se pone en práctica.

---

<sup>8</sup>Tomado del portal web de educación inclusiva del INTEF de España. [En línea].

<[www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_5/m5\\_metodo\\_ensenanza.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_metodo_ensenanza.htm)>.

- Tratar de relacionar lo enseñado con situaciones de la vida diaria de la persona; lo que se trabajará por medio de estímulos auditivos que lleven al infante a relacionar las vocales con sonidos, y así agilizar el proceso de aprendizaje.

Para esto, el infante debe haber alcanzado un nivel de dominio en destrezas previas, que no deben dejar de reforzarse, como:

- El tacto, que se trabajará por medio de distintas texturas y figuras presentes en la interfaz.

- Reconocimiento de sonidos, lo que está dado por los estímulos auditivos.

Esto se puede alcanzar también por medio de actividades específicas, correspondientes a la iniciación del sistema braille; comenzando por la ubicación y reconocimiento de la celdilla y los puntos que la conforman, como por ejemplo:

- Jugar con el muñeco Braillín, el cual posee en su cuerpo los seis puntos de la celdilla braille en dimensiones mayores.

- Ejercicios para la ubicación de los puntos, con elementos que posean seis puntos o compartimientos que puedan representar la celdilla braille con dimensiones mayores.

Ejemplos: tableros de 6 pivotes, hueveras de media docena, cajas con 6 compartimientos.



*Figura 1. Muñeco Brailín.*

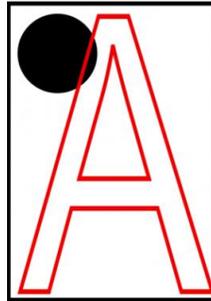
Por lo tanto, con el fin de introducir al infante al sistema Braille de manera didáctica, la celdilla braille que se encontrará en una de las superficies de la interfaz, estará en una escala mayor a la mencionada anteriormente (de 6.2mm a 6.6mm de alto y de 3.7mm a 4mm de ancho).

La celdilla braille está compuesta por seis puntos, enumerados del 1 al 6 de la siguiente forma:

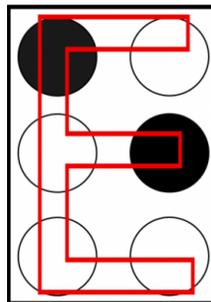


*Figura 2. Celdilla Braille.*

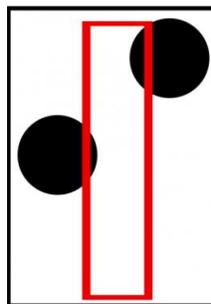
Las vocales del sistema braille, se conforman en la celdilla por medio de distintas configuraciones, las cuales se muestran en las siguientes imágenes:



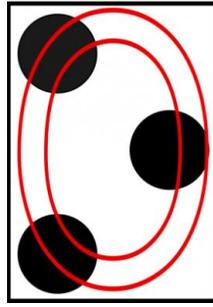
*Figura 3.* Letra “a” en el sistema braille.



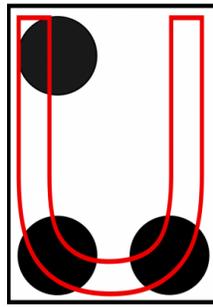
*Figura 4.* Letra “e” en el sistema braille.



*Figura 5.* Letra “i” en el sistema braille.



*Figura 6.* Letra “o” en el sistema braille.



*Figura 7.* Letra “u” en el sistema braille.

## **Diseño conceptual**

Para el desarrollo de la interfaz senso-auditiva, será necesario seleccionar entre diferentes plataformas en hardware y software que posean características que aporten a su construcción. Entre estas, están la velocidad de procesamiento, la memoria RAM, la memoria flash, capacidad de procesamiento de audio entre otras. Otra característica importante al momento de la selección, es que el Hardware o Software debe ser de uso libre; lo que permite una recolección de información como líneas de código, tutoriales, sistemas operativos que se pueden implementar sin violar los derechos de autor. Además, permite a usuarios externos la posibilidad de acceder a toda la información de este y aportar desde diferentes disciplinas en pro de mejorarlo con ayuda de otras herramientas tecnológicas, variaciones en la programación, integrarlo a otros sistemas, etc. con el fin de aportar en el proceso de aprendizaje de personas con discapacidad visual.

Entre las plataformas que se seleccionarán, deberán estar:

-Software de programación: por medio del cual se desarrollarán las órdenes y el flujo de información que permitirá el funcionamiento de la interfaz.

-Micro controlador: que permitirá la conexión de los componentes que se encargarán de la representación de las vocales del sistema braille.

-Sistema embebido: que permitirá la comunicación entre el software de programación y el micro controlador, y se encargará de reproducir los estímulos auditivos.

## **Capítulo 5**

### **4. Metodología**

#### **4.1. Enfoque de la investigación**

La investigación descrita en el presente documento, tiene un enfoque cualitativo y empírico-analítico, ya que va dirigido a brindar apoyo en el proceso de enseñanza del sistema braille por medio de una herramienta innovadora.

#### **4.2. Línea de investigación**

##### **4.2.1. Línea de investigación en la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá**

La línea de investigación a la que pertenece este proyecto, es la de “Tecnologías actuales y sociedad” debido a que se desarrolla una nueva herramienta que tiene como finalidad brindar un apoyo en el proceso educativo de una población con discapacidad.

##### **4.2.2. Sub-línea de investigación de facultad**

La Sub-Línea de investigación de la facultad de ingeniería de sonido a la que pertenece este proyecto, es “Interfaces de control aplicadas al audio”. En el presente proyecto se hace uso de instrumentación electrónica aplicada a la manipulación de señales de audio, con el fin de ayudar a una población con discapacidad.

## Capítulo 6

### 5. Desarrollo ingenieril

Con el presente proyecto, se pretende brindar un apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille a infantes con discapacidad visual, que se encuentren en la etapa de aprendizaje, haciendo uso de una interfaz multimedia senso-auditiva. Se decidió implementar en la interfaz, herramientas que incentiven a explorar y aprovechar en un mayor porcentaje los sentidos de los infantes por medio de estímulos auditivos y táctiles.

#### 5.1. Desarrollo de la interfaz multimedia

##### 5.1.1. Metodología didáctica de uso de la interfaz para la enseñanza de las vocales del sistema braille

A continuación se presentará la descripción del modo de uso de la interfaz multimedia, la cual servirá como una herramienta didáctica para el aprendizaje de las vocales del sistema braille haciendo uso de la combinación de estímulos sensoriales. Este modo de uso presenta tres niveles que serán descritos seguidamente.

##### 5.1.1.1. Nivel 1: Reconocimiento

En este nivel, la didáctica está enfocada a que el infante se familiarice con la representación de cada una de las vocales, la cual se realiza por medio de pistones en conjunto con estímulos auditivos que estarán dados por: palabras, ejemplos para cada vocal, canciones que estimulen el aprendizaje de la vocal y sonidos que representen algunas palabras que comiencen por la vocal (avión: sonido de un avión, canción: ronda infantil de las vocales). Para esto, el usuario solo debe presionar un botón con el cual se cambia de

vocal de manera ordenada (comenzando por la "a" y terminando en la "u") cada vez que lo presione. Luego de presionar el botón, se envía la configuración de pistones, un audio que le dice al infante cual vocal está tocando y los estímulos auditivos correspondientes a esta.

Cuando se termina el primer ciclo, es decir, cuando el usuario haya llegado a la "u", si se presiona el botón nuevamente el dispositivo comenzará a representar de nuevo las vocales desde la letra "a".

#### **5.1.1.2. Nivel 2: Preguntas**

En este nivel la didáctica va dirigida a evaluar las vocales. Para este módulo, se ha destinado un botón con el cual el usuario cambia de vocal de manera aleatoria. La vocal que sea escogida por el sistema, será representada por los pistones en conjunto con un estímulo auditivo de los que se utilizan en la etapa de reconocimiento; pero a diferencia del nivel 1, no se le dirá explícitamente al usuario cuál vocal es. Seguido de esto, por medio de un audio se le preguntará al infante qué vocal está tocando; para responder a ésta pregunta, el infante tiene 5 botones que son las posibles respuestas, uno destinado para cada vocal. Los botones están ubicados en orden, de izquierda a derecha comenzando por la "a" y terminando en la "u".

Si el usuario se equivoca al responder la pregunta, existe un proceso de retroalimentación en el cual se indica la respuesta correcta a través de un audio.

Si la respuesta es correcta, se enviará un audio felicitando al usuario.

Para pasar a la siguiente pregunta el usuario deberá presionar el botón mencionado al inicio de la descripción de este nivel.

### **5.1.1.3. Nivel 3: Escritura**

En este nivel, la didáctica también va dirigida a evaluar las vocales, pero a diferencia del nivel anterior, al realizar la selección aleatoria de una vocal el usuario recibirá un audio por medio del cual se le dirá la vocal que ha sido seleccionada por el sistema. Luego se le pedirá que escriba ésta vocal y seguido de esto, se reproducirá un estímulo auditivo que represente a la vocal y que haya sido utilizado en los dos niveles anteriores.

Para escribir la vocal, la interfaz senso-auditiva cuenta con 6 botones los cuales representan los 6 puntos de la celdilla braille y cumplen la función de activar o desactivar los pistones. Por medio del uso de éstos botones el infante deberá conformar la combinación correcta de “puntos” de la celdilla braille correspondiente para la vocal seleccionada por el sistema.

Para contestar la pregunta el infante no tendrá un límite de tiempo, es decir, podrá demorarse el tiempo que requiera para conformar la vocal y en el momento en el que quiera saber si su respuesta es correcta, deberá presionar otro botón que será un "intro", el cual, al ser presionado envía la orden al sistema de evaluar la respuesta del usuario.

Si la respuesta dada por el infante es correcta, se enviará un audio felicitándolo.

Si la respuesta es incorrecta, se le dará una retroalimentación representando la configuración correcta de la vocal por medio de los pistones.

Para pasar a la siguiente pregunta, el usuario deberá presionar el botón mencionado al inicio de la descripción de este nivel.

A esta interfaz multimedia se le ha asignado el nombre de “cajita de vocales”, debido a que la población que se va a trabajar está compuesta por infantes de 3 a 5 años.

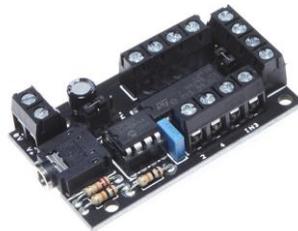
Para poder implementar la didáctica de aprendizaje de las vocales en sistema braille, se propone un sistema que consta de componentes en hardware y software, que permitirán la interacción del usuario con la interfaz. Por lo anterior se describen a continuación los dispositivos constitutivos de la interfaz:

## **5.2. Selección de componentes para el desarrollo de la interfaz senso-auditiva**

### **5.2.1. Microcontroladores**

Para la selección del micro controlador que se utilizará para el desarrollo de este proyecto, se realizó una comparación entre las especificaciones de distintas placas; entre las cuales se encuentran:

- **Picaxe-08**



*Figura8.* Placa Picaxe-08.

Es un micro controlador de Microchip PICmicro™ que permite cargar como máximo 40 líneas de código.

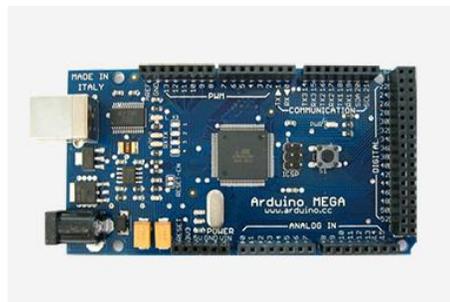
- **Ti msp430**



*Figura9.* Placa TI MSP30 de Texas Instruments.

Éste es un micro controlador de Texas Instruments de bajo consumo de corriente.

- **Arduino Mega 2560.**



*Figura 10.* Placa Arduino Mega 2560.

Arduino es una plataforma de hardware libre, con un micro controlador.

A continuación se encuentran las especificaciones de las tres placas:

**Tabla 1. Especificaciones técnicas de las placas Arduino 2560, Ti msp430 y Picaxe**

**08.**

<b>Dispositivo</b>	<b>PICAXE-08</b>	<b>TI MSP430</b>	<b>Arduino Mega 2560</b>
<b>Velocidad (ClockSpeed)</b>	4 MHz	16 MHz	16 MHz
<b>Memoria Flash</b>	14 B	2 KB	256 KB
<b>Memoria Ram</b>	1 KB	128 B	8KB
<b>Voltaje de operación</b>	5V	1.8V – 3.6V	5V
<b>Alimentación recomendada</b>	-	-	7 V-12V
<b>Pines digitales</b>	4	10	54
<b>Pines analógicos</b>	1	10	16
<b>Corriente DC por Pin I/O</b>	20mA	-	40mA

*Tabla 1. Especificaciones Técnicas de las placas Arduino 2560, TI MSP430 y Picaxe-08.*

Las características de la placa Arduino Mega son ideales para el desarrollo del presente proyecto, debido a que se hará uso de 21 puertos digitales al interactuar con pulsadores para conmutar entre las diferentes vocales e ingresar la configuración braille de las mismas y ninguna de las otras placas posee esta cantidad de puertos digitales. Entre las actividades que realizarán estos puertos de Arduino, también se encuentra disparar los diferentes pistones permitiendo tener control sobre la representación de las vocales en sistema braille. Esta placa fue diseñada originalmente para fines educativos, por lo anterior es un dispositivo de uso libre al igual que su software de programación, esto brinda adicionalmente, acceso a una gran cantidad de documentación que permite una interacción más completa con el dispositivo, beneficiando la construcción de las diferentes fases del proyecto y su alcance en proyectos a futuro.

Es relevante también, recalcar la importancia que tiene el voltaje que con el que opera en sus salidas (5V), ideal para el funcionamiento de los pistones que se detallan en el desarrollo del documento.

### **5.2.2. Software de programación**

Para seleccionar el software que se utilizó para desarrollar los algoritmos de programación requeridos, se hicieron comparaciones entre Max/MSP y Pure Data, los cuales fueron diseñados con el fin de programar aplicaciones enfocadas al audio.

El que se seleccionó fue Pure Data, debido a que es una plataforma de software libre y es gratuito, lo que beneficia el alcance a futuro del proyecto y posibles mejoras por parte de quien se vea interesado.

- **Pure Data**

Es un software de programación mediante objetos que está diseñado para realizar procesamientos en tiempo real. Al igual que Arduino, ésta también es una plataforma de uso libre lo que genera ventajas en cuanto a documentación. Para el presente proyecto es necesario hacer uso de un software capaz de controlar las entradas y salidas de una placa de Arduino y ejercer determinados procesos dependiendo de lo que se obtenga en las entradas. Este software además, está creado para implementar programación en el campo del sonido y la imagen, lo que permite tener un mayor y mejor control en cuanto a la interacción entre entradas y salidas de la interfaz multimedia y los estímulos sonoros que serán reproducidos en la misma. También es necesario que el software sea compatible con

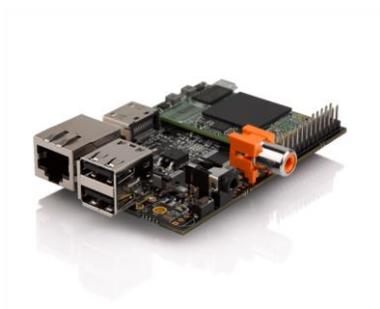
un sistema operativo específico (RASPBIAN); el cual es el sistema operativo del sistema embebido Raspberry Pi 2 B.

Accediendo a información, se encontró que el software Pure Data es compatible con el sistema operativo escogido, lo que beneficia al proyecto, además manteniendo una de sus características importantes que es ser un software de uso libre.

### 5.2.3. Sistemas embebidos

Para la selección del sistema embebido que debía utilizarse para el desarrollo de este proyecto, también se realizó una comparación entre varias tarjetas, entre las cuales estaban:

- **Hummingboard – i1**



*Figura 11.* HummingBoard-i1.

HummingBoard es un sistema embebido desarrollado por la empresa SolidRun.

- **BeagleBone Black**



*Figura 12.* BeagleBone Black.

Es un sistema embebido de BeagleBoard basado en el procesador XAM3359AZCZ100 Cortex A8 ARM de Texas Instruments.

- **Raspberry Pi B+.**



*Figura 13.* Raspberry Pi Model B+.

Esta es una plataforma de Raspberry Pi Foundation creada como herramienta de enseñanza.

- **Raspberry Pi 2 B.**



*Figura 14.* Raspberry Pi 2 Model B.

Esta es una plataforma de Raspberry Pi Foundation creada como herramienta de enseñanza.

**Tabla 2. Especificaciones técnicas de los sistemas embebidos Raspberry pi, Beaglebone Black y Hummingboard – i1.**

<b>Dispositivo</b>	<b>HUMMINGBOARD – i1</b>	<b>BLEAGLEBONE BLACK</b>	<b>RASPBERRY PI B+.</b>	<b>RASPBERRY PI 2 B.</b>
<b>Velocidad (ClockSpeed)</b>	-	-	700 MHz	900 MHz
<b>Memoria Ram</b>	512MB	512MB	512MB	1 GB
<b>Almacenamiento</b>	Tarjeta MicroSD	Tarjeta MicroSD	Tarjeta MicroSD	Tarjeta MicroSD
<b>USB</b>	2 Puertos USB 2.0	1 Puerto USB 2.0	4 Puertos USB 2.0	4 Puertos USB 2.0
<b>Alimentación</b>	5V	210-460mA a 5V	600mA hasta 1.8A a 5V	900mA hasta 1.8A a 5V
<b>Pines GPIO</b>	26	-	40	40
<b>Salida de Audio</b>	Coaxial Mono	HDMI	Jack 3.5mm, HDMI	Jack 3.5mm, HDMI
<b>Salida de Video</b>	HDMI	HDMI	HDMI	HDMI
<b>Puerto Ethernet</b>	10/100 Mbps	10/100 Mbps	10/100 Mbps	10/100 Mbps

*Tabla 2. Especificaciones Técnicas de los sistemas embebidos Raspberry Pi, BeagleBone Black y HummingBoard – i1.*

Tras evaluar las especificaciones de las opciones presentadas anteriormente, se seleccionó el sistema embebido Raspberry Pi 2 B para el desarrollo de este proyecto, debido a que la tarjeta HummingBoard – i1 no posee una salida de audio estéreo por cable Jack, al igual que la BeagleBone Black. Ésta salida es necesaria para conectar un sistema electro acústico estéreo y reproducir archivos de audio que serán utilizados como estímulos auditivos, los cuales serán explicados en el desarrollo de este documento. Adicional a esto,

el sistema embebido que posee mejor compatibilidad con el software Pure Data es Raspberry Pi 2 B.

Raspberry Pi 2 B es un sistema embebido que lleva integrado un microprocesador, al compararlo con el modelo anterior Raspberry Pi B+ se aprecia que hay una gran diferencia en cuanto a su capacidad de memoria RAM, ya que se incrementa al doble, y también en su velocidad de procesamiento. Esto lo convierte en un compacto, completo y funcional ordenador. A diferencia de Arduino, al tener un microprocesador puede trabajar con sistemas operativos, permite ejecutar varias tareas simultáneas y con alta velocidad de procesamiento. Raspberry es un hardware de uso libre, por ende, al igual que Arduino y Pure Data, cuenta con una gran cantidad de documentación y tutoriales para su correcto uso.

Este hardware, al funcionar como un pequeño ordenador, es ideal para ejecutar Pure Data, que estará instalado en la Raspberry por medio del sistema operativo RASPIAN, que es compatible con el software. Entre las características a destacar de este hardware, está su alta velocidad de procesamiento y su salida de audio estéreo, que como ha sido mencionado anteriormente, es fundamental para el desarrollo de la interfaz multimedia.

Se hace la selección de las plataformas de hardware y software anteriores debido a que éstas brindan las características que corroboran con el desarrollo del proyecto; sobre el sistema embebido Raspberry PI se instala el software Pure Data y a la misma se conecta la placa de Arduino. De esta última se usan las entradas y salidas, las cuales son de rápido acceso, ideales para conectar los pistones y pulsadores. Estas entradas y salidas serán controladas por el software Pure Data A través de la Raspberry PI. Al enlazar los 3

elementos nombrados se obtiene el correcto funcionamiento de la interfaz multimedia de forma tal que el usuario solo necesite alimentarla de una toma de voltaje y prenderla sin necesidad de realizar ninguna configuración; todo va predeterminado en el sistema embebido, lo que hace que la interfaz sea de fácil acceso y uso.

#### **5.2.4. Mecánica de la interfaz senso-auditiva**

La mecánica de la interfaz multimedia está dada por el movimiento de los pistones, los cuales son activados o desactivados por Pure Data a través de Arduino. Esto depende de la vocal y del módulo en el que se encuentre el usuario. Los pistones funcionan a 5 Voltios, que son generados por las salidas de Arduino.

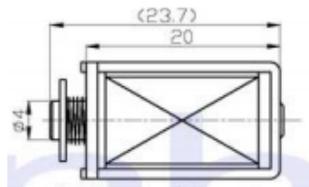
Se usaron 6 motores solenoides (pistones) de la marca Sparkfun en la versión Small de 5 voltios, ideales para conectar con Arduino ya que las salidas de este manejan 5 voltios. Estos motores permiten inducir movimiento lineal, lo que se traduce en empujar o retraer; característica fundamental para controlar cada uno de los 6 puntos que componen la celdilla braille realizándola o retrayéndola dependiendo de la vocal. Los motores solenoides tienen una elongación máxima de 6mm y cuentan con un conector de 2 pines.



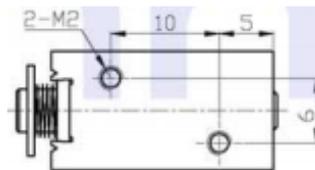
*Figura 15.* Motor Solenoide 5V (Pistón).

Cada uno de los 6 motores solenoides estará conectado a cada una de las 6 salidas del Arduino destinadas para generar la representación de las vocales del sistema braille. Al recibir los 5 voltios, el motor solenoide se activara empujando una esfera metálica que estará ubicada sobre la parte superior del pistón, que se extiende y se contrae. Ésta esfera quedara sobresaliendo de la superficie destinada a ser la rejilla del sistema braille, permitiendo ser identificada por el sentido del taco al momento en el que el usuario toca la superficie de la interfaz.

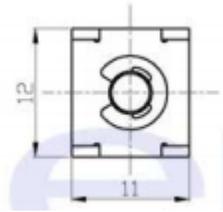
Las medidas de cada motor solenoide son: 23.7 mm de largo sin extensión y 29.7mm con extensión, 12mm de ancho y 11mm de alto.



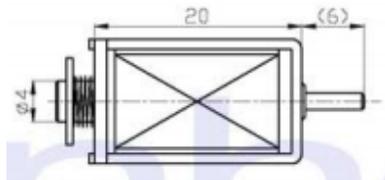
*Figura 16.* Vista lateral del motor solenoide.



*Figura 17.* Vista superior del motor solenoide.



*Figura 18.* Vista frontal del motor solenoide.



*Figura 19.* Vista lateral del motor solenoide extendido.

### 5.2.5. Pulsadores

Un pulsador o interruptor, es un dispositivo electrónico que permite o interrumpe el flujo de corriente a través de un circuito al que esté conectado. Para el proyecto se usaron varios tipos, con diferentes formas pero con la misma función; permitir el paso de corriente y de esta manera enviar una señal a Arduino, y este a su vez al algoritmo desarrollado en Pure Data.

Estos son los distintos tipos de pulsadores que se implementaron en la interfaz multimedia:

## Pulsador de membrana



*Figura 20.* Pulsadores de membrana

### - Botón pulsador arcade

Tamaño aproximado (L\*W\*H): 33mm x 33mm x 65mm.



*Figura 21.* Boton Pulsador Arcade Triangular.

Este tipo de pulsadores está compuesto por tres terminales: NC, NO, COM. Para la interfaz, se utilizan los terminales NO, y COM. El terminal NO, indica que el circuito está abierto y solo se cerrara en el momento que se oprima el botón; el circuito se cierra por medio del COM, que es la masa del botón. A continuación se presenta una imagen de los terminales:

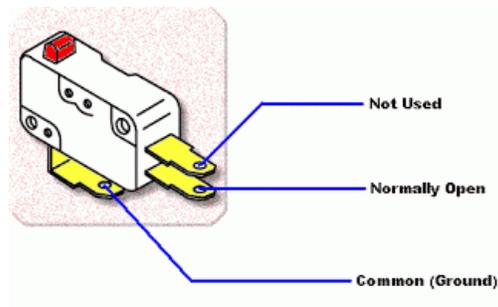


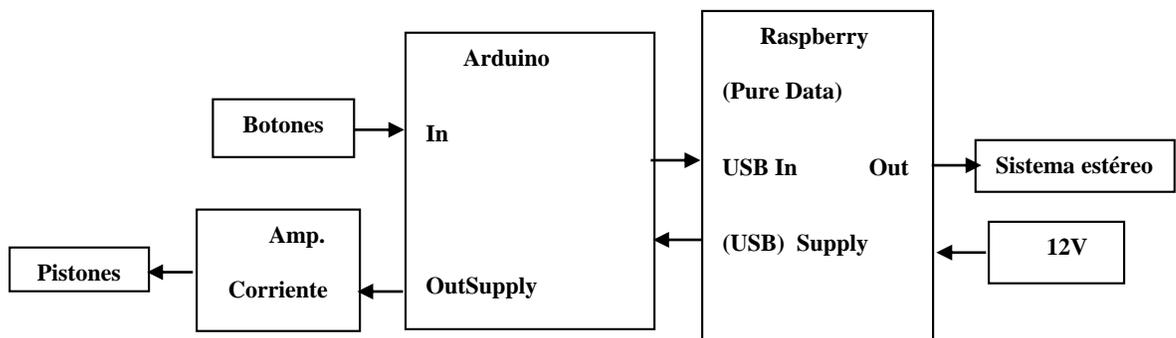
Figura 22. Terminales del pulsador Arcade.



Figura 23. Botones Pulsadores Arcade y de membrana.

### 5.2.6. Esquema de conexión de los componentes de la interfaz senso-auditiva

En el siguiente esquema, está representada la conexión de todos los elementos que conforman la interfaz multimedia.



Esquema 1. Conexión de componentes.

En el sistema embebido Raspberry se encuentra el software Pure Data, en donde se ha desarrollado el algoritmo que define las ordenes de funcionamiento de la interfaz. Estas ordenes controlan los puertos de la placa Arduino, por lo tanto el Arduino debe estar conectado al sistema embebido.

En el Arduino se encuentran conectados los botones, que trabajan como entradas de Arduino y que definen las acciones de la interfaz; y también los pistones, que son las salidas por medio de las cuales se representan las vocales. Esta representación se encuentra acompañada de estímulos auditivos, los cuales son reproducidos por un sistema estéreo de altavoces conectado al sistema embebido en su salida de audio.

La Raspberry debe estar conectada a una fuente de alimentación de 12V.

La alimentación del Arduino está dada por uno de los puertos USB del sistema embebido.

Para el correcto funcionamiento de los pistones, fue necesario diseñar un amplificador de corriente debido a que, a pesar de que los puertos digitales de Arduino nos brindan los 5V que se requieren, no nos brindan la corriente necesaria; solo dan 60mA y para que los pistones funcionen adecuadamente, necesitan entre 500 mA y 1A cada uno.

Para cada pistón se construyó un amplificador de corriente independiente, para lo que fue necesario el uso de transistores.

### **5.3. Desarrollo del algoritmo para el funcionamiento de la interfaz senso-auditiva**

De acuerdo con lo planteado anteriormente, se desarrolla un algoritmo en Pure Data que permite que la interfaz funcione con respecto a los lineamientos de la metodología didáctica propuesta. Este algoritmo estará cargado en el sistema embebido, el cual, como se mostró en el diagrama de conexión, controlará las entradas y salidas del microcontrolador Arduino.

A continuación se mostrará el proceso realizado para el desarrollo de programación de la interfaz senso-auditiva.

#### **5.3.1. Configuración de la Raspberry**

En primer lugar, se debe realizar la instalación del sistema operativo RASPBIAN (Debian Wheezy) en el sistema embebido RASPBERRY PI 2B, el cual se descargó desde la página web de Raspberry [[www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)]. Con ayuda del software WIN32 Disk Imager, se crea una imagen del sistema operativo y se guarda en una memoria MicroSD, la cual se conecta después a la Raspberry Pi 2B. La placa debe estar apagada al conectar la MicroSD. Luego de esto, para proceder con la instalación del sistema operativo RASPBIAN es necesario conectar una pantalla, un mouse y un teclado a la placa Raspberry para visualizar y seleccionar las opciones de instalación del sistema operativo.

Una vez instalado el sistema operativo en la Raspberry, se procede a realizar la instalación del software Pure Data y el software Arduino por medio del terminal de Raspberry, el cual recibe órdenes en lenguaje de programación Linux.

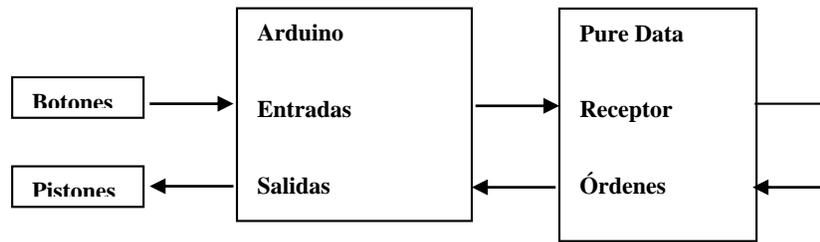
### 5.3.2. Configuración de Arduino

Se implementa el sketch StandardFirmata en el hardware de Arduino, el cual permite la comunicación entre PureData y el microcontrolador. Esta comunicación se realiza para poder manejar y visualizar las entradas y salidas análogas y digitales de la placa de Arduino desde otras plataformas. En este caso se manipulan y visualizan las entradas y salidas de Arduino por medio de un software diseñado en PureData.

Haciendo uso del aplicativo “Pduino”<sup>9</sup> en PureData, se procede a realizar el desarrollo de las instrucciones necesarias para representar las vocales del sistema braille, lo que se logra manipulando las salidas digitales de la placa Arduino, las cuales controlarán los pistones, elementos mecánicos seleccionados para representar físicamente las vocales.

---

<sup>9</sup> Aplicativo tomado de < <https://puredata.info/downloads/pduino> >



*Esquema 2.* Esquema general de la comunicación entre el software desarrollado en la plataforma Pure Data y la placa Arduino.

### 5.3.3. Desarrollo del algoritmo en Pure Data

Para el funcionamiento de la interfaz, se deben declarar algunos puertos del Arduino como entradas y otros como salidas. Las entradas son para los pulsadores, los cuales al ser presionados envían información al software desarrollado en Pure Data. Esta información es procesada en el software y por medio de una serie de condicionales, se selecciona una orden que controla las salidas del Arduino, las cuales han sido asignadas para la activación y desactivación de los pistones.

Las instrucciones desarrolladas en Pure Data están dadas para controlar seis salidas digitales de Arduino, cada una asignada a un pistón que representa un punto de la celdilla braille. Esto se realiza, en principio, por medio de seis pulsadores, los cuales van a las entradas digitales independientes de la placa.

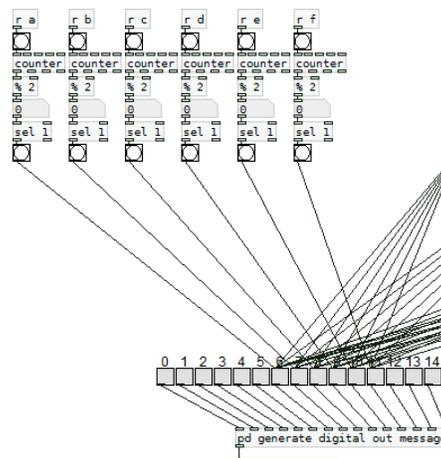
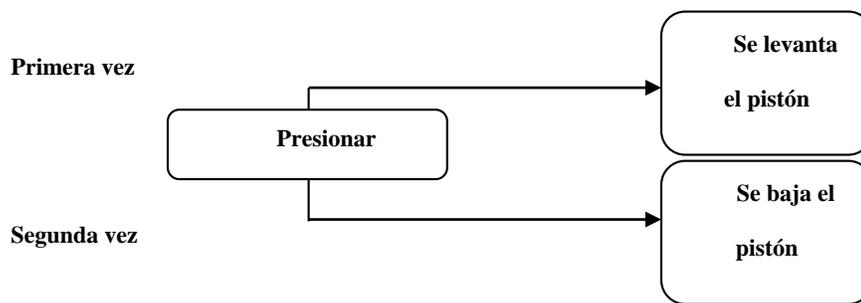


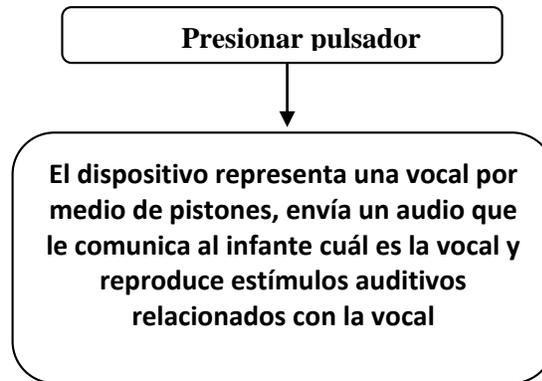
Figura 24. Control de pistones.



Esquema 3. Funcionamiento del control de pistones.

En la figura anterior (figura 25), se encuentran las órdenes que controlan los pistones conectados a la placa, lo que se realiza por medio de la información recibida por el uso de los pulsadores. Al oprimir uno de estos pulsadores, el pistón correspondiente al pulsador será activado; al volverlo a oprimir el mismo pistón será desactivado. Cada salida de la placa Arduino está representada por un togglebutton en Pure Data.

- **Programación del Primer nivel: Reconocimiento**



*Esquema 4.* Diagrama de flujo del primer nivel de la interfaz multimedia.

Para el primer modo de uso, que es de reconocimiento, el dispositivo le da a conocer al usuario cada una de las vocales por medio de la representación braille dada por los pistones y por medio de estímulos auditivos, que le dicen al usuario qué vocal está tocando y le da ejemplos representativos de la vocal. En este modo, el usuario puede cambiar de vocal de manera ordenada comenzando por la letra “a” y finalizando en la “u” haciendo uso de un pulsador, es decir, cada vez que el usuario presione el pulsador el dispositivo cambia de letra. Al llegar a la letra “u”, si el usuario vuelve a presionar el pulsador, el dispositivo volverá a mostrar la letra “a” y seguirá cambiando de vocal de manera ordenada cada vez que el usuario presione el pulsador.

El desarrollo de las instrucciones en PureDatase realizó mediante la obtención de la información del uso de un pulsador, el cual controla un contador que va de 0-4 en pasos de 1. Cada vez que el usuario presiona el pulsador, se le suma +1 al valor del contador. Cada

valor del contador corresponde a una combinación de salidas digitales y cada combinación corresponde a una vocal.

En el contador, el valor de 0 corresponderá a la letra “a” y el valor de 4 a la letra “u”. Para poder obtener la representación de las vocales del sistema braille por medio de los pistones, cada vez que el usuario presiona el pulsador lo primero que se hace es enviar la orden de desactivar todos los pistones y al mismo tiempo se envía un tiempo de espera de 500 ms, lo cual es necesario para que el software pueda realizar la acción de desactivar los pistones que se encontraban activos, representando una vocal sin interferir con la siguiente orden, que será activar la combinación de pistones correspondiente con el valor del contador que se obtenga.

Junto con la orden de representar una vocal del sistema braille, se envía la orden de activar un audio que le dice al usuario cuál es la vocal que está siendo representada por medio de los pistones, y seguido de esto, se envía otra orden que activa otro audio, en este caso reproduciendo un estímulo auditivo que consta de un ejemplo representativo de la vocal.

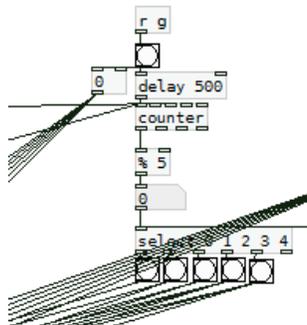
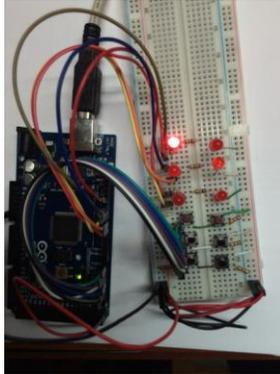


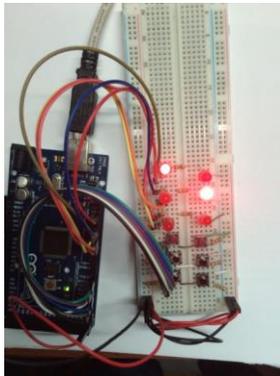
Figura 25. Contador.



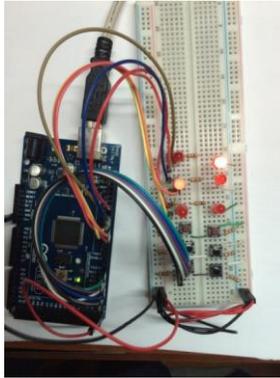
Inicialmente, se utilizaron diodos LED que permitieran controlar y verificar el funcionamiento de este nivel, además de visualizar de forma rápida la representación de las vocales del sistema braille.



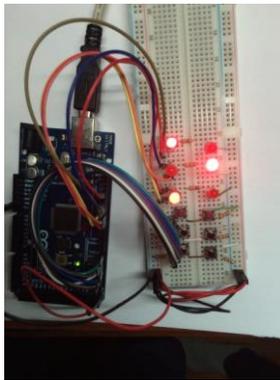
*Figura 27.* Representación de la letra “A” en el sistema braille por medio de diodos LED.



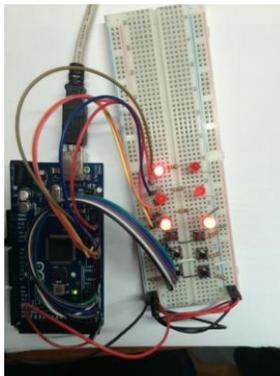
*Figura 28.* Representación de la letra “E” en el sistema braille por medio de diodos LED.



*Figura 29.* Representación de la letra “T” en el sistema braille por medio de diodos LED.

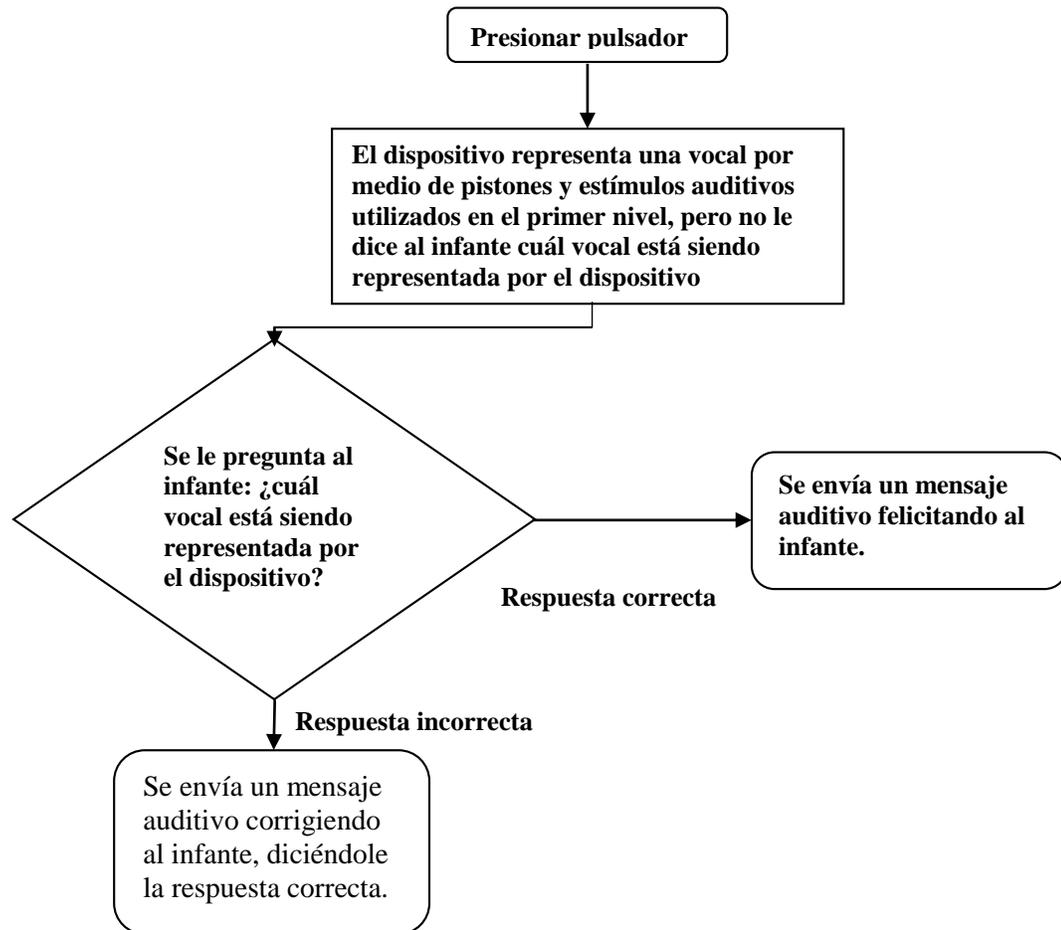


*Figura 30.* Representación de la letra “O” en el sistema braille por medio de diodos LED.



*Figura 31.* Representación de la letra “U” en el sistema braille por medio de diodos LED.

- **Programación del segundo nivel: Preguntas**



*Esquema 6.* Diagrama de flujo del segundo nivel de la interfaz multimedia.

Para el segundo modo de uso, en el que se le evalúan las vocales al infante, tras oprimir un pulsador que envía la orden al software de seleccionar una vocal de forma aleatoria, se hace la representación de la vocal con los pistones. Esto se logra mediante la función “random” de Pure Data y se encarga de seleccionar un valor entre 0 y 4. Cada uno de estos valores posee una combinación diferente de envíos los cuales van cada uno a una salida que representa un pistón.

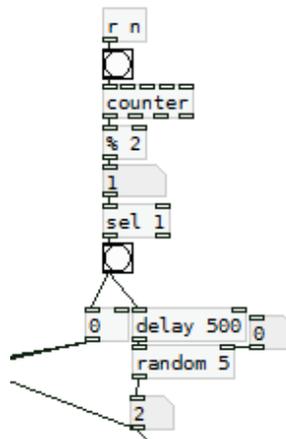
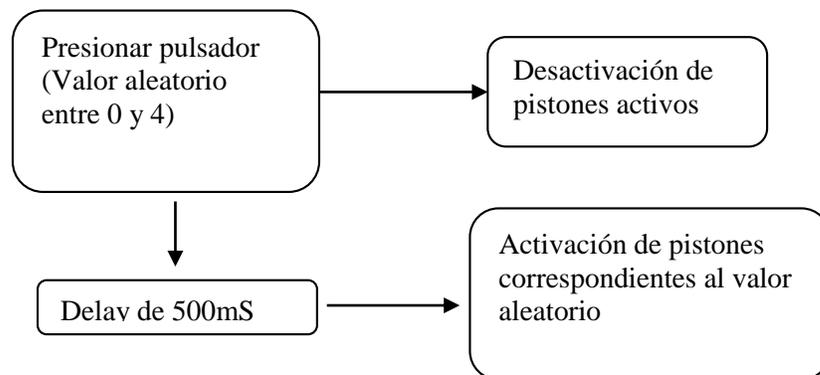


Figura 32. Orden de enviar un valor aleatorio cada vez que se presione el pulsador.



Esquema 7. Funcionamiento aleatorio de selección de vocal.

Al seleccionar la vocal, el software envía mensajes de activación de los pistones requeridos para conformar la vocal y a su vez, envía la orden de reproducir un estímulo auditivo que representa a la vocal.

Después de enviar este estímulo, se reproduce otro audio en el que se le pregunta al infante ¿cuál vocal está tocando?, para lo cual tiene 5 opciones de respuesta que están dadas

por 5 pulsadores. Cada uno de estos pulsadores posee un valor de 0-4, cada uno correspondiente a cada vocal.

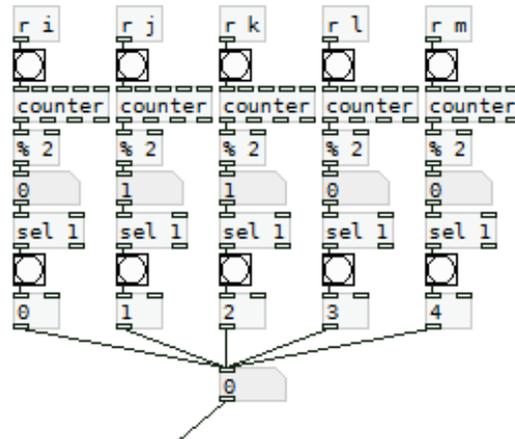


Figura 33. Opciones de respuesta.

En la figura (34), se presenta la segunda parte del segundo nivel, en donde encontramos cada una de las opciones de respuesta que tiene el infante. Aquí vemos que cada opción de las 5 posibles envía un valor de 0-4 dependiendo de la opción escogida.

Tras hacer la selección de la posible respuesta, el software realiza una comparación lógica entre el valor de la vocal escogida por el usuario y el valor de la vocal escogida por el sistema. Si son iguales ( $==1$ ), se envía un mensaje auditivo felicitando al infante por la respuesta correcta, y si son diferentes ( $==0$ ), lo que quiere decir que el infante se equivocó, se envía la orden de reproducir un audio que le diga cuál era la vocal que se había representado con los pistones y con el estímulo aditivo.

Cada vez que el usuario seleccione una posible respuesta el software realizará la comparación.

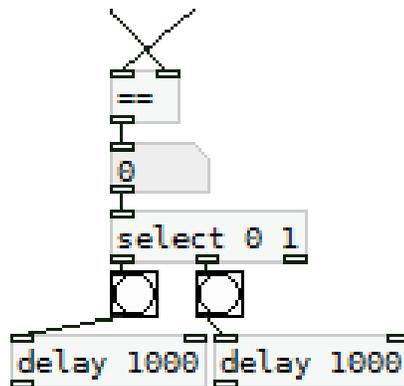


Figura 34. Comparador que determina si la respuesta es correcta o incorrecta.

Para poder pasar a la siguiente pregunta de este nivel, el usuario debe oprimir de nuevo el pulsador que selecciona una vocal de manera aleatoria.

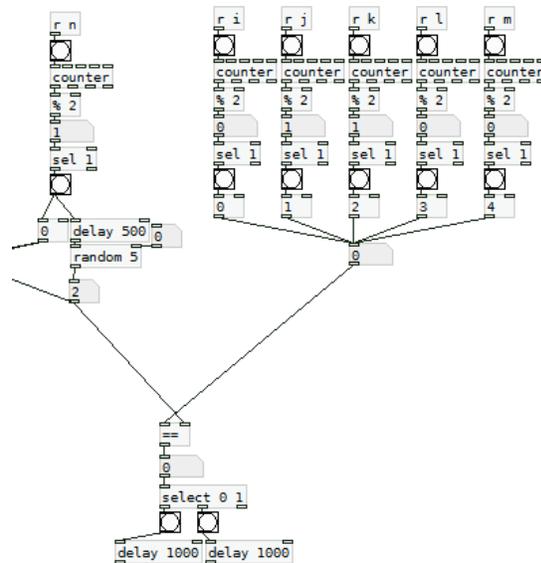


Figura 35. Esquema completo en PureData del algoritmo desarrollado para segundo nivel.

A continuación se encuentran las representaciones de las vocales del sistema braille por medio de pistones:



*Figura 36.* Representación de la letra “A” en el sistema braille por medio de pistones.



*Figura 37.* Representación de la letra “E” en el sistema braille por medio de pistones.



*Figura 38.* Representación de la letra “T” en el sistema braille por medio de pistones.

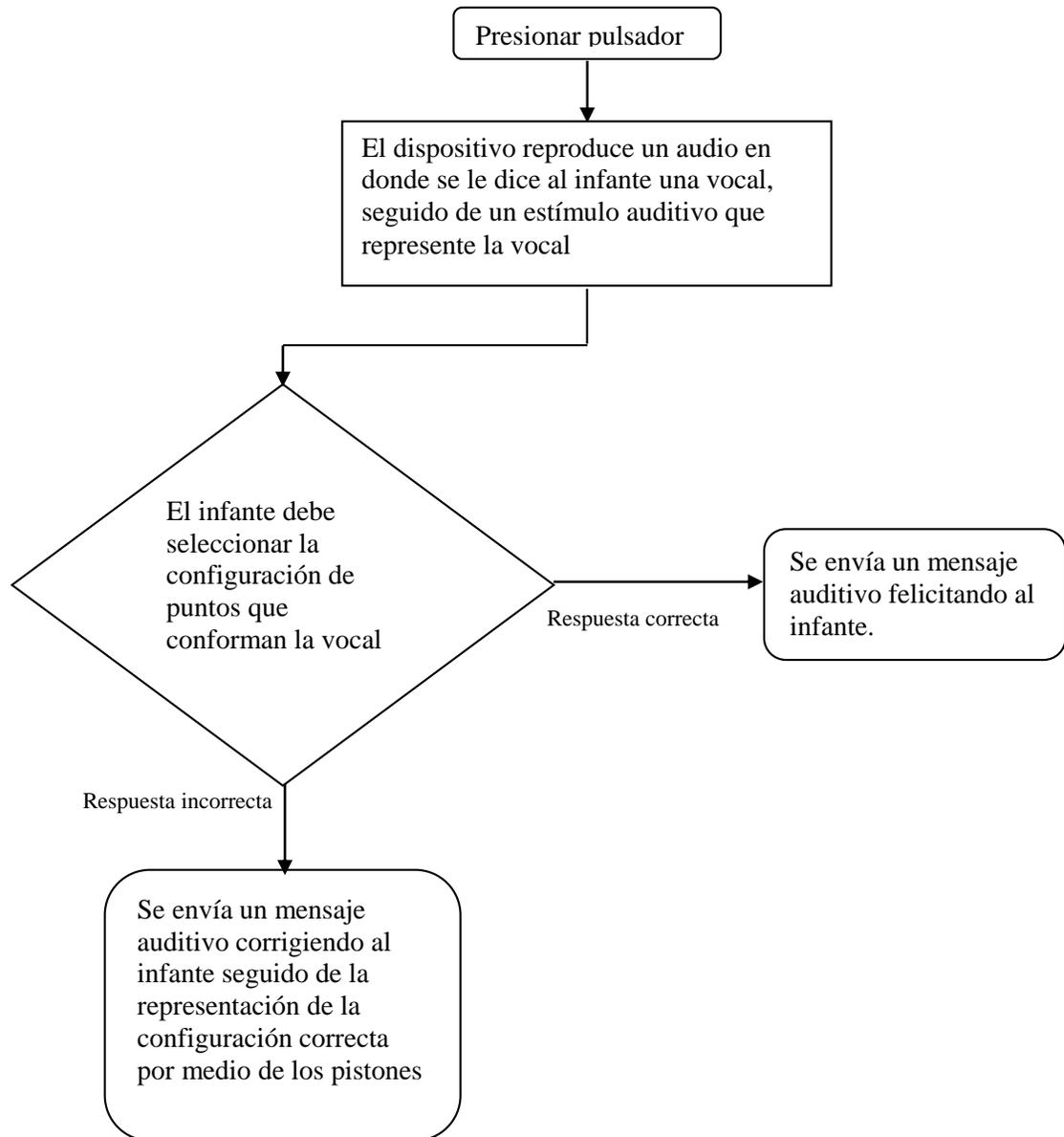


*Figura 39.* Representación de la letra “O” en el sistema braille por medio de pistones.



*Figura 40.* Representación de la letra “U” en el sistema braille por medio de pistones.

- **Programación del tercer nivel: Escritura**



*Esquema 8.* Diagrama de flujo del tercer nivel de la interfaz multimedia.

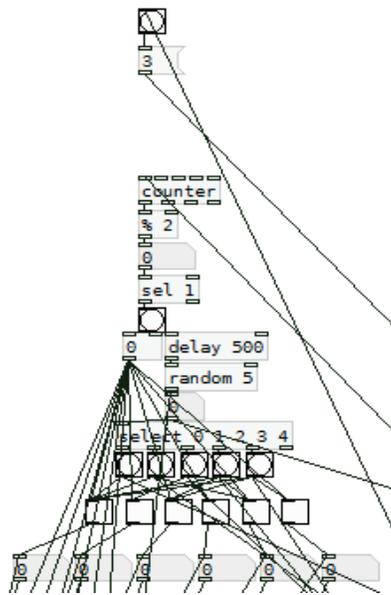
Para el tercer modo de uso, en el que se evalúan las configuraciones de puntos en la celdilla braille que corresponden a cada vocal, el usuario debe oprimir un pulsador que envía la orden al software de seleccionar una vocal de forma aleatoria, y seguido de esto, envía la orden de reproducir un audio con la descripción de la vocal seleccionada, en conjunto con un estímulo auditivo que la representa.

Luego de que el sistema representa la vocal por medio de los pistones y los mensajes auditivos, se envía otro mensaje auditivo en el que se le pide al infante que conforme la vocal seleccionada por medio de los pistones, que son controlados por botones que los activan o desactivan.

Para este módulo de respuesta, cada punto de la celdilla braille tiene asignado un valor numérico. Cuando el infante proceda a responder introduciendo una configuración de puntos, también se realizará una suma que estará comprendida por todos los valores correspondientes a la configuración seleccionada. Ésta suma no es ejecutada hasta que el usuario presione un botón de “INTRO”, el cual se encarga de realizar la suma de las componentes y de enviar la respuesta al software; lo que permite que el infante pueda tardar el tiempo que requiera para contestar.

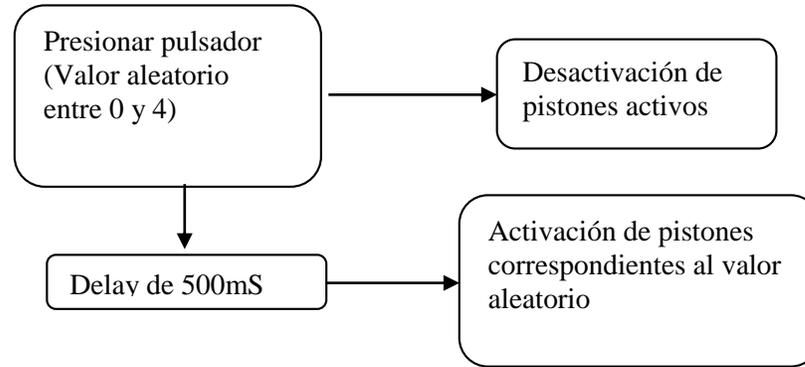
El valor numérico de cada punto de la celdilla braille depende de una comparación lógica (0 o 1). La comparación se realiza entre los componentes de la vocal seleccionada de forma aleatoria por el software y los puntos seleccionados por el infante. Si el infante selecciona correctamente uno de los puntos, el valor para este punto será de 1; y si el infante no selecciona un punto que debe ser seleccionado, la comparación dará un valor de

0 para el punto que el infante seleccionó. Estos componentes numéricos son dirigidos a una suma, la cual, si nos da un valor igual a 6, indica que todas las comparaciones realizadas por el software tuvieron un valor de 1, por lo tanto, el infante habrá seleccionado de manera correcta la configuración de la vocal preguntada. Si el resultado de la suma arroja un valor diferente de 6, esto indica que el infante cometió uno o más errores al conformar la vocal.

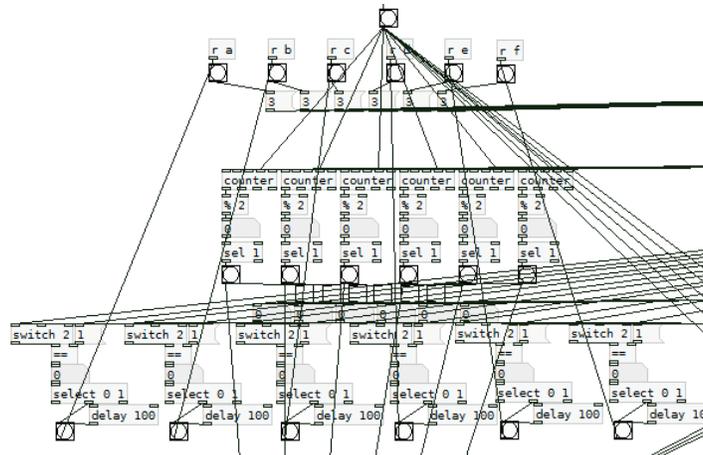


*Figura 41.* Selección aleatoria de vocales.

En la figura (41), se presenta la primera parte del nivel 3, en donde el software elige de manera aleatoria una vocal.



*Esquema 9.* Funcionamiento de selección aleatoria de vocal.



*Figura 42.* Módulo de respuestas.

En la figura (35), se presenta el modulo dedicado a la respuesta del infante. Para cada punto de la celdilla braille se tiene un pulsador, como ha sido explicado anteriormente. Al igual que en la sección de selección de vocal aleatoria, en esta sección también se utiliza un control, el cual cumple la función de eliminar la configuración actual cada vez que se cambia de vocal.

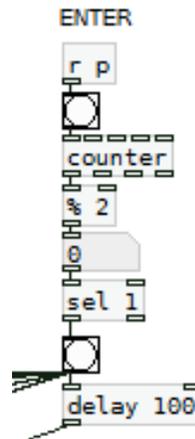
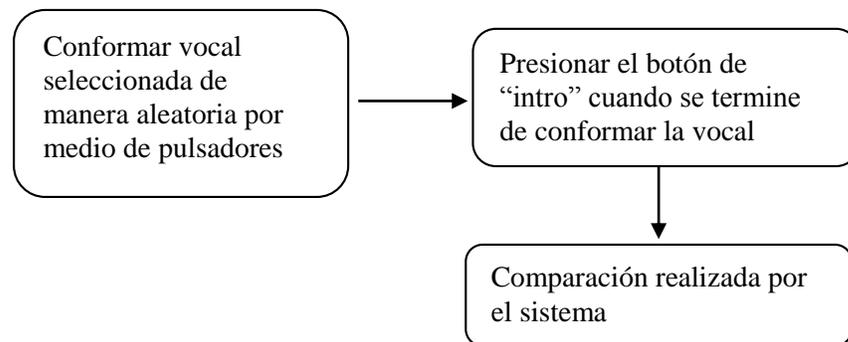


Figura 43. Botón “intro”.



Esquema 10. Funcionamiento de respuesta del nivel 3.

Al final, si la respuesta es correcta se le enviará un mensaje auditivo felicitando al infante.

Si la respuesta no es correcta se le hará una retroalimentación representándole la combinación correcta por medio de los pistones.

Para el cambio de vocal que se realiza cada vez que el usuario presiona el botón de selección aleatoria, se desarrolla un control que borra la configuración anterior, lo cual permite que no haya conflicto entre una configuración y otra.

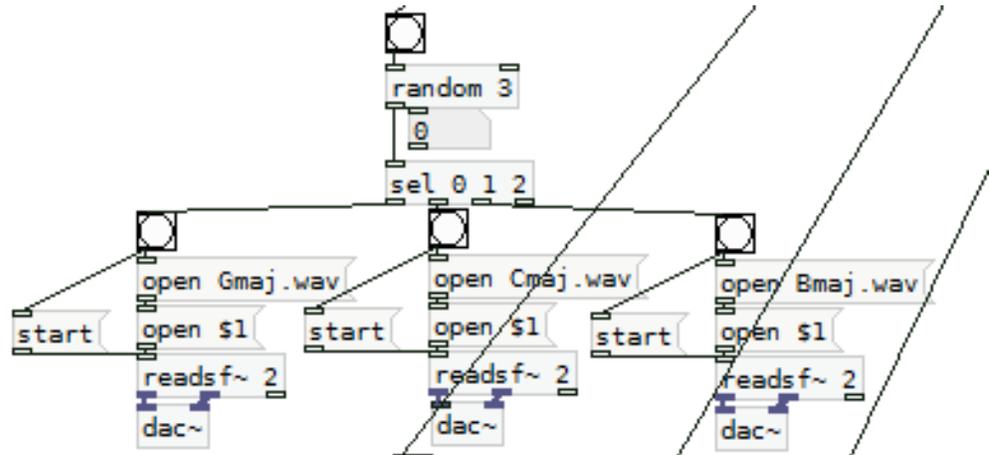


Figura 44. Selección de audio a reproducir.

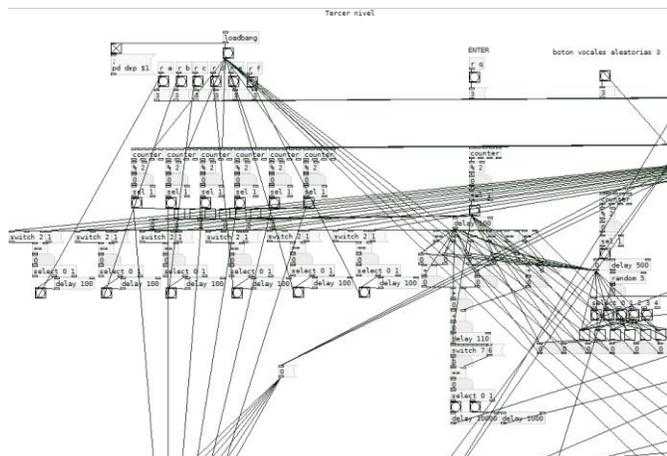
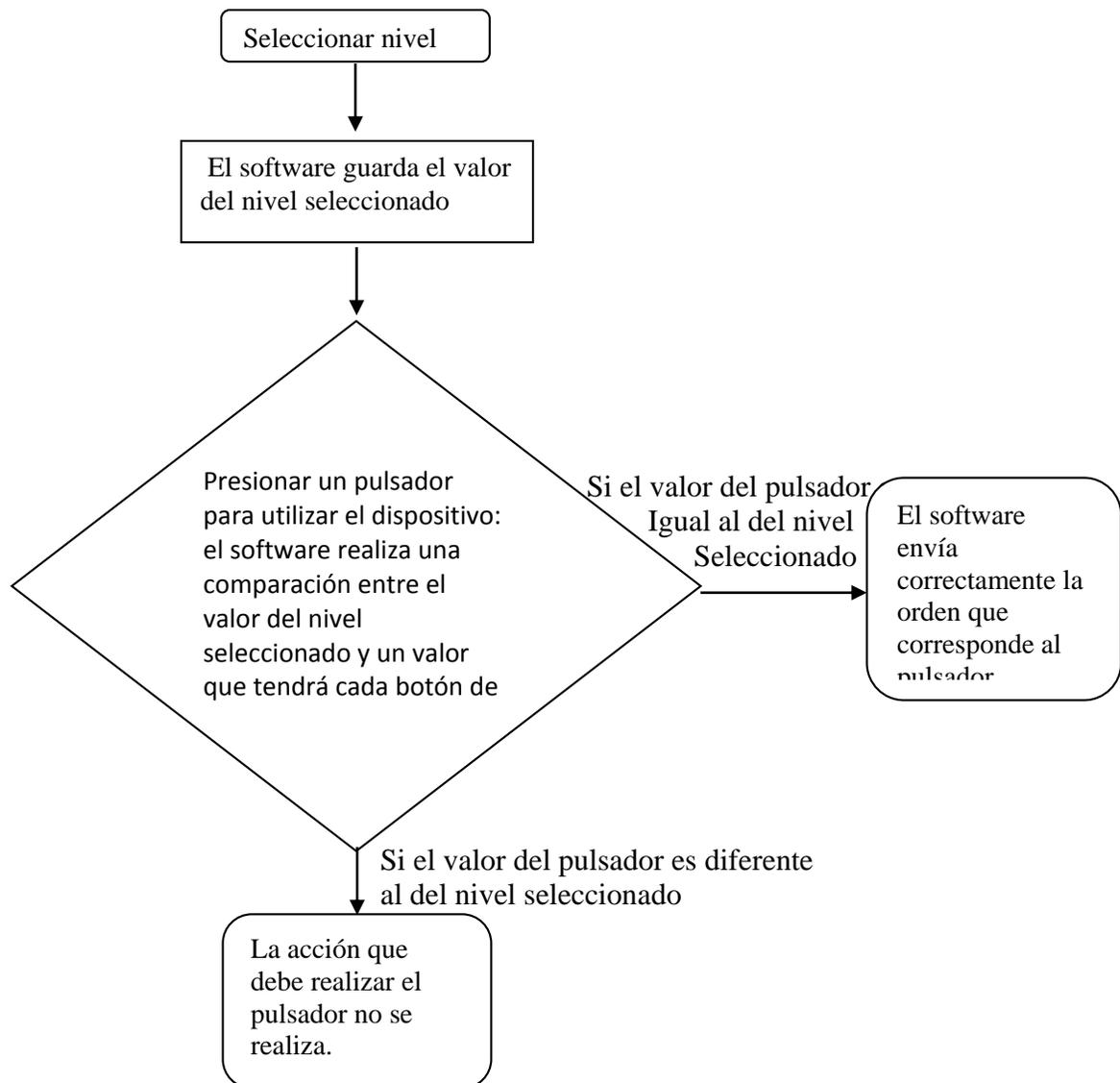


Figura 45. Vista general del algoritmo desarrollado en Pure Data para el tercer nivel.

En la Figura (44) se encuentra el algoritmo desarrollado en PureData que se encarga de seleccionar de manera aleatoria un audio entre tres opciones. Esta metodología se utiliza para cada acción que represente la reproducción de un audio, por lo tanto, siempre habrán tres posibles opciones de audios a reproducir para cada sección de la interfaz.

- **Programación de la selección de nivel**



*Esquema 11.* Diagrama de flujo de la selección de nivel de la interfaz multimedia.

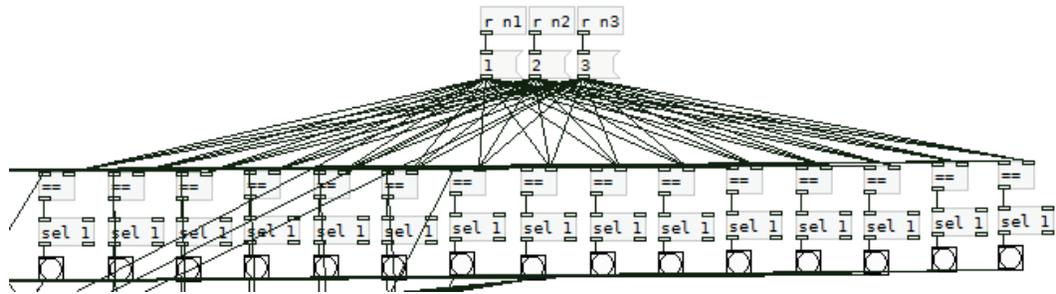
Para seleccionar el nivel que el infante utilizará en la interfaz, se han asignado 3 pulsadores, uno para cada nivel.

Para evitar errores en el funcionamiento de la interfaz, se ha desarrollado un control que le permitirá al infante, en caso de oprimir un pulsador correspondiente a un nivel diferente al seleccionado, seguir en el nivel que ha sido seleccionado y sin enviar la acción correspondiente al pulsador presionado por error. Esto se hizo por medio de una comparación lógica que se realiza al presionar cada pulsador.

Cada pulsador posee una enumeración que corresponde al nivel del que hace parte, por lo tanto, si uno de los pulsadores hace parte del nivel uno, éste tendrá un valor igual a uno. La comparación lógica se realiza entre el valor del nivel seleccionado (entre 1 y 3) y el valor que posee cada pulsador (entre 1 y 3).

Al realizar la comparación, si el resultado lógico es igual a 1, se enviará la orden correspondiente al pulsador presionado; si el resultado lógico es igual a 0, lo que indica que el pulsador presionado no hace parte del nivel de uso seleccionado, no se enviará la orden.

Para que este control funcione de manera correcta, primero se debe hacer la selección de nivel y luego proceder a su uso.



*Figura 46.* Módulo de selección de nivel.

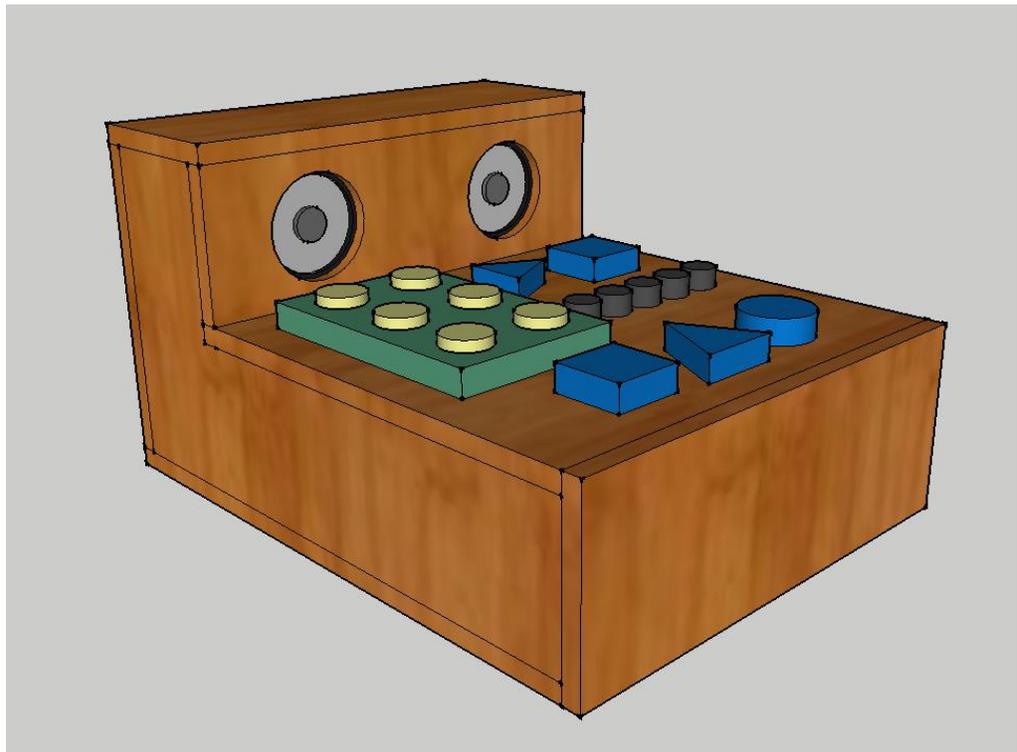
En la Figura (46), se puede visualizar el módulo de selección de nivel, en donde se realiza la comparación lógica para cada pulsador de la interfaz.

#### 5.4. Desarrollo físico de la interfaz senso-auditiva

La interfaz multimedia cuenta con 16 pulsadores para su funcionamiento, los cuales están divididos por secciones:

- Seis pulsadores que conforman la celdilla braille.
- Tres pulsadores, cada uno para seleccionar un nivel de uso diferente.
- Cinco pulsadores que son las posibles respuestas del segundo nivel.
- Un pulsador para el “intro”.
- Un pulsador para la opción “siguiente”.

Adicional a esto, la interfaz cuenta también con el sistema de reproducción estéreo, que será utilizado para la reproducción de los estímulos auditivos y mensajes del tutor virtual. Esto puede visualizarse en la Figura (51).

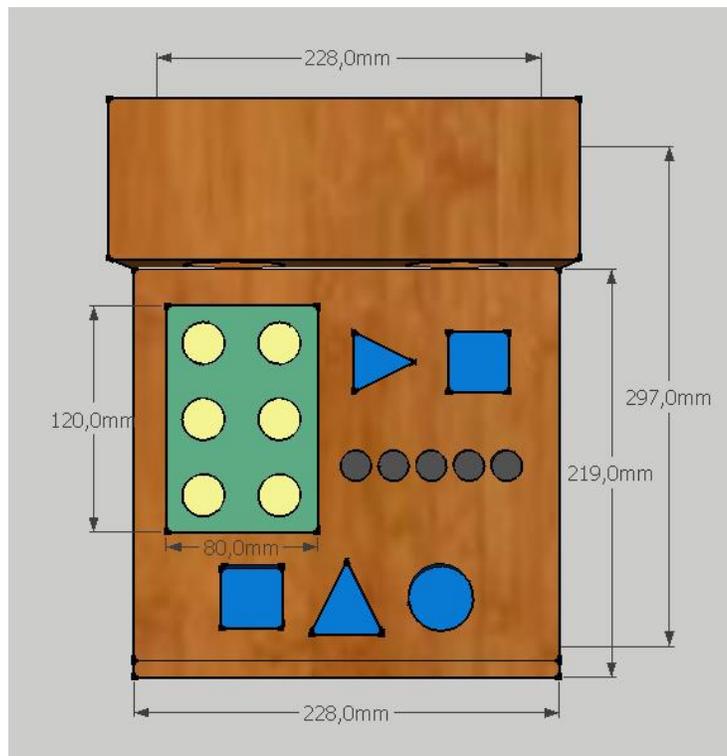


*Figura 47. Interfaz Multimedia Vista Isométrica.*

Con el fin de introducir al infante al sistema braille de manera didáctica, las medidas de la celdilla que se encuentra en la interfaz multimedia son: 12 cm de largo, 8cm de ancho.

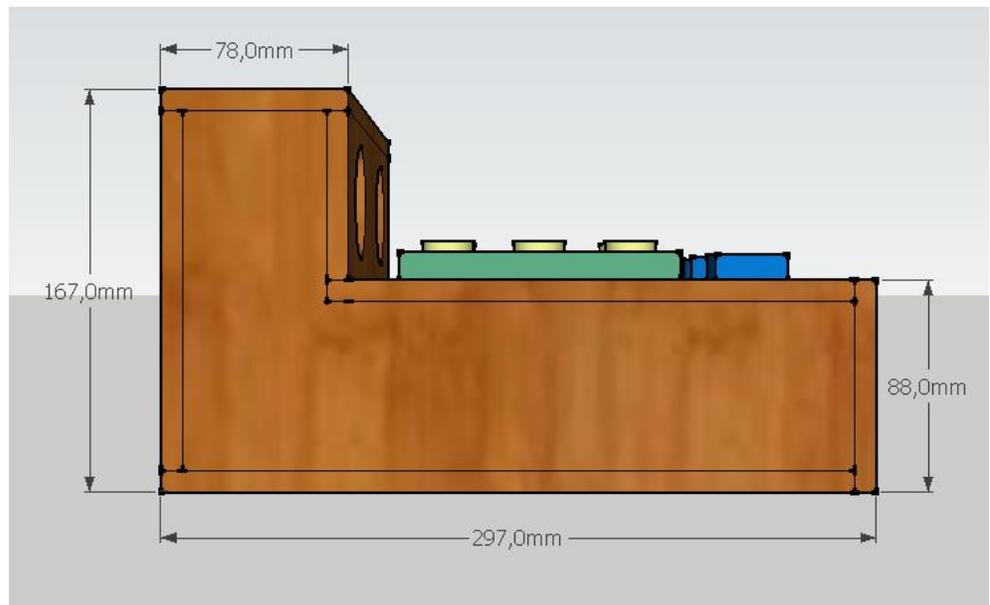
Para motivar el aprendizaje estimulando el tacto de los infantes, se han seleccionado pulsadores con formas y texturas diferentes.

Estas características pueden visualizarse en la Figura (49).

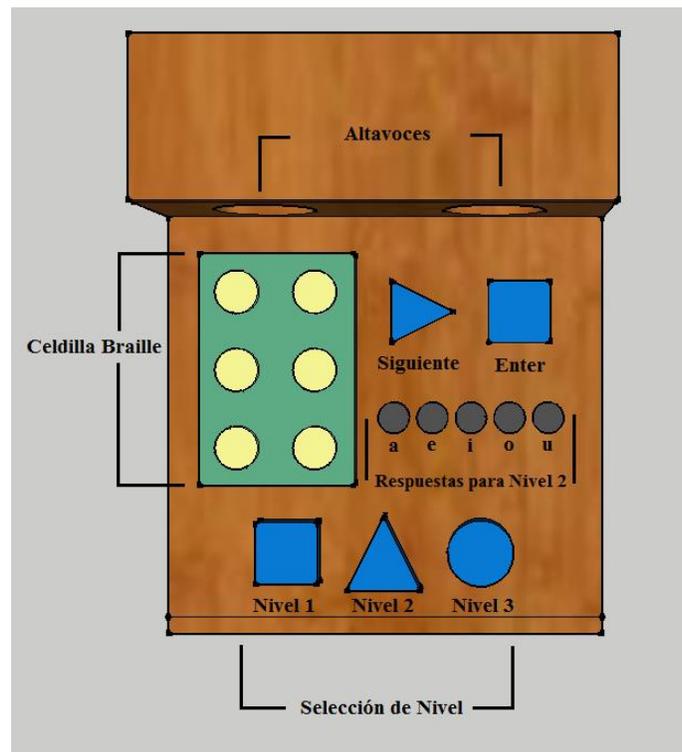


*Figura 48. Interfaz Multimedia Vista Superior.*

Las medidas de la interfaz multimedia son: 27 cm de largo, 25 cm de ancho, 8 cm de alto para la sección en donde se encuentran los pulsadores y 13 cm de alto para la sección en donde se encuentran los altavoces. Esto puede verse en la Figura (49) y en la Figura (49).



*Figura 49.* Interfaz Multimedia Vista Lateral.



*Figura 50.* Interfaz Multimedia Descripción General.

Se obtiene como producto final una interfaz multimedia automatizada, elaborada con madera de tipo MDF de 9mm, compuesta por: botones con diferentes formas geométricas y texturas para una identificación cómoda y una correcta operación de estos, una celdilla braille de 12cm de largo por 4cm de ancho compuesta por seis pelotas de caucho que representan los puntos de cada vocal y un sistema estéreo de altavoces.



*Figura 51.* Interfaz Multimedia.



*Figura 52.* Interfaz Multimedia destapada

## Capítulo 7

### 6. Pruebas de la interfaz senso-auditiva

Una vez culminado el proceso de desarrollo de la interfaz multimedia, se procede a la realización de pruebas con la misma para evaluar el impacto que tiene sobre los infantes con discapacidad visual. Para esto, fue pertinente llevar a cabo inicialmente unas pruebas piloto con las que se corroboró que la interfaz estaba funcionando de manera correcta y que cumplía con el objetivo de apoyar el proceso de aprendizaje de las vocales del sistema braille, lo anterior a través del uso de la metodología planteada, la cual está basada en generar una relación entre el sentido del tacto y el sentido auditivo; esto por medio del signo generador<sup>10</sup> de la interfaz multimedia y los estímulos auditivos brindados por la misma para cada vocal. Además de esto, con las pruebas piloto se buscó tener datos de referencia que se pudieran comparar con los resultados obtenidos al realizar las pruebas con los infantes con discapacidad visual, y de esta manera, llevar a cabo un análisis con respecto al impacto generado en las dos poblaciones.

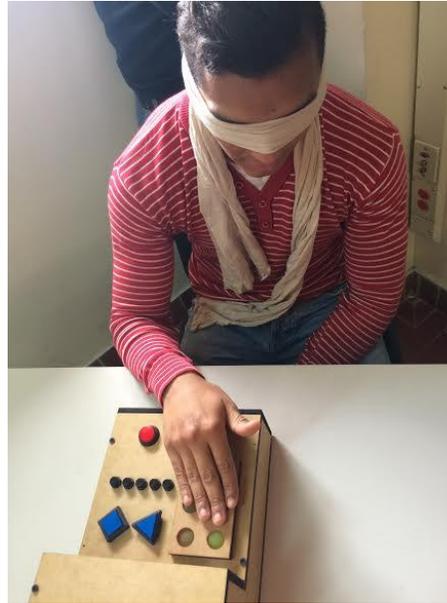
#### 6.1. Pruebas población control

Con el fin de ensayar la interfaz multimedia, corroborar su funcionamiento y además asegurar que esta ya estuviera lista para ponerse a disposición de los infantes con discapacidad, se decide realizar pruebas piloto con sujetos que no tienen discapacidad, evaluando el tiempo que les toma avanzar por cada nivel y el reconociendo de las vocales.

---

<sup>10</sup> Signo generador, sinónimo de celdilla braille

Para lo anterior se realizaron 17 pruebas piloto, estas se hicieron con adultos entre 20 y 25 años, se optó por vendar los ojos de los sujetos de prueba al momento de usar la interfaz, con el fin de simular la interacción de una persona discapacitada visual con la interfaz multimedia.



*Figura 53.* Sujeto de prueba usando la interfaz.

La prueba piloto se llevó a cabo por medio de 3 sesiones; una sesión por cada nivel de la interfaz. En la primera sesión el usuario tiene el primer acercamiento con la interfaz; para esto se ubica al sujeto en un espacio tranquilo, en donde el nivel de ruido es bajo, para que este pueda concentrarse en los sonidos que emite la interfaz, se procede vendando los ojos del sujeto, esto sin haberle enseñado la interfaz multimedia, esta se tuvo guardada mientras se hacía el procedimiento anterior para que el reconocimiento de la interfaz fuera por medio del tacto y no por medio de la visión, una vez el sujeto ubicado en un escritorio y con los ojos vendados se pone la interfaz a disposición del usuario para que este empiece con el

reconocimiento de la misma; conociendo de manera táctil (debido a que sus ojos están vendados) las dimensiones de la misma, la ubicación de cada sección: niveles, respuestas, signo generador y los botones que conforman cada una de estas; gracias a sus formas geométricas. Además de esto, en esta sesión el usuario es introducido al sistema braille a través de la celdilla a gran escala que tiene la interfaz, partiendo con el reconocimiento de las vocales de este sistema. Para el reconocimiento, cada usuario fue libre de repetir el primer nivel las veces que le fuesen necesarias para reconocer y aprender correctamente la configuración de los puntos para cada vocal. En esta sesión no se estableció un límite de tiempo, debido a que cada usuario tiene un proceso de aprendizaje diferente. Al final de esta primera sesión, se le preguntó a cada usuario la configuración de las vocales con el fin de corroborar el conocimiento adquirido.

En el transcurso de esta primera sesión se hizo un registro de la duración en tiempo que le tomo a cada sujeto para culminar la misma, además del número de repetición que requirió cada uno para reconocer y aprender la configuración de los puntos de cada vocal, estos datos se presentan en la tabla (5).

La segunda sesión consistió en hacer uso de la interfaz en el segundo nivel, el cual está conformado por preguntas aleatorias de las vocales; en donde el usuario ingresa una respuesta correspondiente a la pregunta que realiza la interfaz. Para esta sesión se estipularon 20 preguntas y se registró el número de aciertos por cada sujeto además del tiempo de duración en esta segunda sesión, los resultados se presentan en la tabla (5).



*Figura 54.* Sujetos de prueba usando la interfaz en el nivel 2.

La tercera y última sesión consistió en el uso de la interfaz seleccionando el tercer nivel, para este el usuario debió conformar las vocales del sistema braille por medio de la celdilla de la interfaz respondiendo a las preguntas aleatorias que realizó la misma. Para esta sesión fueron estipuladas 15 y al igual que en las sesiones anteriores, se realizó registro de duración en tiempo y de las respuestas correctas. Esto se presenta en la tabla (5).

## **6.2. Pruebas en infantes con discapacidad visual**

Con el fin de evaluar el impacto del uso de la interfaz multimedia desarrollada como apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille en infantes con discapacidad visual, se procede a realizar pruebas con la población a la que va dirigida este proyecto. Para esto, se presentó la propuesta de realizar las pruebas del proyecto en la institución educativa distrital José Félix Restrepo, en donde se ejerce la educación inclusiva, característica fundamental para llevar a cabo el estudio. Esta institución tomó la propuesta de manera positiva y brindó el apoyo requerido en la sede de jardín y primaria, ofreciendo el apoyo del personal docente y destinando a 8 infantes para realizar las pruebas.

Previo a las pruebas, la tiflóloga Liliana Soler de la institución educativa de la sede de jardín y primaria, realizó una revisión de la propuesta, demostró interés en el proyecto y procedió a colaborar con el mismo.

Para llevar a cabo las pruebas con cada uno de los infantes, fue necesario contactar a las personas responsables de ellos, lo que se hizo a través de un consentimiento informado (revisar Anexo-) el cual debía ser diligenciado y firmado otorgando el permiso para proceder a realizar las pruebas con los infantes. De los 8 infantes destinados por el colegio para realizar las pruebas, 7 dieron una respuesta positiva.

La prueba diseñada para los infantes con discapacidad visual consistió, al igual que la prueba piloto, en 3 sesiones sin límite de tiempo, cada una compuesta por el uso de uno de los niveles. Estas se llevaron a cabo de manera individual con cada infante en el aula de

tiflogía, en presencia de la tiflóloga, los dos desarrolladores del proyecto, el infante y en algunas ocasiones la moderadora<sup>11</sup>el infante.

La primera sesión estuvo basada en el reconocimiento de la interfaz, con el fin de que los infantes identificaran cada una de sus secciones: signo generador, selección de nivel, selección de respuesta del nivel dos y los botones de “siguiente” e “intro”. Luego de esto, se le explica al infante de manera detallada la función que cumple cada botón y se le indica el procedimiento que debe llevar a cabo para comenzar con el primer nivel, destacando la importancia que tiene escuchar las instrucciones y estímulos auditivos emitidos por la interfaz. Siguiendo a esto, se enciende la interfaz y el infante procede a jugar el primer nivel.

Para iniciar la segunda sesión, fue necesario indicar al infante el proceso que debe llevar a cabo para utilizar de manera correcta la interfaz en el segundo nivel, ayudándole a identificar la sección de respuestas para este nivel; haciendo un reconocimiento táctil de los 5 botones destinados como posibles respuestas. Este nivel está conformado por preguntas aleatorias de las vocales en donde el usuario ingresa una respuesta correspondiente a la pregunta que realiza la interfaz. Para esta sesión se estipularon 20 preguntas a manera de evaluación y se registró el número de aciertos por cada sujeto además del tiempo de duración de cada usuario en esta sesión, los resultados se presentan en la tabla (6).

La tercera y última sesión, consistió en el uso del tercer nivel de la interfaz, en donde se le pide al infante que escriba las vocales del sistema braille respondiendo a las preguntas

---

<sup>11</sup> Moderadora: Es la persona capacitada para asistir al infante con discapacidad, su función es la de realizar un acompañamiento y brindar apoyo al infante en el entorno educativo.

aleatorias que esta realiza. Para esto fue necesario indicar al infante la forma en que debe introducir las respuestas, ya que para este nivel se deben oprimir los puntos en el signo generador dependiendo de la vocal que se requiere conformar, y se debe presionar el botón de “intro” para enviar la respuesta al sistema. Esta sesión estuvo conformada por 15 preguntas a manera de evaluación. Se hizo registro de duración en tiempo y cantidad de aciertos de cada infante.

Los infantes que realizaron las pruebas se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Lista de infantes con discapacidad visual para pruebas de la interfaz multimedia**

<b>INFANTE</b>	<b>EDAD</b>	<b>CURSO</b>
<b>Infante 1</b>	6 años	Transición
<b>Infante 2</b>	10 años	Primero
<b>Infante 3</b>	7 años	Primero
<b>Infante 4</b>	10 años	Segundo
<b>Infante 5</b>	10 años	Segundo
<b>Infante 6</b>	11 años	Segundo

*Tabla 3.* Lista de infantes con discapacidad visual para pruebas de la interfaz multimedia.

Como se observa en la Tabla (3), los infantes no se encuentran en preescolar, pero algunos se encuentran en la etapa de aprendizaje de las vocales del sistema braille ya que presentaban dificultades o confusiones al momento de leerlas o escribirlas, por lo tanto fue pertinente realizar las pruebas de la interfaz con los infantes.





*Figura 56. Infante 1*

Para las siguientes sesiones, se procede a corroborar que la confusión que tenía, se haya aclarado por medio de la evaluación que se realiza con las preguntas de lectura del nivel dos y de escritura del tercer nivel.

### **6.2.2. Infante 2.**

Este infante presenta dificultades al momento de escribir en el sistema braille, debido a que presenta confusión en la configuración de las letras. Por este motivo, se hizo énfasis en el tercer nivel sin dejar de lado los dos primeros con el fin de solucionar las dificultades de escritura de las vocales.



*Figura 57. Infante 2*

### 6.2.3. Infantes 3, 4 y 5

Estos infantes ya se sabían las vocales del sistema braille, por lo tanto, el propósito con ellos era profundizar la lecto-escritura de las vocales a través de la interfaz multimedia, aplicando la metodología desarrollada y generando una relación entre el sistema auditivo y el táctil. Esto se realiza debido a que en el proceso de aprendizaje del alfabeto, las herramientas que se utilizan de forma convencional no están relacionadas directamente con estímulos auditivos.



*Figura 58. Infante 3*



Figura 59. Infante 4



Figura 60. Infante 5

#### 6.2.4. Infante 6.

Este infante presenta trastorno de atención e hiperactividad, lo que causa que en algunas ocasiones no preste la suficiente atención y cometa errores en el proceso de la lecto-escritura. Por lo anterior, se pretende que a partir de los estímulos auditivos el infante enfoque su concentración en las indicaciones de la interfaz y relacione lo que escucha con lo que percibe a través del tacto al interactuar con el signo generador. Al igual que con los infantes mencionados anteriormente, la prueba en este se realiza de la misma forma, llevando a cabo las tres sesiones.



*Figura 61.* Infante 6

### 6.3. Pruebas en infantes con discapacidad visual y cognitiva

Al culminar el proceso de pruebas con los infantes mencionados anteriormente, y revisando el listado de estudiantes de la institución educativa José Félix Restrepo con el personal docente, se encontró que a esta institución asisten estudiantes que, además de la discapacidad visual, presentan otras discapacidades de tipo cognitivo. A partir de esto surge el cuestionamiento ¿Qué impacto puede tener la interfaz multimedia en infantes que presentan discapacidad visual y discapacidades cognitivas?

Por lo anterior, se realizan las pruebas en dos infantes más, en este caso con discapacidad visual y discapacidades cognitivas. Estos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4. LISTA DE INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL Y COGNITIVA PARA PRUEBAS DE LA INTERFAZ MULTIMEDIA**

<b>INFANTE</b>	<b>EDAD</b>	<b>CURSO</b>
<b>Infante 7</b>	13 años	Segundo
<b>Infante 8</b>	6 años	Primero

*Tabla 4.* Lista de infantes con discapacidad visual para pruebas de la interfaz multimedia.

Al igual que con los infantes mencionados anteriormente, se intentó seguir el mismo procedimiento de la prueba conformada por tres sesiones.

A continuación se presenta el proceso realizado con cada uno de ellos.

### 6.3.1. Infante 7.

Este infante, además de la discapacidad visual, tiene discapacidad cognitiva y según sus docentes y moderadores, presenta signos de autismo pero aún no ha sido diagnosticado.



*Figura 62. Infante 7*

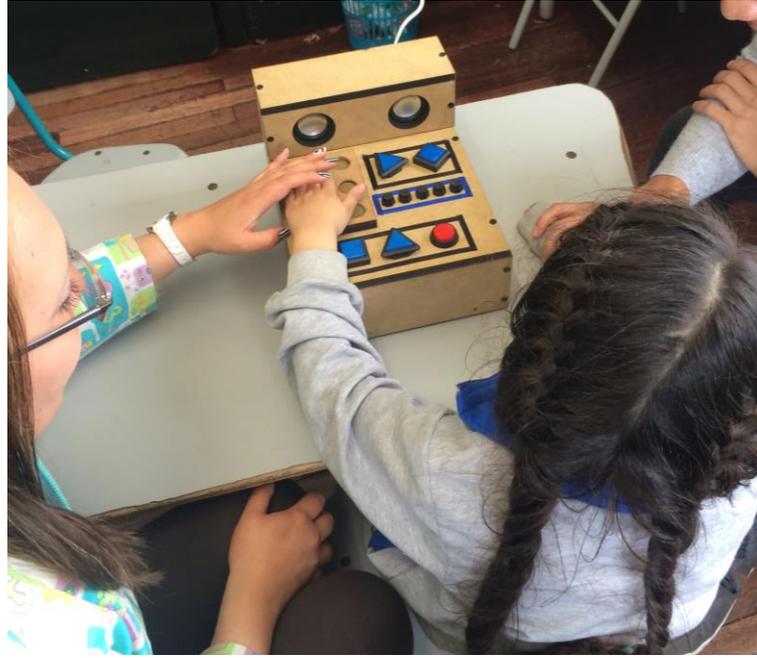
La discapacidad que este presenta, le genera grandes dificultades para concentrarse y ubicar espacialmente un objeto, por lo tanto con este infante se plantea hacer énfasis en el reconocimiento del signo generador, enfocar su atención en las instrucciones auditivas que brinda la interfaz multimedia y en los estímulos auditivos que emite la misma. Al mismo tiempo se pretende, que por medio del tacto, el infante realice el reconocimiento de la

configuración de puntos de cada vocal del sistema braille en el signo generador de la interfaz.

Este infante conoce de memoria la configuración de puntos de las vocales del sistema braille, pero debido a su discapacidad intelectual, posee grandes dificultades para la lectoescritura de estas.

### **6.3.2. Infante 8.**

Este infante, además de la discapacidad visual tiene déficit de atención, por lo que tiende a dispersarse cada vez que se le da una instrucción; además presenta hiperactividad. Este conoce de memoria la configuración de los puntos que corresponden a cada vocal, pero por su déficit de atención e hiperactividad presenta grandes dificultades al momento de leerlas y escribirlas. Por lo anterior se propone, que para este infante la prueba esté enfocada en focalizar su atención hacia la interfaz y su signo generador por medio de las instrucciones y estímulos auditivos que emite la misma.



*Figura 63. Infante 8*

## Capítulo 8

### 7. Análisis de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por medio de las pruebas realizadas utilizando la interfaz multimedia como apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille con sujetos de prueba entre los 20 y 25 años de edad y con infantes discapacitados visuales en la etapa de aprendizaje de las vocales del sistema braille y el análisis de estos resultados.

#### 7.1. Resultados pruebas piloto

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos a través de las pruebas mencionadas en el ítem anterior.

**Tabla 5. Resultados pruebas piloto de la interfaz multimedia**

Sujeto de prueba	Sesion 1. [# de Repeticiones]	Sesion 1. Tiempo [minutos]	Sesión 2. [Respuestas/20]	Sesión 2. Tiempo [minutos]	Sesión 3. [Respuestas/15]	Sesión 3. Tiempo [minutos]
Sergio Sastre	4	15	19	10	15	8
Brian Alarcon	5	15	19	9	15	10
Carolina Hernandez	2	6	20	10	14	9
Michael Bonilla	3	9	18	11	14	10
Ximena Medina	2	6	20	8	15	9
Luis Tavera	2	5	20	8	15	10
Tomás Sarmiento	2	4	20	8	15	8
Laura Medina	2	4	19	7	15	8
Breyner Suárez	8	25	20	11	14	9
Sergio Arevalo	3	8	19	9	15	8
Camila Guerra	2	5	17	9	14	9
German Bermúdez	2	5	20	7	15	8
Bernardo Torres	3	6	20	8	15	8
Clen Mosquera	2	5	20	8	15	8
Marco del Gallego	4	10	18	10	14	10
Sandy Sabio	1	4	20	7	15	7
Sebastian Ramirez	3	10	20	8	15	9
<b>PROMEDIO</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>9</b>

*Tabla 5. Resultados Pruebas Piloto de la interfaz multimedia.*

En la primera sesión, los usuarios tuvieron contacto con la interfaz por primera vez. Al momento de realizar el reconocimiento táctil, los sujetos de prueba presentaron una reacción positiva resaltando la sencilla interacción con la maquina gracias a su diseño fisco y a la variedad de figuras geométricas que poseen los botones; esto facilito que los usuarios identificaran las diferentes secciones de la interfaz y les permitió interactuar de forma cómoda con la misma.

En el momento en que se realizaban las pruebas, se observó que los sujetos de prueba no prestaron la atención suficiente a los estímulos auditivos sino que dieron preferencia a memorizar la configuración de los puntos que conforman cada vocal, lo cual realizaron por medio del tacto explorando el signo generador de distintas maneras; algunos utilizaban las dos manos para la exploración y otros utilizaban una sola mano usando las yemas de los dedos. Lo anterior se apreció al momento de iniciar la segunda sesión con los sujetos, debido a que en las primeras preguntas estos no recordaban con claridad a que vocal hacían referencia los estímulos auditivos y se esforzaban más en recordar la configuración de los puntos. Para esta primera sesión, la cantidad promedio de repeticiones que necesito cada usuario para afianzar el aprendizaje de las vocales fue de 3 repeticiones y con un tiempo promedio de 8 minutos.

En el desarrollo de la segunda sesión, se pudo apreciar que los sujetos de prueba, a diferencia de la primera sesión, presentaron una mayor concentración hacia los estímulos auditivos que utiliza la interfaz como apoyo para responder correctamente las preguntas que plantea en el segundo nivel, además de presentar mayor destreza al momento de realizar la exploración táctil sobre el signo generador y la sección de respuestas para este nivel, que

está conformado, como se menciona anteriormente, por 5 botones, cada uno correspondiente a una vocal. Los usuarios no presentaron confusiones al momento de ingresar las respuestas en este nivel.

Se tuvo como resultado que en promedio, la cantidad de errores que presento cada sujeto de prueba fue 1 de 20 preguntas. Por lo anterior, se obtuvo que los sujetos de prueba aprendieran a leer las vocales del sistema braille a través de la interfaz multimedia. En esta sesión, los usuarios tardaron en promedio 9 minutos cada uno en responder las 20 preguntas.

En la tercera y última sesión de este proceso de pruebas, los usuarios interactuaron con la interfaz de una manera fluida al momento de seleccionar el nivel, introducir respuestas y avanzar entre las preguntas debido a que ya conocían la interfaz de manera táctil, lo que les permitió trabajar con ella de manera sencilla. El nivel 3 es el nivel de escritura, por medio del cual se pretende reforzar el aprendizaje de las vocales. En esta sesión los usuarios relacionaron lo aprendido en las dos sesiones anteriores; los estímulos auditivos y la configuración de los puntos, permitiéndoles de esta manera escribir las vocales con seguridad a través de los botones ubicados en los puntos que conforman el signo generador de la interfaz. Los sujetos de prueba tardaron en promedio 9 minutos en responder 15 preguntas según los datos recolectados y presentados en la tabla (3). Estas preguntas consistían en escribir las vocales sobre la celdilla braille de la interfaz multimedia. En esta sesión los usuarios tuvieron un mínimo de error según los datos adquiridos (4 personas tuvieron una respuesta mal).

En el proceso aprendizaje de las vocales utilizando la metodología desarrollada e implementada en la interfaz multimedia, los sujetos de prueba tardaron en promedio 9 minutos en cada sesión, teniendo como tiempo promedio total 27 minutos en culminar el proceso completo de aprendizaje de las vocales del sistema braille por medio de la interfaz multimedia y teniendo un promedio de error de uno (1) por usuario, según la tabla RESULTADOS PRUEBAS PILOTO DE LA INTERFAZ MULTIMEDIA (ver tabla 3).

El error promedio obtenido en las pruebas piloto fue causado, en algunos casos, por desatención del usuario y en otros por falta de verificación de las respuestas antes de ser introducidas al sistema.

## **7.2. Evaluación del impacto del uso de la interfaz multimedia en infantes con discapacidad visual**

Al momento de llevar a cabo el proceso de apoyo de las vocales del sistema braille utilizando la interfaz multimedia, se evidenció que para cada infante el proceso de aprendizaje de las vocales es diferente, debido a que este depende de distintos aspectos directamente relacionados con su capacidad cognitiva, interacción social, déficit de atención, hiperactividad entre otros; por ende, se describen de manera individual los resultados obtenidos por cada uno de los descritos en la Tabla (3).

## **7.2.1. Análisis individual para cada infante con discapacidad visual**

### **7.2.1.1. Infante 1.**

Al momento de llevar a cabo la primera interacción entre el infante y la interfaz multimedia en la primera sesión, este presentó curiosidad y de manera previa a las instrucciones, procedió a explorar de manera táctil la superficie de la interfaz.

Ante las instrucciones dictadas, el infante realiza nuevamente la exploración táctil, esta vez de manera detallada por cada sección y corroborando lo que los tutores le indican. Un ejemplo de esto fue en la presentación de la sección de selección de nivel, cuando se le explica que estos se diferencian por figuras geométricas, el infante tocaba cada uno de los botones con el fin de reconocer que figura geométrica correspondía a cada nivel.

Una vez encendida la interfaz en esta primera sesión, el infante escuchó de manera atenta las instrucciones y procedió a seleccionar sin ninguna dificultad el pulsador cuadrado estipulado para el primer nivel de uso, que es el de reconocimiento de las vocales. Al iniciar este nivel, el infante presentó interés por las instrucciones y los estímulos auditivos emitidos por la interfaz, lo que permitió focalizar su atención en la información que brindaba la misma al mismo tiempo que exploraba la celdilla braille por medio del tacto para reconocer la configuración de puntos que conforma cada vocal.

Con el fin de reforzar el conocimiento de las vocales y aclarar la confusión entre las vocales “i” y “e” que presentaba este infante, se llevaron a cabo 5 repeticiones del primer nivel, lo que permitió al mismo identificar y aprender todos los estímulos auditivos

correspondientes a cada vocal, además de familiarizarse con el signo generador de la interfaz y reforzar el conocimiento de la configuración de los puntos de cada vocal.

En la segunda sesión, el infante tenía claridad sobre la ubicación de las secciones de la interfaz, lo que permitió una interacción más fluida al momento de responder las preguntas que esta le hacía; teniendo en cuenta que el segundo nivel requiere de mayor concentración por la cantidad de botones que se utilizan, con lo que no hubo inconveniente ya que al ingresar las respuestas el infante no tuvo dificultades. En esta sesión se pudo apreciar que en las ocasiones en que el infante no estaba seguro de cuál era la respuesta correcta, enfocaba su atención en escuchar el estímulo auditivo y de esta manera confirmaba lo que estaba percibiendo a través del tacto. Después de este proceso, procedía a ingresar la respuesta.

En la tercera sesión, el infante utilizó los estímulos auditivos como herramienta para recordar la configuración de cada una de las vocales del sistema braille. En ocasiones, este repetía de manera emotiva los estímulos auditivos luego de escucharlos, mientras ingresaba las respuestas sobre el cajetín braille. Cabe resaltar que el infante no tuvo ninguna dificultad al momento de ingresar la configuración de cada una de las vocales que solicitaba la interfaz para la evaluación, por el contrario, fue de fácil manejo y le resultó divertido presionar las esferas que representan los puntos en la celdilla.

Como resultados de la evaluación, se obtuvo que el infante no tuvo ningún error en las sesiones 2 y 3, como se puede evidenciar en la Tabla (6), por lo tanto es notorio que la confusión que existía entre las vocales “i” y “e” se solucionó por medio del uso de la interfaz multimedia.

### **7.2.1.2. Infante 2.**

Debido a la dificultad que presenta este infante en el proceso de escritura del sistema braille, se hizo énfasis en el nivel 3.

Con respecto a la introducción del infante a la interfaz, no hubo inconvenientes debido a que para este es muy sencillo diferenciar entre dimensiones, texturas y figuras geométricas. Por lo anterior, este infante reconoció todas las secciones de la interfaz de manera eficaz y fue quien tuvo menor duración en el primer nivel. Expreso gusto hacia los estímulos auditivos haciendo saber a los tutores que le agradaba lo que estaba escuchando, e incluso llego a preguntar por quién era la mujer que hablaba, ya que para él, ella tenía una voz muy bonita.

En la segunda sesión, el infante respondió de manera correcta las preguntas que realizo la interfaz multimedia, ubicando con facilidad la sección de respuestas para este nivel e identificando que botón correspondían a cada vocal. El tiempo que tardó en responder esta evaluación de 20 preguntas estuvo en el tiempo promedio que tardaron todos los infantes, que fue alrededor de los 20 minutos. Este infante expresó alegría cada vez que recibió felicitaciones por parte de la interfaz al responder correctamente.

En la última sesión, el infante presento dificultades al comienzo de la prueba, las cuales no fueron de mala escritura sino del tiempo que tardó en responder las preguntas. A medida que el infante avanzó en la evaluación, se evidenció la mejora en su agilidad para responder, es decir, escribir las vocales del sistema braille sobre el signo generador de la

interfaz. Lo anterior se puede evidenciar en la Tabla (6), donde se encuentra el tiempo que tardó en finalizar la prueba del tercer nivel.

Como resultados, este infante no tuvo errores en las evaluaciones realizadas.

### **7.2.1.3. Infante 3.**

En el proceso de introducción a la interfaz multimedia, el infante presentó una actitud tranquila y no inició la exploración de la interfaz hasta que se le dieron las indicaciones de reconocer las diferentes secciones de esta.

Al iniciar la interfaz, el infante estuvo atento a las instrucciones, las cuales siguió de manera ordenada y correcta, pasando por cada uno de los tres niveles con el fin de repasar la configuración de las vocales y llevándose varias referencias auditivas relacionadas con cada una de ellas.

Debido a que el infante sabía las vocales del sistema braille, no tuvo errores en las evaluaciones realizadas.

Por otro lado, la interacción entre el infante y la interfaz fue positiva debido a que reconoció de manera correcta todas las secciones de esta, facilitando su correcto uso a medida que pasaba por cada uno de los tres niveles y demostrando destreza al momento de seguir las instrucciones y responder a las evaluaciones realizadas por la interfaz.

En el momento en que la interfaz reproducía los estímulos auditivos, se pudo apreciar una sensación de agrado en el infante debido a que en repetidas ocasiones, el infante repetía el estímulo e intentaba imitarlo mientras reconocía la vocal a través del tacto o introducía

las respuestas. Lo anterior generó que este dirigiera su atención a las instrucciones emitidas por el dispositivo y que se llevara a cabo el proceso de manera correcta.

#### **7.2.1.4. Infante 4.**

En la primera sesión, la primera interacción entre el infante y la interfaz no presentó problemas y se llevó a cabo de la misma forma que con el infante número 3. Para este caso, el proceso de reconocimiento de las vocales en el primer nivel, presentó una dificultad debido a la forma en que el infante realizaba la exploración sobre la celdilla, ya que, al hacer la exploración sobre esta, el infante no pasaba su mano por todo el signo generador sino que hacía una exploración punto por punto con su dedo índice, lo que no le permitía percibir las diferencias de relieves entre los puntos levantados y los ausentes. Para solucionar esto, se le indicó la forma en que debía desplazar su mano y dedos por la celdilla y luego, pudo diferenciar los puntos presentes de los ausentes. Esto se corrigió en la primera pasada de reconocimiento de las vocales y fue pertinente realizar en total 3 repeticiones, con el fin de confirmar que el infante reconociera de forma correcta las vocales y que aprendiera los estímulos auditivos relacionados con las mismas.

Luego de esto, el proceso de evaluación se realizó de manera correcta y se observó que el infante estuvo concentrado en las instrucciones emitidas por la interfaz. Este asoció los diferentes estímulos con las vocales, lo que se evidenció al momento de las evaluaciones, en donde al responder las preguntas realizadas por la interfaz, repetía en voz alta la vocal y un estímulo auditivo correspondiente a la misma. Este infante no tuvo errores en las evaluaciones realizadas.

### **7.2.1.5. Infante 5.**

En el proceso de reconocimiento de la interfaz multimedia, no se presentaron dificultades con este infante. Este identificó de manera correcta cada una de las secciones.

En el primer nivel, este infante repitió cada vocal 3 veces aunque ya las sabía, lo que se realizó con el fin de que aprendiera los estímulos auditivos que utiliza la interfaz en todos los niveles y de evitar confusiones en las sesiones siguientes. El infante realizó el reconocimiento táctil de manera correcta, identificando la ubicación de todos los puntos de la celdilla y la configuración de cada una de las vocales.

En las sesiones de evaluación de la lectoescritura de las vocales, el infante no presentó errores al responder. Durante este proceso, además de demostrar interés en los estímulos auditivos y las instrucciones emitidas por la interfaz, se evidenció motivación por parte del infante cuando la interfaz lo felicitaba por responder de manera correcta. Esto se vio reflejado en su actitud alegre y en expresiones que utilizaba cada vez que recibía una retroalimentación positiva.

En el tercer nivel, al responder las preguntas de escritura, este infante rectificaba su respuesta antes de oprimir “intro” para enviarla al sistema. En ocasiones, oprimía de manera errónea uno de los puntos, y al rectificar, notaba el error y lo corregía. Esto le permitió no tener errores en el último nivel y recibir retroalimentación positiva, que fue lo que lo motivó.

#### **7.2.1.6. Infante 6.**

Al iniciar el proceso de reconocimiento de la interfaz multimedia, este infante mostró mucho interés por ella, lo que se reflejó en hiperactividad, ya que antes de recibir las instrucciones iniciales, este oprimió los botones de la interfaz y preguntó para qué servía cada uno de ellos.

Al recibir las primeras instrucciones, el infante dejó de oprimir los botones y prestó atención a lo que se le decía. Luego de esto, inició la exploración de la interfaz de manera ordenada y siguió los pasos necesarios para utilizar la interfaz de manera correcta. A medida que se desarrollaron las evaluaciones, este infante expresaba alegría al recibir la retroalimentación positiva, lo que demostraba a través de risas y aplausos.

Este infante culminó las tres sesiones de manera eficaz, teniendo solo un error el cual se presentó en la evaluación de la tercera sesión. Este error fue ocasionado debido a que el infante intentaba responder todas las preguntas de forma inmediata, sin rectificar que los botones que oprimía correspondían a lo que quería oprimir. Una vez recibió la retroalimentación negativa por el error, el infante no se sintió conforme ya que quería recibir solo retroalimentaciones positivas y por esto, comenzó a tomar más tiempo para responder a cada pregunta, rectificando la respuesta antes de oprimir “intro”.

En la Tabla (6), se puede evidenciar que este infante culminó las tres sesiones es menos tiempo que los demás.

### 7.2.2. Análisis general para los infantes con discapacidad visual

**Tabla 6. Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual haciendo uso de la interfaz multimedia.**

Nombre	Sesion 1. [# De repeticiones]	Sesion 1. Tiempo [ Minutos]	Sesion 2. [Respuestas/20]	Sesion 2. Tiempo [ Minutos]	Sesion 3. [Respuestas/20]	Sesion 3. Tiempo [ Minutos]
Infante 1	5	36	20	24	20	22
Infante 2	3	18	20	20	20	28
Infante 3	3	24	20	19	20	24
Infante 4	3	26	20	21	20	18
Infante 5	4	30	20	20	20	14
Infante 6	3	25	20	16	19	14
<b>PROMEDIO</b>	4	27	20	20	20	20

*Tabla 6.* Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual haciendo uso de la interfaz multimedia.

Al plantear este proyecto, se estableció que iba a estar destinado a población con discapacidad que se encontrara en la etapa preescolar, pero no se contaba con que en las instituciones educativas los niños con discapacidad visual llevan su proceso académico de una manera diferente, debido a que cada infante con discapacidad visual tiene un proceso de aprendizaje distinto. Por lo anterior, se decide aplicar el proyecto en infantes que presentan inconvenientes en la lecto-escritura de las vocales del sistema braille dejando de lado el curso, con el fin de apoyar y reforzar su conocimiento en los infantes que lo requieren solucionando sus confusiones y/o dificultades. El proyecto también es evaluado en infantes que tienen conocimiento de las vocales, con el fin de determinar la aceptación del dispositivo en la población con discapacidad visual.

Para los infantes con discapacidad visual que presentaban dificultades en la lecto-escritura de las vocales del sistema braille, la primera sesión tuvo una duración promedio

de 27 minutos, en donde los infantes hicieron en promedio 4 repeticiones por cada vocal. El fin de esta sesión era reforzar los conocimientos y capacidades lecto-escritoras de las vocales del sistema braille en los infantes.

La segunda sesión, tuvo una duración aproximada de 20 minutos, en donde se debían responder 20 preguntas que tenían como objetivo evaluar las habilidades lectoras de las vocales en cada infante.

La última sesión, tuvo una duración promedio de 20 minutos en donde, al igual que en la segunda sesión, los infantes debían responder 20 preguntas a modo evaluación, esta vez con el fin de evaluar en ellos las habilidades de escritura de las vocales del sistema braille. Los datos obtenidos en el transcurso de las pruebas se pueden apreciar en la tabla (6).

En la primera sesión, los infantes que realizaron las pruebas de la interfaz multimedia hicieron el reconocimiento de la misma de una manera correcta, explorando de manera táctil las secciones de la misma y demostrando interés en conocer su funcionamiento, lo que se vio reflejado en que, en el reconocimiento de la interfaz, los infantes realizaban preguntas como: ¿para qué sirve este botón?, ¿porque tiene parlantes? Entre otras, las cuales fueron contestadas por parte de los tutores. Al continuar con la parte de reconocimiento de las vocales, a diferencia de los sujetos de prueba, los infantes si pusieron interés en las instrucciones y estímulos auditivos que emitía la interfaz, y a partir de estas, avanzaron por las diferentes vocales del nivel oprimiendo el botón de siguiente, el cual fue identificado por todos los infantes con facilidad, ya que posee forma triangular sencilla de identificar y se encuentra a lado derecho de la celdilla.

Los infantes no presentaron dificultad al momento de reconocer las vocales sobre la celdilla braille debido a que, cuando hacían la exploración táctil, identificaron con facilidad la configuración correspondiente a cada una de ellas.

Se evidencio que los infantes relacionaron cada vocal con los diferentes estímulos que se le brindaron; ellos tendían a repetir en voz alta la palabra que fue usada para generar el estímulo y en ocasiones, incluso imitaban su sonido. Los estímulos generaron mucho interés en ellos y en repetidas ocasiones, manifestaron que sentían curiosidad por escuchar el estímulo que emitiría la interfaz para la siguiente vocal, mientras con su mano exploraban la celdilla braille identificando los puntos que se encontraban en relieve e identificando a qué vocal correspondían.

En las sesiones de evaluación, la interfaz brinda una pista en cada pregunta que realiza, la cual consiste en emitir un estímulo auditivo relacionado con la respuesta o vocal correcta pero sin decir la palabra a la cual pertenece el estímulo auditivo. Los infantes utilizaron estos estímulos para solucionar las dudas que surgían al momento de responder, debido a que al escuchar y reconocer los estímulos que correspondían a cada vocal, podían relacionar lo que debían responder con la pista brindada por la interfaz. Esto indica que los estímulos auditivos utilizados cumplieron la función de apoyar el aprendizaje de la lectoescritura de las vocales del sistema braille.

Al momento de introducir las respuestas en el nivel dos, los infantes no presentaron dificultades, estos identificaron de manera correcta la sección destinada para las respuestas del segundo nivel; que cuenta con 5 botones, una para cada vocal. Cuando el infante deseaba presionar el botón para enviar la respuesta, este se ubicaba en el primer botón

correspondiente a la vocal “a” y a partir de este se guiaba para ubicar el botón con el cual enviaba la respuesta a la interfaz.

Respecto al proceso para introducir la respuesta llevado a cabo en el nivel tres, se observó que este fue intuitivo para los infantes, ya que en las sesiones anteriores realizaron exploración e identificación del signo generador de la interfaz, lo que al momento de realizar la evaluación de escritura, facilitó el proceso debido a que ya conocían la ubicación de los puntos sobre la celdilla braille, además generó interés en ellos al notar que podían presionar y poner en relieve los puntos en esta, esto fue de agrado para los infantes y les permitió realizar la evaluación de escritura sin dificultades.

Haciendo una comparación entre los resultados obtenidos en las pruebas piloto (Tabla 5) y los obtenidos aplicando las pruebas a los infantes con discapacidad visual (Tabla 6), se puede apreciar que en cuanto a las respuestas correctas que se obtuvieron en las dos pruebas son similares, aunque se difieren en tiempo debido a que la mayoría de los infantes se tomaba su tiempo para rectificar y responder, repitiendo en voz alta la palabra del estímulo entre otras características especificadas de cada infante en el ítem de análisis individual (7.2.1).

Evaluando el funcionamiento de la metodología implementada en la interfaz multimedia a través de las pruebas realizadas, se obtiene un resultado positivo debido a que el procedimiento planteado para llevar a cabo el apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille, fue desarrollado con el fin de introducir al infante a este sistema a través del reconocimiento del cajetín braille y la configuración de puntos en relieve para cada vocal, continuando con la lectura de las vocales y culminado este proceso con la

escritura de las mismas, lo que estuvo apoyado de estímulos auditivos y un tutor virtual que interactuaba con el infante. Este procedimiento permitió que los infantes con discapacidad visual presentaran progreso en la de lectoescritura del sistema braille durante el proceso realizado, lo que se evidencia en los resultados de las pruebas.

### **7.2.3. Análisis individual para cada uno de los infantes con discapacidad visual y otra discapacidad**

#### **7.2.3.1. Infante 7**

Con este infante no fue posible llevar a cabo el proceso de pruebas establecido, el cual constaba de 3 sesiones en donde cada una de ellas correspondía a un nivel. Lo anterior se presentó debido a que el infante no prestó la atención que requerían los dos primeros niveles, por lo tanto solo se pudo trabajar el tercer nivel con él.

Antes de llegar a la conclusión de que se debía trabajar solo el tercer nivel, se intentó realizar el procedimiento establecido comenzando con el primer nivel en la primera sesión; a lo cual el infante no respondió de manera positiva. Esto se evidencio cuando el infante debía escuchar las instrucciones y los estímulos auditivos y al tiempo interactuar por medio del tacto con el signo generador, ya que solo prestaba atención a los estímulos auditivos. Aunque los estímulos auditivos le generaron interés y transmitía emoción, no los relacionó con las vocales ni exploró la celdilla braille. Junto con su moderadora, se intentó ayudar al infante tomando sus manos para guiarlo por la celdilla pero no se consiguió focalizar su atención sobre la misma.

Del mismo modo, se intentó realizar lo planeado para la segunda sesión que consistía en el uso del segundo nivel de la interfaz multimedia, lo cual tampoco generó resultados positivos debido a que en este nivel la cantidad de botones aumenta y debe tener un mayor nivel de concentración para responder a las preguntas que le realiza la interfaz.

Al notar que el infante no demostró interés en concentrarse para utilizar ninguno de los dos primeros niveles de la interfaz, se decide intentar con el tercer nivel, en donde oprimir las esferas que conforman la celdilla mientras escuchaba los estímulos auditivos causó interés en el infante, lo que produjo que a medida que avanzaba en las preguntas, se concentrara en las instrucciones y quisiera responder de forma correcta las preguntas de este nivel, para de esta forma, recibir la retroalimentación positiva, que fue lo que más lo motivó.

En el proceso de evaluación del tercer nivel con este infante, se observó la dificultad motriz que posee debido a que le costó mucho trabajo ubicar las secciones de la interfaz, al igual que diferenciar la ubicación de los seis puntos del cajetín braille de la misma. Por lo anterior, se planteó un proceso diferente enfocado a las necesidades de este infante, el cual consistió en dos sesiones de evaluación de 30 preguntas, cada una utilizando únicamente el tercer nivel de la interfaz.

Estas dos sesiones estuvieron enfocadas en que el infante lograra ubicar cada uno de los puntos del signo generador, y de esta forma, ingresara la configuración de los puntos necesarios para responder a las preguntas del tercer nivel. Esto fue posible gracias a que por medio de los estímulos auditivos, se logró que el infante focalizara su concentración en la actividad, haciendo que este repitiera el estímulo escuchado y dijera la vocal a la cual

correspondía, al tiempo que los tutores ayudaban a que este ubicara de manera correcta los puntos de la celdilla tomando sus manos y guiándolo por la superficie de la interfaz.

Además de esto, el infante se mostraba cada vez más interesado en recibir la retroalimentación positiva correspondiente a una respuesta correcta, por lo tanto se esforzaba cada vez más en lograr responder bien.

A medida que se desarrollaba este proceso, se apreciaba el progreso del infante al momento de ubicar los puntos e ingresar la configuración necesaria para responder correctamente. Cabe resaltar que cada vez el infante tardaba menos tiempo en responder las preguntas.

Como se evidencia en la Tabla (7), el infante tardó 60 minutos en la primera sesión, teniendo 10 errores en 30 preguntas; y en la segunda sesión, tardó 50 minutos teniendo 2 errores también en 30 preguntas. Esto se traduce en un progreso notorio en el infante.

### **7.2.3.2. Infante 8**

En este caso se intentó llevar a cabo el mismo procedimiento realizado con los infantes que solo presentan discapacidad visual, pero desde el momento de la introducción a la interfaz multimedia, este infante presentó desatención a las instrucciones que se le comunicaban. Al momento del primer contacto con la interfaz, el infante comenzó a explorarla y a presionar cada botón que tocaba. Para atacar esto, se intentó darle instrucciones de forma verbal para que no presionara los pulsadores, pero no funcionó ya que seguía oprimiéndolos de manera brusca.

Por medio de la tiflóloga y mediadora, se optó por tomar las manos del infante para evitar que interrumpiera el correcto funcionamiento de la interfaz y poder seguir con el procedimiento planteado para la primera sesión, que es la de introducción a la interfaz y reconocimiento de las vocales del sistema braille.

En la primera sesión, el infante mostró gran interés por los estímulos auditivos, pero al momento de interactuar de forma táctil con la interfaz, este volvía a dispersarse e intentaba oprimir todos los botones de la interfaz. Para contrarrestar esto y con ayuda de la mediadora, se guiaban las manos de este infante con el fin de que siguiera el procedimiento requerido para el reconocimiento de las vocales.

A medida que se avanzaba en el primer nivel repitiendo las vocales del sistema braille, fue notorio que para este infante los estímulos auditivos compuestos por música tuvieron mayor importancia, debido a que lograban centrar su atención en la información que le daba la interfaz. Ante estos estímulos, el infante respondió con un mejor comportamiento durante la prueba, presentándose más calmado hasta el punto de poder interactuar con la interfaz de manera autónoma sin que presionara los botones de la interfaz en momentos inadecuados, como lo hacía al inicio de la sesión.

En la segunda sesión, se intentó realizar la evaluación correspondiente al segundo nivel de la interfaz, lo que pretendía corroborar los conocimientos del infante. Esto no fue posible debido a que el infante dispersaba su atención al momento de oprimir los botones destinados a las respuestas de este nivel y tendía a comportarse de la misma forma que lo hacía al comienzo de la primera sesión.

Por lo anterior, se planteó utilizar el tercer nivel con el fin de evaluar el comportamiento del infante y determinar si se podía llevar a cabo la evaluación de este nivel. En este proceso se determinó que no era posible realizar esta evaluación, debido a que la hiperactividad y la falta de concentración del infante no lo permitieron. Esto remitió a llevar al infante nuevamente al uso del primer nivel de la interfaz, y se corroboró que los estímulos auditivos compuestos por música le ayudan a llegar a un mayor nivel de concentración.

Las dos sesiones con este infante estuvieron diseñadas para incentivarlo a que interactuara de manera táctil con la interfaz, lo que no fue posible debido a sus discapacidades. Lo que se logró con este infante, fue focalizar su atención en los estímulos auditivos y lograr que se los aprendiera, relacionando cada uno de ellos con la vocal a la que correspondía. Estas dos sesiones fueron de 60 minutos de duración, en las cuales se realizaron 7 repeticiones. Esto se puede evidenciar en la Tabla (7).

### **Análisis general para los infantes con discapacidad visual y otra discapacidad**

**Tabla 7. Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual y cognitiva haciendo uso de la interfaz multimedia.**

Nombre	Sesion 1. [# De repeticiones]	Sesion 1. Tiempo [ Minutos]	Sesion 2. [Respuestas/20]	Sesion 2. Tiempo [ Minutos]	Sesion 3. [Respuestas/30]	Sesion 3. Tiempo [ Minutos]
Infante 7	2	20	No aplica	No aplica	20   28	60   50
Infante 8	7   7	60   60	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

*Tabla 7.* Resultados pruebas en infantes con discapacidad visual y cognitiva haciendo uso de la interfaz multimedia.

Como fue mencionado en el numeral anterior, para los infantes con discapacidad visual que presentaban discapacidades de tipo cognitivo, fue necesario realizar variaciones en la implementación de la metodología desarrollada. Con estos no pudo realizarse el proceso planteado que se llevó a cabo con los infantes que presentaban solo discapacidad visual.

Estas variaciones se basaron en cambiar por completo el esquema de la prueba, determinando que, en el estado en que se encontraban los infantes, solo pudo utilizarse uno de los tres niveles que posee la interfaz para realizarles las pruebas. Esto se realizó para los dos casos estudiados, en los cuales, como se muestra en el numeral anterior (7.2.3), se seleccionaron niveles de uso diferentes.

Las pruebas en estos infantes generaron un impacto positivo, ya que, teniendo en cuenta las dificultades que presentaron al momento de interactuar con la interfaz por medio del tacto, se pudo apreciar que en los dos casos los estímulos auditivos que acompañaban a las vocales cumplieron la función de captar su atención y enfocarla en la interfaz, lo que los llevo a crear una relación entre los estímulos auditivos y la vocal a los que pertenecían. De esta forma, se logró mantener a los infantes en un nivel alto de concentración, lo que permitió que accedieran a seguir la metodología planteada del nivel que utilizaron.

Por lo anterior, al culminar las pruebas con estos infantes, se obtuvo un avance significativo en el proceso de lectoescritura de las vocales del sistema braille. Esto se puede evidenciar en los resultados y análisis presentados en el numeral 7.2.3

## **8. Evaluación Del Tiempo De Aprendizaje De Las Vocales Del Sistema Braille Utilizando Como Apoyo La Interfaz Multimedia**

Al culminar el proceso de apoyo de enseñanza de las vocales del sistema braille a través de las pruebas y evaluaciones con los usuarios, se obtiene como resultado que estos tenían la capacidad de leer y escribir las vocales del sistema braille en la celdilla de la interfaz multimedia. Esto evidencia un gran avance en las habilidades lectoescritoras de los usuarios, debido a que, siendo capaces de realizar lo mencionado anteriormente en esta herramienta de apoyo, al momento de interactuar con el cajetín braille de tamaño normal va a ser más sencillo para estos avanzar en el proceso de lectoescritura.

Las tres sesiones de este proceso, se llevaron a cabo en diferentes días, teniendo como duración promedio menos de una hora en cada una de ellas para los infantes con discapacidad visual, lo que se puede observar en la Tabla (6). En los sujetos de prueba, cada sesión tuvo una duración promedio de menos de 10 minutos, debido a que estos se enfocaban en responder y avanzar rápidamente en cada sesión, a diferencia de los infantes, los cuales prestaban mayor atención a cada uno de los estímulos e instrucciones sonoras y se tomaban más tiempo para verificar y responder.

Lo anterior presenta como resultado general, un gran avance en el proceso de lectoescritura de las vocales del sistema braille, debido a que, como se evidencia en los resultados obtenidos al finalizar las tres sesiones (Tabla (6) y Tabla (7)), los usuarios fueron

capaces de identificar cada uno de los puntos que componen al cajetín braille y la configuración de estos que conforma cada una de las vocales.

En los resultados individuales de cada infante y en el análisis realizado, se puede evidenciar, como fue mencionado en los numerales anteriores, que el proceso con cada infante se debe realizar de manera distinta, enfocando la metodología de enseñanza a los factores personales y capacidades cognitivas que caracteriza a cada uno de ellos; y también, que debido a estas características de cada uno, el tiempo de aprendizaje puede variar. Se debe moldear la metodología propuesta de tal forma que se acople a cada estudiante, para así llegar con todos al mismo resultado.

Este proceso, al mismo tiempo, puede depender de las metodologías, herramientas, personal docente y procesos de enseñanza que utilice la institución educativa a la que asista el infante.

## Capítulo 9

### 9. Conclusiones

Se desarrolló una interfaz senso-auditiva compuesta por diversas plataformas de hardware y software, las que permitieron representar las vocales del sistema Braille por medio de una celdilla Braille compuesta por pistones de pequeño tamaño. Brindando una experiencia multisensorial que apoyó el proceso de aprendizaje por parte de los niños con discapacidad visual.

La interfaz multimedia cuenta con un sistema estéreo de altavoces, y además de esto no requiere de un ordenador externo para su funcionamiento. Funciona conectada a una toma corriente. Lo cual permite una portabilidad convirtiéndola en un elemento que podría llegar a ser parte del proceso de aprendizaje en los hogares de personas en esta condición.

Se implementó en la interfaz senso-auditiva, una metodología didáctica compuesta por instrucciones sonoras y estímulos auditivos que funcionaron como herramienta para focalizar la concentración de los infantes al momento de interactuar con la interfaz. Consiste en tres niveles de uso, por medio de los cuales, los usuarios aprendieron a reconocer, leer y escribir las vocales del sistema Braille por medio de la interfaz. Esta metodología interactiva permite un acercamiento al usuario a través de una retroalimentación recurrente que proporciona un ambiente amigable para este.

Con la interfaz multimedia, se generó un impacto positivo gracias a su diseño físico, la metodología implementada y los estímulos auditivos utilizados. Esto llevó a que los infantes llevaran a cabo el proceso de aprendizaje de una manera sencilla e interactiva, debido a que esta se presentó como una herramienta lúdica para ellos.

Los infantes expresaron interés, agrado y comodidad al interactuar con la interfaz, lo que permitió llevar a cabo el apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema Braille de manera didáctica.

Los infantes presentaron mayor atención ante los estímulos auditivos, relacionando lo que escuchaban con lo que percibían a través del sentido del tacto y con experiencias de su vida cotidiana, a diferencia de los sujetos de prueba, quienes en su mayoría, ignoraban los estímulos auditivos de apoyo y relacionaban lo que percibían por medio del tacto con referencias visuales previas.

El tiempo de aprendizaje en cada infante depende de factores como capacidades cognitivas, personalidad y aptitudes, además de factores externos como las metodologías y herramientas que se utilizan para llevar a cabo su proceso de enseñanza.

En los infantes con discapacidad visual que además tenían una discapacidad de tipo cognitivo, se determinó que los estímulos auditivos los llevaron a enfocar su atención en la actividad desarrollada con la interfaz multimedia. Esto generó un avance en el proceso de aprendizaje de la lectoescritura de las vocales.

## Capítulo 10

### 10. Recomendaciones

Para proyectos a futuro que puedan tomar como base el desarrollo aquí descrito, puede tenerse en cuenta el apoyo a la enseñanza de las consonantes y así completar el apoyo a la enseñanza del abecedario a infantes con discapacidad visual.

Implementar en la interfaz la opción de utilizar audífonos con el fin de poderlo hacer uso de esta en aulas en donde se encuentre varios niños, sin interrumpir las actividades o concentración de los otros estudiantes al escuchar los sonidos que emite la interfaz.

Diseñar para la parte física, una estructura ergonómica que permita mayor seguridad al utilizar la interfaz, evitando las esquinas puntiagudas que podrían generar accidentes.

## Bibliografía

Alfonso Cetares Salas, Carlos Andres Cortes Rivera & Luis Fernando Silva. (2005). *SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CODIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Recuperado de: <<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/6999/1/tesis85.pdf>>

Mayra Alejandra Arias Maldonado. (2012). *SISTEMA DE IDENTIDAD VISUAL Y PROMOCION PARA LA IMPRENTA BRAILLE DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE CIEGOS DEL ECUADOR*.(Trabajo de titulación técnica).Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito – Ecuador.

Jaime Sánchez I. (Noviembre de 2003). *AUDIOMEMORICE: DESARROLLO DE LA MEMORIA DE NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DEL AUDIO. TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO*. Congreso llevado a cabo en Santiago de Chile.

Simón, Ochaíta, Huertas. (1994). *COMUNICACIÓN, LENGUAJE Y EDUCACIÓN. EL SISTEMA BRAILLE: BASES PARA SU ENSEÑANZA – APRENDIZAJE*. Recuperado de: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2941799>>

ONCE (Organización nacional de ciegos españoles) tomado en septiembre de 2014 [en línea].<<http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/prod/CREA%20Informacion%20Lo uis%20Braille.pdf>>

ONCE (Organización nacional de ciegos españoles). (2015). *DOCUMENTO TÉCNICO B 11 DE LA COMISIÓN BRAILLE ESPAÑOLA LA DIDÁCTICA DEL BRAILLE MÁS ALLÁ DEL CÓDIGO. NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA ALFABETIZACIÓN DEL ALUMNADO CON DISCAPACIDAD VISUAL*. Recuperado de: <<http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille/documentos/DOCUMENTO%20TECNICO%20B%2011%20DIDACTICA%20DEL%20BRAILLE%20V1.pdf>>

Alfonso Cétares Salas, Carlos Andrés Cortés Rivera, Luis Fernando Silva Olarte. SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CODIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES. Bogotá D.C, 2005, 76 h. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Disponible en catalogo en línea de la Biblioteca de la universidad Javeriana: <<http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis85.pdf> >

COLPRENSA. Diseñan novedoso dispositivo digital para aprender braille. En: EL UNIVERSAL. 1 de Octubre de 2013, BUCARAMANGA, COLOMBIA. [en línea]. <<http://www.eluniversal.com.co/educacion/disenan-novedoso-dispositivo-digital-para-aprender-braille-136701> >

Chris Burns. BRAILLE BALL FOR ALL TO LEARN. En: YANKO DESIGN. [En Línea]. <<http://www.yankodesign.com/2010/06/30/braille-ball-for-all-to-learn> >

ESTHER L. CALDERÓN. JUGANDO SE APRENDE MEJOR: Brailín, el primer muñeco del mundo que enseña Braille. En: Elmundo.es. 24 de Noviembre de 2004. [En línea]. <<http://www.elmundo.es/elmundo/2004/11/24/solidaridad/1101303699.html>>

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS. EDUCACION INCLUSIVA. Personas con Discapacidad Visual, Modulo 5: El sistema braille. [En línea]. <[http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m5\\_dv.pdf](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m5_dv.pdf)>

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS. EDUCACION INCLUSIVA. Personas con Discapacidad Visual, Modulo 10: Tiflotecnología, Otras Herramientas. [En línea].

<[http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_10/m10\\_otras\\_herramientas.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_10/m10_otras_herramientas.htm)>

Yvette Gallegos Barro & Laura Sanchez Marlasca. MANUAL PARA LA INTERVENCION TEMPRANA DEL NIÑO CON PROBLEMA VISUAL Y/O ATIPICIDAD MULTIPLE. [En linea]

<<http://www.agapasm.com.br/Documentos/Parte%201.pdf>>

Muñeco brailin [JPG] tomado el 3 de marzo de 2015 de

<<http://www.elchupete.com/blog/2008/03/31/brailin-el-muneco-mas-integrador-ensena-el-braille/>>

Celdilla braille [PNG] tomado el 3 de marzo de 2015 de

<[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/Brailleschrift\\_06\\_KMJ.svg/180px-Brailleschrift\\_06\\_KMJ.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/Brailleschrift_06_KMJ.svg/180px-Brailleschrift_06_KMJ.svg.png)>

Letras en el sistema braille [PNG] tomado el 3 de marzo de 2015 de

<<http://www.orientacionandujar.es/2013/12/03/alfabeto-braille-castellano-vocales-y-vocales-acentuadas/>>

Revolution Education Ltd. Manual Placa Picaxe-08. Recuperado de

<[http://www.picaxe.com/docs/picaxe\\_manual1.pdf](http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual1.pdf)>

Texas Instruments. (2002). Datasheet MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER.

Recuperado de: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f1611.pdf>>

Arduino. Arduino Mega. Recuperado de:

<<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>>

Solid-run. HummingBoard.v-1. Recuperado de: <[http://www.solid-](http://www.solid-run.com/wpcontent/uploads/2014/06/SolidRun_UM_HummingBoard.v-1-1.pdf)

[run.com/wpcontent/uploads/2014/06/SolidRun\\_UM\\_HummingBoard.v-1-1.pdf](http://www.solid-run.com/wpcontent/uploads/2014/06/SolidRun_UM_HummingBoard.v-1-1.pdf)>

Gerald Coley. (2013). BeagleBone Black System Reference Manual. Recuperado de:

<[http://www.adafruit.com/datasheets/BBB\\_SRM.pdf](http://www.adafruit.com/datasheets/BBB_SRM.pdf)>

Eben Upton. (2014). Raspberry Pi Model B+. Tomado de:

<<https://www.raspberrypi.org/blog/introducing-raspberry-pi-model-b-plus/>>

Eben Upton. (2015). Raspberry Pi 2 Model B. Tomado de:

<<https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-2-on-sale/>>

Datasheet motor Solenoid – 5v (Small), vistas de motor solenoide. Recuperado de  
<<http://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/ZHO-420S.pdf>>

Terminales del pulsador Arcade. [JPG]. Tomado de:  
<<http://nunoarcade.blogspot.com/2013/03/conexion-de-un-microswtich-arcade-como.html>>

## Apéndices

### Apéndice A. Guion cajita de vocales

Para llevar a cabo la escritura del guion por medio del cual se hace la interacción entre la interfaz multimedia y el infante, fue necesario indagar acerca de cómo se debe establecer la comunicación con uno, por lo anterior, la escritura del guion se basó en el documento guía “ESTRATEGIAS EXITOSAS PARA HABLAR CON NIÑOS PEQUEÑOS”.

El autor expresa la importancia de aceptar a los niños tal y como son, lo que hace que entablar una conversación con ellos sea más sencillo. Hacer que el niño se sienta aceptado, conlleva a que este esté dispuesto a compartir sus emociones con quien interactúa, por lo tanto al momento de interactuar con el infante es necesario que se sienta cómodo y dispuesto.

Al momento de comunicarse con el niño, es importante no amenazarlo, no darle ordenes, no hacerlo sentir mal con el mismo; debido a que si esto pasa, el infante se va a sentir indispuesto. Se debe decir al infante lo que debe hacer y no lo que no debe hacer. El autor sugiere utilizar “HAZ” y no “NO HAGAS”, como se plantea en el siguiente ejemplo:

HAZ: Cuelga tu abrigo de modo que no se arrastre

NO HAGAS: No arrastres tu abrigo por el suelo.

Cabe resaltar que cuando se lleva a cabo una comunicación con un infante, hay que generar una interacción en donde la comunicación sea bilateral, es decir, que el comunicador y el niño puedan aportar a la interacción.

Basado en la guía “ESTRATEGIAS EXITOSAS PARA HABLAR CON NIÑOS PEQUEÑOS”, se procedió con la escritura del guion, teniendo en cuenta la población a la que va dirigida y logrando que cada instrucción sea lo más precisa y sencilla de comprender para el infante; además de generar espacios para que el infante pueda interactuar, responder a las preguntas que se realicen y lo más importante, que el infante se sienta cómodo y dispuesto para que de esta forma se haga sencilla la interacción entre él y la interfaz multimedia. En el proceso de escritura del guion, se enfatizó en que en cada línea de este, cada frase que grabó el locutor y será reproducida en la interfaz, debe dar la sensación de que se está comunicando con el infante de manera alegre y brindándole a su vez el estímulo auditivo con el que el asociara cada vocal que está en proceso de aprendizaje, además, en el momento en que responde a los test establecidos para el proceso de aprendizaje, felicitarlo si la respuesta es correcta, o darle animo si la respuesta es incorrecta con el fin de motivarlo a que lo siga intentando, para que el infante sienta que lo puede lograr y se haga el proceso de aprendizaje más divertido y no aburrido o frustrante para él.

## **GUIÓN**

### **Opciones aleatorias para el audio de entrada**

¡Hola!, ¡soy tu cajita de vocales!, elige un nivel.

¡Hola!, ¿estás listo para aprender las vocales?, selecciona un nivel.

¡Esta es tu cajita de vocales!, vamos a aprender. Escoge un nivel.

¡Bienvenido!, vamos a aprender las vocales jugando. Elige un nivel.

**Selección de nivel****Nivel 1 (circulo)****Opciones aleatorias para el inicio de nivel**

Escogiste el nivel 1. ¡Vamos a reconocer las vocales!

En el nivel uno reconoceremos las vocales, ¡vamos!

Empecemos con el nivel uno. ¡Reconozcamos las vocales!

**A (ejemplos: agua, automóvil)**

Esta es la vocal “a”,

Comencemos con la vocal “a”

Como la “a” de automóvil, y este suena así:

Por ejemplo, agua se escribe con “a” y su sonido es:

Canción salió la “a”

**E (ejemplos: elefante, estornudo)**

Te presento la vocal “e”

Sigamos con la vocal “e”

Existe un animal que se escribe con la letra “e”, es el elefante, y su sonido es (sonido elefante),

Por ejemplo, estornudo se escribe con “e”. Cuando estornudas suena algo así (sonido estornudo)

Canción salió la “e”

### **I (ejemplos: inflar, inhalar)**

Esta es la vocal “i”

Reconozcamos la vocal “i”

Inhalar se escribe con la vocal “i”. Como cuando respiramos: inhalar (sonido)

Con la vocal “i” se escribe inflar. ¡Inflamos un globo! (sonido inflar globo)

Canción salió la “i”

### **O (ejemplos: oveja, orquesta)**

Continuemos con la vocal “o”

Ahora conozcamos la vocal “o”

Hay un animal que suena así (sonido oveja), es la oveja y se escribe con la vocal “o”

Orquesta se escribe con la vocal o, una orquesta es un grupo de personas que toca instrumentos musicales y suena así:

Canción salió la “o”

### **U (ejemplos: urraca, urgencia)**

¡Esta es la última vocal!, la vocal “u”

Terminamos este nivel con la vocal “u”

Hay un ave que vuela, y se escribe con la letra “u”. Es la urraca (sonido)

Las ambulancias suenan así (sonido sirena) cuando hay una urgencia. Urgencia se escribe con “u”.

Canción salió la “u”

Presiona siguiente para volver a empezar el nivel 1 o escoge otro nivel

## **Nivel 2 (cuadrado)**

### **Inicio de nivel**

Has escogido el nivel dos. ¡Es el momento de las preguntas!

¡Este es el nivel dos! Te preguntaré qué vocal reconoces

Ahora estamos en el nivel dos. ¿Te aprendiste las vocales?... Te haré unas preguntas

### **PREGUNTAS**

Toca la vocal, ¿Qué vocal es? te doy una pista, (sonido aleatorio)

¿Reconoces esta vocal? algo que se escribe con esta vocal suena así (sonido aleatorio)

¿Qué vocal estás tocando? un ejemplo de esta vocal suena así (sonido aleatorio)

¿Te aprendiste esta vocal? ¡Dime cual es!¿recuerdas este sonido? (sonido aleatorio)

Ahora dime cual es esta vocal déjame ayudarte con este sonido (sonido aleatorio)

**RESPONDE BIEN (cortinillas alegres)**

¡Bien! Si era la vocal (vocal aleatoria)

¡Felicitaciones! Esta es la vocal (vocal aleatoria)

¡Lo lograste! Era la vocal (vocal aleatoria)

¡Excelente! Reconociste la vocal (vocal aleatoria)

¡Fantástico! Aprendiste la vocal (vocal aleatoria)

¡Continuemos con otra vocal!

¡Vamos con la siguiente vocal!

**RESPONDE MAL (cortinillas tristes)**

¡Casi lo logas!, era la vocal (vocal aleatoria),

Creo que debes intentarlo de nuevo, era la vocal (vocal aleatoria)

¡Sigue intentando!, esta es la vocal (vocal aleatoria)

¡Intentemos con otra!

Ahora probemos con otra vocal

**Nivel 3 (triangulo)****Inicio de nivel**

Este es el último nivel. ¡Vamos a escribir las vocales!

En el nivel tres escribiremos las vocales, ¡Vamos!

Estamos en el nivel tres. ¿Estás listo para escribir las vocales?... ¡Empecemos!

### **PREGUNTAS**

Escribe la vocal (vocal aleatoria con ejemplo)

Ahora escribe la vocal (vocal aleatoria con ejemplo)

¿Cómo se escribe la vocal (vocal aleatoria con ejemplo)?

¿Sabes escribir la vocal (vocal aleatoria con ejemplo)?

Escríbeme la vocal (vocal aleatoria con ejemplo)

### **RESPONDE BIEN (cortinillas alegres)**

¡Bien! Así se escribe la vocal (vocal aleatoria)

¡Felicitaciones! Escribiste bien la vocal (vocal aleatoria)

¡Lo lograste! Escribiste la vocal (vocal aleatoria)

¡Excelente! Sabes escribir la vocal (vocal aleatoria)

¡Fantástico! Aprendiste a escribir la vocal (vocal aleatoria)

¡Continuemos con otra vocal!

¡Vamos con la siguiente vocal!

### **RESPONDE MAL (cortinillas tristes)**

¡Casi lo logas!, así se escribe la vocal (vocal aleatoria),

Creo que debes intentarlo de nuevo, esta es la vocal (vocal aleatoria)

Estuviste a punto de lograrlo, así se escribe la vocal (vocal aleatoria)

¡Intentemos con otra!

Ahora probemos con otra vocal

## Apéndice B. Carta de presentación del proyecto dirigida a la institución educativa

**José Félix Restrepo**



UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA  
SEDE BOGOTÁ

Bogotá D.C., Octubre 13 de 2015

Señor  
Jimmy Giraldo.

Apreciados Colegio José Félix Restrepo.

Por medio de la presente queremos darle a conocer el proyecto de grado de los estudiantes de ingeniería de sonido JEISSON SASTRE AVILA y VICTOR PENARANDA PALACIO, en el que vienen trabajando y cuyo título es: **EVALUACION DEL IMPACTO DE UNA INTERFAZ MULTIMEDIA COMO APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA LECTOESCRITURA DE LAS VOCALES DEL SITEMA BRAILLE A INFANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA ETAPA PREESCOLAR.**

Este proyecto tiene como finalidad brindar un apoyo a población con discapacidad visual en el campo de la educación, haciendo uso de estímulos senso-auditivos y diferentes conocimientos adquiridos a través de la ingeniería de sonido. Se plantea diseñar una interfaz multimedia senso-auditiva que brinde apoyo en el proceso de enseñanza de las vocales del sistema braille a infantes con discapacidad visual que se encuentren en etapa preescolar.

La interfaz multimedia consta de una celdilla braille, compuesta por seis pistones que representan los seis puntos de esta; los pistones, tendrán cada uno un botón para que al presionarlos, el usuario pueda conformar las vocales de este sistema. La interfaz tiene un componente multimedia el cual guía al usuario a través de tres niveles de dificultad y estímulos auditivos para cada vocal, dándole al infante referencias sonoras que pueda asociar con las vocales en el momento en que las están aprendiendo.

Los niveles implementados en la interfaz multimedia son:

- Primer Nivel: Reconocimiento y aprendizaje de las vocales del sistema braille.
- Segundo Nivel: Preguntas para verificar el aprendizaje de las vocales del sistema braille.
- Tercer Nivel: Afianzar el aprendizaje de las vocales del sistema braille por medio su escritura sobre la celdilla de la interfaz.

Para el diseño físico de la interfaz, se tuvieron en cuenta referencias de dispositivos que son utilizados como apoyo al momento de introducir a los infantes al sistema braille. Algunos de estos son: el muñeco Brailin, creado por Virginia Pérez, profesora argentina, y la cubeta de media docena de huevos planteada en el documento técnico B 11 de la comisión de braille española, los cuales sirven como apoyo a la introducción del sistema braille gracias a que representan una celdilla a una mayor escala. Por lo anterior, se diseñó una celdilla braille de 12 x 8 cm para la interfaz utilizando diferentes texturas en la superficie, como felpa, paño, madera, entre otras.

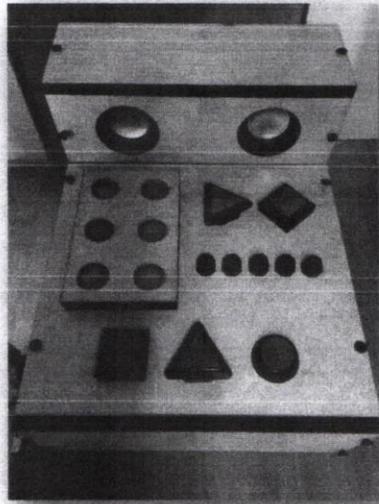
*Hec. J. F. Restrepo*  
Octubre 15/15

---

Carrera 8 H n.º 172-20 • PBX: 667 1090 • Línea Nacional: 01 8000 125151 • Fax: 677 3003  
www.usbbog.edu.co • Apartado Aéreo 75010 • Bogotá, D. C. - Colombia



En la siguiente imagen se visualiza la interfaz multimedia sin tapizar.



*Aprobado.  
Por favor Gerardo,  
si las puedes colaborar  
a estos estudiantes  
para que realicen la  
investigación  
Petrona Rojas J.*

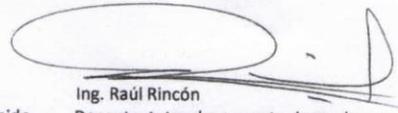
Imagen (1). Interfaz Multimedia Senso-Auditiva.

Esperamos sea de su interés y podamos obtener una retroalimentación al respecto

Agradecemos su atención y colaboración,

Atentamente,

  
Ing. Jorge Casanido  
Director del programa de Ingeniería de sonido.  
Universidad de San Buenaventura, Bogotá.

  
Ing. Raúl Rincón  
Docente, tutor de proyecto de grado.  
Universidad de San Buenaventura, Bogotá.

**Apéndice C. Consentimiento informado presentado a los padres de los infantes que participaron en el proyecto**

Bogotá, Distrito Capital  
Secretaría de Educación Localidad 4 San Cristóbal

**COLEGIO JOSÉ FÉLIX RESTREPO I.E.D.**  
SEDE B  
"FORMAMOS LÍDERES EN TRANSFORMACIÓN SOCIAL"  
Resolución # 3232 de 12 de noviembre de 1992  
Resolución # 7529 de 20 de noviembre de 1998  
Código DANE: 111001035533 Inscripción SED: 3209 N.L.T.: 860 532 516-1

**CONSENTIMIENTO INFORMADO ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE DE LAS VOCALES DEL SISTEMA BRAILLE**

Su hijo/a ha sido seleccionado para participar voluntariamente dentro del proyecto de grado de estudiantes de la facultad de Ingeniería en el programa de ingeniería de sonido, de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá; en el colegio José Félix Restrepo.

Como participante de este proyecto podrá ser vinculado a sesiones individuales, con el empleo de una interfaz multimedia no peligrosa, que al ser utilizada, no produce efectos negativos en su salud.

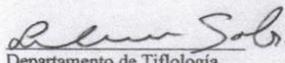
Su hijo participará interactuando con la interfaz por medio de la escucha y del tacto, apoyando de esta manera el aprendizaje de las vocales a través del signo generador.

Como participante de este proyecto usted y su hijo tienen derecho a que se respete la confidencialidad de su información personal. De la misma manera, la información grupal que usted escuche de otros participantes deberá mantenerla en reserva y con igual confidencialidad a la que usted espera de su situación personal.

Su hijo asiste voluntariamente a las sesiones de apoyo y está en libertad de retirarse del estudio cuando se presenten circunstancias que así lo requieran. Cualquier inquietud puede ser formulada a la docente Liliana Soler.

Consentimiento para participar: Yo, \_\_\_\_\_, identificado con la cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_, en mi calidad de padre y/o acudiente,  (SI)  (NO) autorizo a mi *hija* hijo/a: \_\_\_\_\_ con NIP o tarjeta de identidad No. \_\_\_\_\_ para que participe en el proyecto de apoyo a la enseñanza de las vocales del sistema braille, que realizan los estudiantes de ingeniería de sonido de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, en el colegio JOSÉ FÉLIX RESTREPO; además manifiesto que he recibido información clara, suficiente y satisfactoria acerca del programa. Autorizo la utilización de información que no vulnere la intimidad e identidad personal de mi hijo, exclusivamente para fines científicos y académicos.

Los estudiantes de la Universidad de San Buenaventura y el colegio JOSÉ FÉLIX RESTREPO, se comprometen a guardar absoluto respeto a la integridad física, mental y emocional de los participantes, así como, a garantizar la confidencialidad de la información obtenida de cada uno de ellos, y a controlar su utilización para fines científicos y académicos exclusivamente.

  
Departamento de Tiflogía  
Sede B