



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
TECLADO AUTODIDÁCTICO PARA ENSEÑANZA BRAILLE**
**DESIGN AND MANUFACTURE OF A AUTODIDACTIC
KEYBOARD PROTOTYPE FOR BRAILLE TEACHING**



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TECLADO AUTODIDÁCTICO PARA ENSEÑANZA BRAILLE

DESIGN AND MANUFACTURE OF A AUTODIDACTIC KEYBOARD PROTOTYPE FOR BRAILLE TEACHING

Zabala Barragán Leticia Aurelina¹
Jaramillo Ortega Javier Edmundo²
Cevallos Bonilla David Israel³,
Guaño Álvarez Ana Cristina⁴,

¹ Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, leticiazabala1983@gmail.com

² Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, javi.jaramillo1981@gmail.com

³ Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, kobaisracev@gmail.com

⁴ Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, anitaguanio@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el auto aprendizaje del alfabeto braille para personas con discapacidad visual, aprovechando los sentidos del oído y el tacto. La finalidad de este trabajo es diseñar y construir un teclado autodidáctico que interprete los símbolos del sistema Braille para ser reproducidos fonéticamente y visualizados de manera gráfica. La metodología utilizada se fundamenta en la investigación experimental. Se realizó el diseño y construcción de la estructura tomando en cuenta consideraciones ergonómicas para el sistema electrónico que permite reconocer los patrones y sonidos del alfabeto braille en un 100% para la reproducción fonética y visual de cada carácter se maneja protocolos de comunicación SPI e I2C. Con las pruebas realizadas se determina la fiabilidad del sistema a nivel de hardware y software, la verificación exhaustiva de cada botón, a través de pulsaciones continuas y alternadas evidencia los resultados fonéticos y visuales demostrando, que puede ser empleado como herramienta tecnológica en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Palabras clave: braille, tecnología inclusiva, fiabilidad, arduino, módulo de audio.

ABSTRACT

This research is based on self-learning. The Braille alphabet for people with visual disabilities, taking the advantage of the senses of hearing and touch. The purpose of this work is to design and develop a self-study keyboard that interprets the symbols of the Braille system to be phonetically reproduced and displayed graphically. The methodology that is used is based on experimental research. The design and construction of the structure was carried out taking into account ergonomic considerations for the electronic system that allows recognizing the patterns and sounds of the Braille alphabet in 100%; for the phonetic and visual reproduction of each character using SPI and I2C communication protocols. The tests made showed, the reliability of the system to the hardware and software level, the exhaustive verification of each button, through continuous and alternate presses, shows the phonetic and visual results, demonstrating that it can be used as a technological tool in the process of teaching learning.

Keywords: braille, inclusive technology, reliability, arduino, audio module.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador un buen porcentaje de la población total padece de algún tipo de discapacidad, en la provincia de Chimborazo según los datos del CONADIS hasta el momento existen 15.288 personas con discapacidades diferentes que se representan en la Figura 1 y Figura 2. [1] [2]



Figura 1. Número de personas con discapacidad

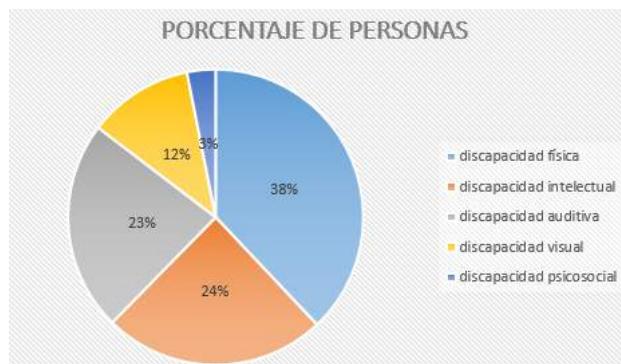


Figura 2. Porcentaje de personas con discapacidad

Cerca del 20 % de la población con discapacidad no ha recibido ningún tipo de educación a lo largo de su vida. A educación inicial o preescolar solamente el 1 % de la población con discapacidad ha podido acceder, lo cual es determinante al momento de continuar con una educación continua. Con la implementación de las Instituciones de Educación Especializadas – IEE, un 42% de la población con discapacidad ha accedido a un nivel básico de educación, lastimosamente en estos establecimientos no se incluyen la posibilidad de que sus estudiantes obtengan un título de Bachillerato. En el año 2018 se estable el Modelo Nacional de Gestión y Atención para Estudiantes con Necesidades Educativas Especiales para establecer los mecanismos y normativa para

regular el proceso de enseñanza-aprendizaje en las Instituciones de Educación Especializadas. [2]

Varias son los trabajos realizadas en el campo de diseño e implementación de dispositivos interactivos que aplican el sistema Braille para la enseñanza a personas con discapacidad visual, emplean distintos métodos para cumplir este objetivo. Desde el uso de computadoras personales como el sistema E_Braille hasta el uso de dispositivos programables, las investigaciones se han llevado a cabo con un nivel sistematizado. Los dispositivos actualmente diseñados constan de pulsadores que simulan los puntos utilizados en el sistema Braille; contienen además microcontroladores como los PICs o arduino o microprocesadores como las raspberry pi, además de módulos de audio mp3 o wav, y sistemas de almacenamiento de memoria. Adicionalmente puede tener módulos periféricos de comunicación como Bluetooth, comunicación serial, o ethernet. [1] [3] [4] [5] [6] [7]

Otros sistemas se pueden construir a través de estructuras prefabricas como el kit LEGO MINDSTORMS, programarlos a través de lenguajes de alto nivel como Python, Matlab, labview, además de la programación de APPs y desarrollo de software para uso en computadoras, tablets o dispositivos móviles. [7] [8]

El hardware y el software utilizado son la clave para la implementación de estos dispositivos, la adaptabilidad al cambio tecnológico y ergonómico de los usuarios que lo necesitan, los niveles de aprendizaje que se desea aplicar, además del costo beneficio para su fabricación. Todos estos factores influyen al momento de analizar cuál sería la estructura base y las funcionalidades de los módulos a ser implementados. Tanto los dispositivos comerciales como los prototipos tienen un grupo focal y una necesidad por cubrir siendo ésta la clave para el planteamiento del diseño del Prototipo de Teclado Autodidáctico Braille, que permite a la persona ciega el aprendizaje del alfabeto y números con el reconocimiento de símbolos Braille que se han grabado en las teclas, además cuenta con un sistema de audio y añade funciones de retroalimentación que hace que este trabajo sea una herramienta para su aprendizaje autónomo.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación del presente proyecto es experimental, mediante el estudio de sistema de enseñanza de lenguaje Braille y su aplicación para un grupo de personas definidas. El objetivo principal es diseñar y construir un teclado autodidáctico que interprete los símbolos del sistema Braille para ser reproducidos fonéticamente y visualizados de manera gráfica en un LCD. La formación de las letras y números se han grabado mediante símbolos braille en teclas con puntos en alto relieve que serán reproducidos fonéticamente y gráficamente para el aprendizaje del alfabeto braille de forma lúdica. Se identificó las necesidades de aprendizaje de las personas con discapacidad visual, esto permitió obtener un conocimiento previo y un contacto directo con la realidad de dichos individuos. El grupo focal al cual va dirigida la investigación, son personas con un conocimiento general de lectura y escritura de lenguaje español, esto debido a que en la etapa inicial se utilizan otros medios para la alfabetización. Las pruebas se enfocan a demostrar la fiabilidad del dispositivo a nivel hardware y software para emitir un sonido y mostrar visualmente cualquier letra del abecedario y números básicos naturales.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos que, en conjunto, cumplirían con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se puede referenciar estos procedimientos en la Figura 3. [1] [5] [6] [9]

- A. Análisis de métodos enseñanza lenguaje braille.
- B. Diseño mecánico, eléctrico-electrónico del dispositivo.
- C. Programación del dispositivo.
- D. Pruebas y resultados.



Figura 3. Diagrama de procedimientos

A. ANÁLISIS DE MÉTODOS DE ENSEÑANZA DEL LENGUAJE BRAILLE

El sistema Braille consta de una matriz de puntos de 3 filas, 6 columnas que describen un carácter, un signo o un número a través de 64 combinaciones diferentes. Al inicio fue utilizado con un enfoque netamente militar, para enviar mensajes que pudieran ser interpretados en la noche. [6] [10]

Entre los métodos de enseñanza del lenguaje Braille mayormente difundidos, se encuentran los siguientes: Alborada, Almazara, Pérgamo, Bliseo, Tomillo, Punto a Punto, A Punto, Alameda. Cada método tiene diferentes factores que inciden en la capacidad lectora: la motivación, los estímulos lectores, la edad de comienzo de la lectura, el apoyo que se encuentra en el entorno y la metodología empleada. El método usado en el sistema es el Bliseo, está basado en la secuencia del alfabeto. Define una secuencia colocando las letras primero, de la 'a' a la 'j', con la combinación de los puntos 1,2,4,5; segundo de la letra 'k' hasta la 't' excepto la ñ, añade a la combinación el punto 3; por último, desde la letra 'u' a la 'z', añade a la combinación el punto 6. La siguiente fila se coloca desde el número '0' hasta el número '9', su distribución de puntos es la misma de las primeras 10 letras del alfabeto. [5] [7] [11] [12]

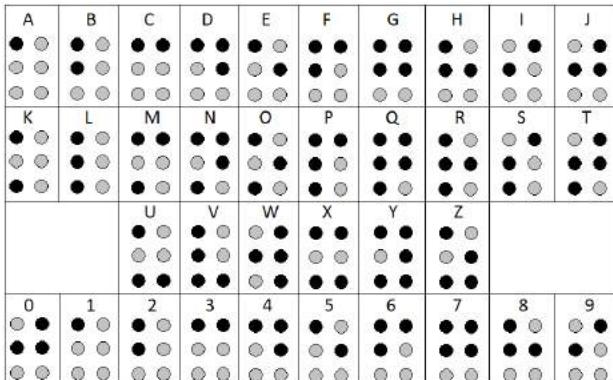


Figura 4. Distribución de letras y números, método Bliseo.

B. DISEÑO MECÁNICO, ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO DEL DISPOSITIVO.

1) Los usuarios del sistema electrónico:

El sistema electrónico se orienta a personas no videntes que hayan tenido una enseñanza previa de los signos puntuales de letras y números en el sistema braille, para los infantes será recomendable a partir de una edad mental de 6 años y medio aproximadamente. [5]

2) Diseño de las teclas para el sistema electrónico.

La matriz de puntos que generan el código Braille, en una posición inicial sin relieve, toma el nombre de "signo generador", celdilla o cajetín, sus medidas están estandarizadas y su altura es de 5mm, mientras que su ancho está en 2.5mm; tomando en cuenta los centros de las circunferencias en los extremos, como lo muestra la Figura 5. [5]

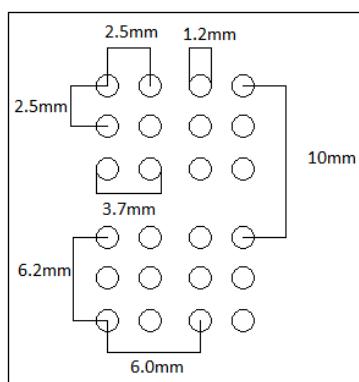


Figura 5. Dimensiones normalizadas de las celdas en la separación de puntos. [5]

Según estudios previos, se recomienda las dimensiones superiores a 5x3 mm para una mejor comprensión de la persona con discapacidad visual, se diseñó cada tecla del sistema electrónico con las dimensiones ilustradas en la Figura 6.

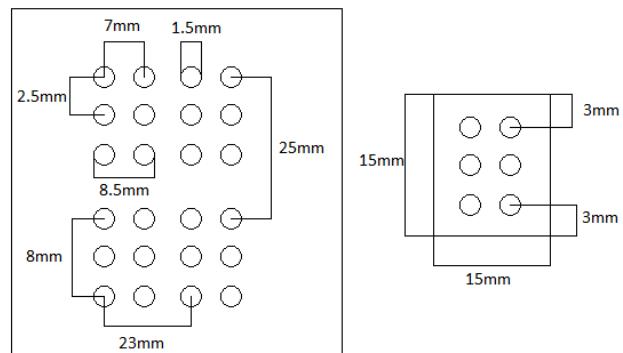


Figura 6. Dimensiones de cada tecla y las celdas del sistema

Las dimensiones establecidas en la Figura 6, fueron seleccionadas debido a que una tecla puede adaptarse con facilidad a la falangeta del dedo índice y permite una mejor palpación y comprensión del símbolo. Para la elaboración de la tecla se consideró un material resistente, liviano y liso, siendo el acrílico, el más adecuado. Una vez recortadas las teclas con su correspondiente medida, se procedió a plasmar el código Braille de cada símbolo con ayuda de objetos circulares adheridos, obteniendo como resultados las estructuras indicadas en la Figura 7.



Figura 7. Teclas en código braille

En la Figura 8 se observa el diseño del dispositivo, también se aprecian recuadros de diferentes botones y cada una de las partes del equipo.



Figura 8. Diseño del dispositivo con sus partes.

1) Eléctrico-Electrónico:

El sistema electrónico está formado por varios subsistemas, los mismos que se presentan a través de diagrama de bloques que especifica cada una de las etapas que conforman el sistema, como se ilustra en la Figura 9.

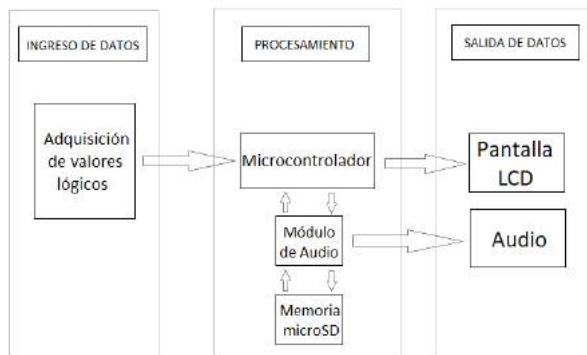


Figura 9. Diagrama en bloques del sistema electrónico.

Las señales digitales obtenidas a través de los interruptores son conectadas a su correspondiente diodo LED indicador; esto con el fin de obtener certidumbre de que el interruptor opera correctamente y, a su vez, que funcionará como indicador visual para el tutor o la persona encargada.

En la Figura 10 se aprecia el diagrama esquemático de bloques que representa la implementación de pulsantes, interruptores y sensores; los valores lógicos ingresan al microprocesador y son interpretados mediante

programación y de esta manera se obtienen las diversas funciones del sistema.

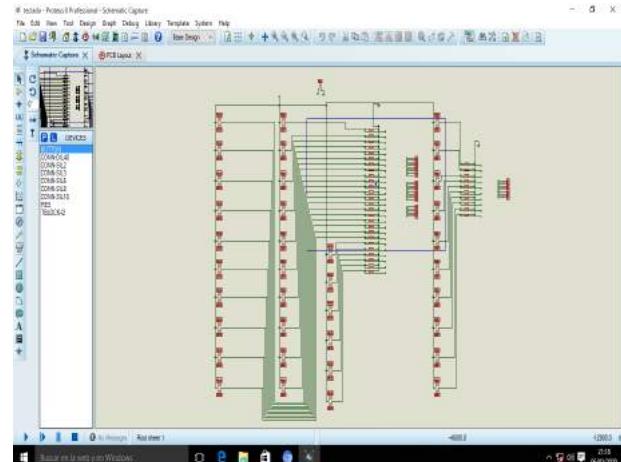


Figura 10. Diagrama esquemático bloque adquisición de valores lógicos

La placa de circuito impreso para la adquisición de datos a partir de los botones se aprecia en la Figura 11.

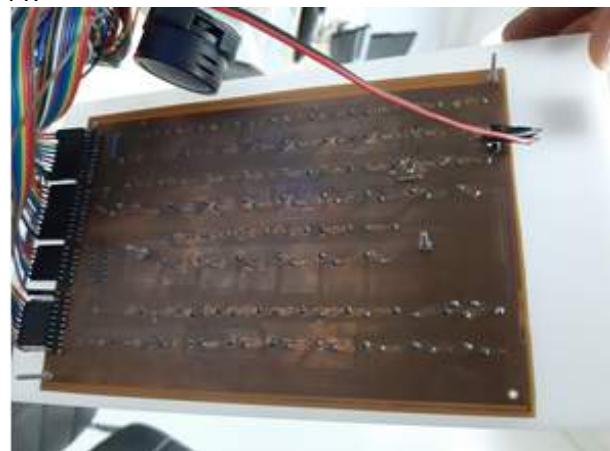


Figura 11. Placa de circuito impreso

El bloque de módulo de audio cuenta además con un sistema de amplificación, permite la lectura y escritura de los ficheros almacenados en la memoria microSD. Los elementos que conforman este bloque se observan en la Figura 12, Figura 13 y Figura 14.

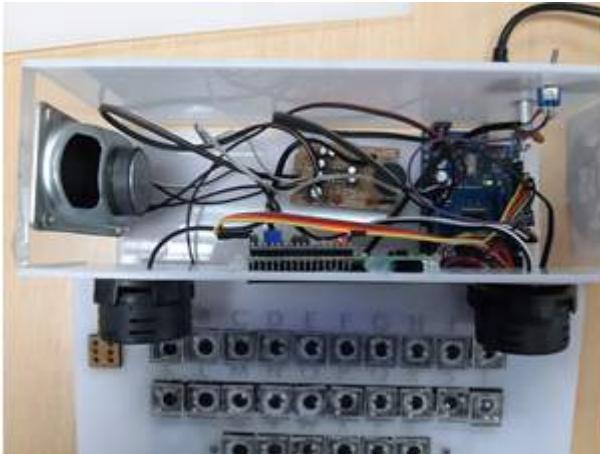


Figura 12. Ubicación de las placas en la zona de aprendizaje



Figura 13. Módulo de audio



Figura 14. Memoria microSD

El sistema permite la salida del audio a través de parlantes de bocina interna y por medio de auriculares. El botón de control, el conector de salida de audio y el de alimentación se pueden observar en la Figura 16.



Figura 15. Vista interior encendido y selección de audio



Figura 16. Señalización del encendido y selección del audio.

Para el ingreso de datos del sistema electrónico, los modos de operación se ejecutan de manera excluyente, es decir, cuando la zona de lectura está activada, la zona de escritura se encuentra inhabilitada, o viceversa. Los botones, el display y los parlantes se aprecian en la Figura 17, Figura 18.



Figura 17. Ubicación bocinas y pantalla LCD



Figura 18. Colocación de las teclas y señalización

C. PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO.

1) Procesamiento de datos

El sistema está armado con los componentes principales como son Arduino Mega 2560, módulo

mp3 DF Player Mini, lector de memoria micro SD, parlantes y pulsadores.

2) Salida de información

La salida de datos se realiza por medio de la pantalla LCD y el sistema de audio.

Las funciones de este dispositivo han sido programadas en software libre mediante el IDE de Arduino. El software se basa en la lectura lógica de los pines del microcontrolador, que se encuentran en configuración Pull-Down, es decir, brinda un valor lógico de 0 en inactividad, y de 1 cuando hay presencia de voltaje en la entrada. Para realizar las comparaciones y el reconocimiento del símbolo correspondiente al carácter el envío de la información al arduino se realiza mediante las teclas de funciones antes mencionados en la implementación del hardware, donde el microcontrolador hace el procesamiento lógico de las señales entregadas por los sensores que se encuentran activados en el teclado definiendo qué botón se encuentra en estado activo para efectuar la respuesta de reproducción fonética correspondiente. En caso de formar un símbolo que no sea perteneciente a alguna letra o número del sistema Braille, el reproductor permanecerá en silencio. El diagrama de flujo y el proceso de lectura-escritura se observa en la Figura 19 y Figura 20.

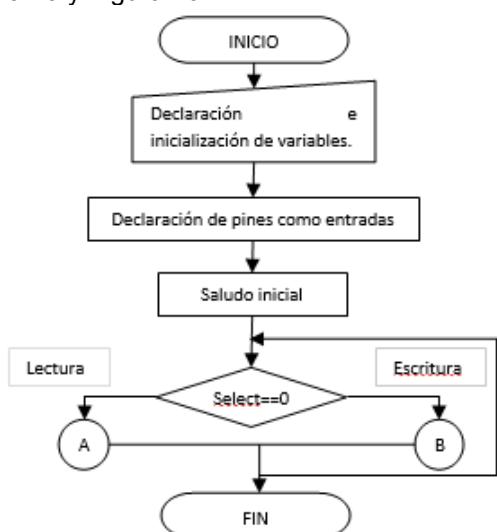


Figura 19. Diagrama de flujo del sistema electrónico

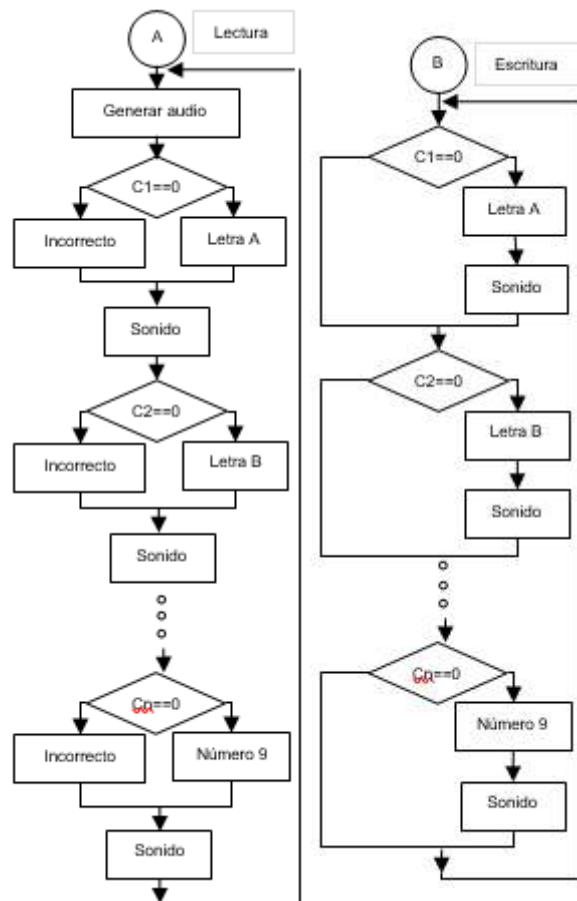


Figura 20. Proceso de lectura y escritura del sistema electrónico.

3. RESULTADOS

Para poder validar el sistema primero fue esencial efectuar una revisión de funcionalidad técnica, a través de pruebas a nivel hardware y software.

1) Prueba de Hardware

La placa PCB, Figura 21, donde se encuentran los sensores, brinda correctamente los valores lógicos respectivos ante la pulsación o no de los botones. Al medirlos en cada una de las salidas se obtiene un voltaje de 0V como cero lógicos y un voltaje de 5V como uno lógicos.

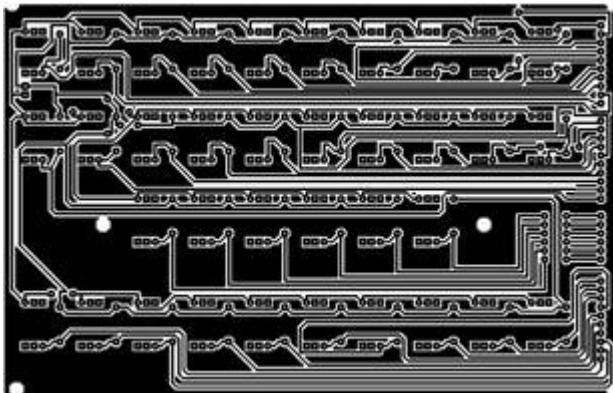


Figura 21. Placa PCB donde se colocan los botones de las letras y números.

2) Pruebas de software

Para las pruebas de software fue importante verificar que todos los audios funcionen correctamente, ya que si existiesen audios con formato erróneo o se llame a uno inexistente en la base de datos del sistema el dispositivo procederá a detener su funcionamiento hasta que se realice un reinicio, debido a que considera como error de programación; por esta razón se ha verificado el funcionamiento de todas las reproducciones fonéticas tanto en lectura como en escritura.

Las pruebas mencionadas se han efectuado a nivel hardware, verificando que se reproduzca el audio y se visualice la letra correspondiente al símbolo, de acuerdo a qué botón se encuentre en estado activo. Cada botón se oprime un total de 10 veces para determinar la fiabilidad del sistema, dando como resultado un reconocimiento total de los signos sin errores, por tanto, se ha logrado obtener una efectividad del 100% de programación.

Otro requerimiento importante del software es que ninguna función interrumpa el trabajo de otra por más de que esta haya sido activada; para esto se ha utilizado un recurso de programación denominado “banderas”, que impide que esto suceda. Se escoge de manera arbitraria 20 letras diferentes y se alternan las pulsaciones, este experimento se lo repite por 10 veces, no existiendo ningún error al verificar los resultados fonéticos ni visuales.

El porcentaje medio calculado de fiabilidad de los pulsadores de letras es un 100% en la parte visual y de 89,00% en la parte auditiva. El porcentaje

medio calculado de fiabilidad de los pulsadores de números es un 100% en la parte visual y un 91,00% en la parte auditiva. Los resultados son representados como porcentajes y se pueden apreciar en la Figura 22 y Figura 23.

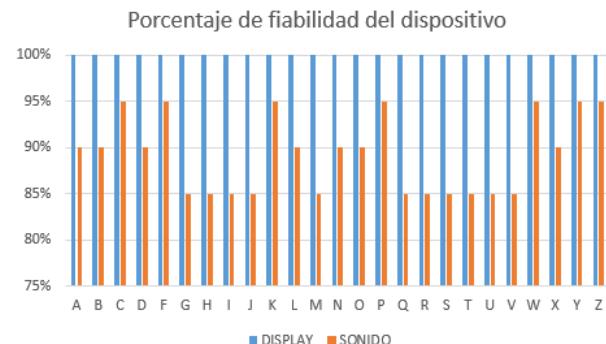


Figura 22. Porcentaje fiabilidad de los botones de letras

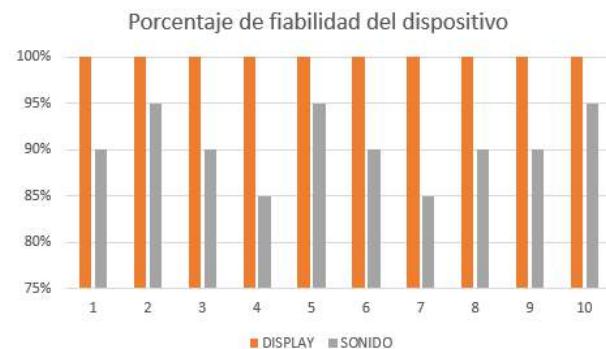


Figura 23. Porcentaje fiabilidad de los botones de números

4. CONCLUSIÓN

El desarrollo del presente proyecto permite disponer de una herramienta multimedia útil para la enseñanza-aprendizaje del alfabeto braille, tanto personas con discapacidades visuales, así como cualquier persona interesada en aprender el alfabeto inclusivo.

El dispositivo permite integrar la tecnología a la academia, para el proceso de enseñanza - aprendizaje de lenguajes inclusivos que faciliten la integración a las actividades de índole común a la población con limitación visual.

Las funcionalidades gráficas y auditivas trabajan correctamente, permitiendo reconocer los patrones y sonidos del alfabeto braille a cualquier persona. Se pueden implementar más acciones como preguntas generadoras, fases de aprendizaje entre otras, que futuros trabajos podría cubrir.

A través del trabajo interdisciplinario, el dispositivo mantiene las características ergonómicas para favorecer el proceso de aprendizaje según lo expuesto por docentes y estudiantes de Instituto de No videntes de Chimborazo.

El diagrama de flujo y procesos ofrece una vista panorámica de la estructura del sistema electrónico, permite integrar el hardware y el software de una manera óptima; por tanto, el dispositivo final resulta satisfactorio para implementación del método Bliseo de enseñanza del sistema Braille.

El porcentaje medio calculado de fiabilidad de cada símbolo es de 90% en la parte auditiva y de 100% en la parte visual, esto debido a que al grabar los sonidos no se lo realizó en una sala de grabación. Sin embargo, el porcentaje de fiabilidad tanto del reconocimiento de caracteres como de la reproducción fonética y visual, para cada símbolo en todas las funciones es del 100%, ya que la interpretación es la correcta en cada prueba que ha sido realizada. Con esto se puede concluir que el dispositivo es altamente fiable y puede ser empleado como herramienta en el área pedagógica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ortega, T. E. Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte. [Ingeniería Thesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.

[2] Aimacaña, J. Espinosa, T. Pérez, D. Viteri, C.: Modelo nacional de gestión y atención para estudiantes con necesidades educativas especiales asociadas a la discapacidad de las instituciones de educación especializadas, Ministerio de Educación del Ecuador, Quito, 2018-2019.

[3] Cétares, A. Cortés, C. A. Silva, L. F. Sistema de Enseñanza del código braille para niños con

limitaciones visuales. [Ingeniería Thesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2005.

[4] Loza, O. P. Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2006.

[5] Aldaz, A. A. Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje braille a personas invidentes. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2016.

[6] Aucay, J. A. Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. 2016.

[7] Avendaño, C. Villa, F. E. Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad del Azuay, 2019.

[8] Muñoz, P. Giraldo, F. Herramienta educativa para el aprendizaje del sistema braille alfabético orientado a niños con discapacidad visual, construido en lego e implementado sobre una plataforma PSOC, Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad Tecnológica, 2017.

[9] Estrada, J. F. Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2018.

[10] DISCAPANET iniciativa para fomentar la integración social y laboral de las personas con discapacidad, cofinanciada por Fundación ONCE e ILUNION Tecnología y Accesibilidad. Disponible en: <https://www.discapnet.es/areas-tematicas/tecnologia-inclusiva/productos-de-apoyo/guias-tecnicas/el-alfabeto-braille> [consultado el 10 de agosto de 2019].

[11] Martínez, I. Polo, D. Guía didáctica para la lectoescritura braille. Organización Nacional de Ciegos Españoles, Madrid, 2004. ISBN 84-484-0149-2

[12] Simón, C. El desarrollo de los procesos básicos en la lectura braille. ONCE Organización

Nacional de Ciegos Españoles. ISBN: 84-87277-80-2.

[13] Hidalgo, S. Desarrollo e implementación de un software de ayuda en el aprendizaje de código braille, aplicando la tecnología visual 6.0, mediante un circuito electrónico conectado al puerto paralelo del computador, dirigido al instituto especial educativo de no videntes de Cotopaxi. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2012.

[14] Cervantes, M. A. Creación de un periódico utilizando el sistema Braille en Guayaquil. [Ingeniería Thesis]. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, 2013.

[15] Sánchez, E. M. Nela: Un entrenador de Braille para niños. [Ingeniería Thesis]. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, 2013.

[16] Fuentes, F. M. Diseño de imágenes para ciegos, material didáctico para niños con discapacidad visual. [PhD Thesis]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 2014.

[17] Borja, S. D. Diseño de un cuento con ilustraciones táctiles para fortalecer y optimizar el aprendizaje de los niños con discapacidad visual de 6 a 8 años en los centros de educación básica. [PhD Thesis]. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2014.

[18] Cevallos, P. S. Estudio del impacto de la utilización de software en la enseñanza del idioma inglés básico a personas con discapacidad visual. [PhD Thesis]. Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador se de Ambato. 2014.

[19] Pérez, C. F. Prototipo de una calculadora braille para personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2016.

[20] Impacto de las aplicaciones multimedia en el proceso enseñanza/aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual del Colegio Nacional Técnico "Leovigildo Loayza Loayza de la Ciudad de Piñas. [Ingeniería Thesis]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2016.

[21] Jácome, K. D. Diseño de material didáctico para el apoyo a la iniciación de la lectura braille para niños y niñas no videntes de tres a cuatro años del Instituto Especial "Mariana de Jesús. [Ingeniería Thesis]. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2017.

[22] Castellanos, J. Leyendas ecuatorianas en el desarrollo de las destrezas del inglés en estudiantes no videntes del Colegio Fiscomisional "Leonardo Ponce Pozo". [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017.

[23] Ramos, J. S. Elaboración de un manual para Diseñadores Gráficos e Industriales sobre el proceso de etiquetado de productos nacionales para personas no videntes. [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad de las Américas, 2017.

[24] Castro, C. Módulo Electrónico de enseñanza del sistema braille para niños en la Federación de Ciegos Ecuatorianos Sede Quito. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2018.

[25] Guzhñay, A. D. Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.

[26] García, C. G. Análisis sobre el uso de las tic's para personas con discapacidad visual en centro municipal "cuatro de enero". [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad de Guayaquil, 2018.

[27] Aquino, S. P. García, V. Izquierdo, J. La inclusión educativa de ciegos y baja visión en el nivel superior. Un estudio de caso, Scielo, 2012, n.39, pp.01-21. ISSN 2007-7033.

[28] Pegalajar, M. Tiflotecnología e inclusión educativa: evaluación de sus posibilidades didácticas para el alumnado con discapacidad visual, Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID), 2013, pp.08-22. ISSN: 1989-2446.

[29] Educación Especial e Inclusión Educativa, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2016.

[30] Tecnologías de la información y la comunicación para la inclusión, Agencia Europea para el Desarrollo de la Educación del Alumnado con Necesidades Educativas Especiales, 2014. ISBN: 978-87-7110-486-8

[31] Esparza, A. L. Margain, L. Y. Álvarez, F.J. Benítez, E. I. Desarrollo y evaluación de un sistema interactivo para personas con discapacidad visual, Redalyc, 2018, n.41, pp.149-157.