



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**ARTICULO CIENTIFICO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO  
INTERACTIVO PARA LA LECTURA Y ESCRITURA DEL LENGUAJE BRAILLE  
ORIENTADO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL.**

**AUTOR: JONATHAN FERNANDO ESTRADA RAMÍREZ**

**DIRECTOR: MSC. CARLOS HERNÁN PUPIALES YÉPEZ**

**Ibarra-Ecuador**

**2018**

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO INTERACTIVO PARA LA LECTURA Y ESCRITURA DEL LENGUAJE BRAILLE ORIENTADO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL.

Estrada, Jonathan <sup>a</sup>, Pupiales, Carlos <sup>b</sup>

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura.

<sup>a</sup> jfestrada@utn.edu.ec, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

<sup>b</sup> chpupiales@utn.edu.ec, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

## Resumen

Las personas con discapacidad visual requieren una educación específica, la misma que logre sustentar sus necesidades y permita desarrollar sus habilidades. Con la finalidad de que logren integrarse a la sociedad de forma participativa y en igualdad de condiciones. Por lo cual es necesario la creación de proyectos de enseñanza específicos y definidos de acuerdo con sus necesidades.

Este trabajo tiene como finalidad desarrollar un tablero electrónico de lectura y escritura Braille que cumpla con las necesidades y exigencias especiales de los niños con discapacidad visual, el cual permita enseñar el alfabeto por medio de símbolos o caracteres que se identifican en el Sistema Braille; este sistema no incluye números ni caracteres especiales como letras tildadas.

En el área de lectura se analizará una matriz de tres por dos que identifica a una letra en el sistema Braille, en el cual a través del sistema de reconocimiento de voz las personas con discapacidad visual pronuncien una letra y se genere el código que simboliza a la letra solicitada a través de un relieve, lo cual permita identificar el carácter al tocar la matriz.

El área de escritura tendrá 11 palabras de aprendizaje básicas que son las primeras que los niños aprenden en las instituciones educativas, las cuales se encontrarán pregrabadas; se reproducirán de manera aleatoria y deletrearán cada palabra luego de recibir la instrucción. Además, serán digitadas en las matrices y se procederá a verificar si la escritura es correcta o incorrecta a través de una señal audible.

El tablero desarrollado ayudara a que el aprendizaje del Lenguaje Braille sea más interactivo, dejando atrás la manera tradicional. Los principales beneficiarios de este proyecto serán los niños de 5 a 7 años que presentan discapacidad visual, los mismos que se encuentran iniciando su etapa de escolaridad.

*Palabras clave:* Sistema braille, signo generador, tablero electrónico, reconocimiento de voz, discapacidad visual.

## Abstract

People with visual disabilities require a specific education, one that manages to support their needs and allows them to develop their skills. Therefore, they could integrate into society in a

participatory way and under equal conditions. For this reason, it is necessary to create specific teaching projects defined according to their needs.

The purpose of this work is to develop an electronic Braille reading and writing board to meet the special needs and demands of children with visual disabilities, to allow the teaching of the alphabet by means of symbols or characters identified in the Braille System, this system does not include numbers or special characters as acute letters.

In the reading area, a three-by-two matrix will be analyzed to identify a letter in the Braille system, through a voice recognition system, people with visual impairment will pronounce a letter and generate the code that symbolizes the requested letter through a relief, which allows to identify the character when the matrix is touched.

The writing area will have 11 basic learning words that are the first ones that children learn in educational institutions, which will be prerecorded; they will be reproduced randomly and spell each word after receiving the instruction. They will also be typed in the matrixes and will proceed to verify if the writing is correct or incorrect through an audible signal.

This board will help the learning of the Braille language more interactively, leaving behind the traditional way. The main beneficiaries of this project will be children aged from 5 to 7 years who have visual disabilities, or who are starting their education.

*Keywords:* Braille system, generator sign, electronic board, speech recognition, visual impairment.

## I. INTRODUCCIÓN

En el país existen alrededor de 450000 personas con discapacidad de los cuales solo en la provincia de Imbabura se encuentran alrededor de 12000 que sería equivalente al 2.67% de la población, de este porcentaje de personas alrededor de 620 de ellas asiste a un centro de educación regular según el Ministerio de Educación y otras 179 asisten a centros de educación especial. [1]

En el Ecuador aproximadamente 50000 personas sufren de discapacidad visual según el Consejo Nacional para la Igualdad

de Discapacidades (CONADIS), éstas cifras son registros tomados en octubre del 2016, la discapacidad se puede presentar por enfermedades, por herencia genética por problemas ocurridos durante el nacimiento o en el caso de haber tenido algún tipo de accidente. [2]

En los últimos años en el país se ha hecho un énfasis en la educación para personas con discapacidad por lo que en las instituciones educativas se da una atención exclusiva a los niños y jóvenes con capacidades especiales, sin embargo, es necesario considerar que se requiere capacitaciones de parte de los docentes y también material didáctico exclusivo y original que ayude al desarrollo de las capacidades intelectuales de estos grupos, en especial a los niños con discapacidad visual puesto que tienen que desarrollar más habilidades y destrezas.

Las personas con discapacidad visual necesitan una educación especial que pueda sustentar sus necesidades de desarrollo de sus habilidades y eficacia con el fin de que se puedan integrar a la sociedad de forma participativa y en iguales condiciones, por lo cual es necesario la creación de proyectos de enseñanza específicos y definidos de acuerdo con sus necesidades.

Actualmente los centros de capacitación pedagógica de personas con discapacidad visual no cuentan con herramientas o material didáctico que les permita realizar una enseñanza más interactiva, debido a que la mayoría de elementos tecnológicos desarrollados, tales como computadoras, impresoras, etc. están enfocados a personas que ya conocen o interpretan el lenguaje Braille, mas no a la enseñanza del mismo.

Por lo tanto, es necesario diseñar programas específicos que ayuden a las personas con discapacidad visual a tener variedad de formas de enseñanza como juegos de aprendizaje, software, aplicaciones, etc., que fortalezcan su desempeño intelectual y sea una motivación para que se no se sientan como un grupo vulnerable y más bien haya una inclusión social y en buenas condiciones.

## II. MARCO REFERENCIAL

En la revisión bibliográfica se trataran conceptos principales, se hablara acerca de las personas con discapacidad visual, donde se verá los tipos o grados de discapacidad visual, sistema Braille que es el lenguaje o el medio de comunicación de las personas no videntes, cómo funciona el método de lectura Braille y cómo se maneja el método de escritura del Sistema Braille, para lo cual es importante identificar cuáles son los factores que pueden intervenir en el aprendizaje del Sistema Braille, sabiendo los métodos de enseñanza Braille.

### *Deficiencia Visual*

La deficiencia visual puede ser una baja visión que no puede ser corregida por lentes, tratamientos o inclusive la cirugía, por consiguiente esto interfiere en el desempeño de actividades cotidianas de las personas que la presentan [3].

**Factores Internos:** esto puede estar vinculado directamente a la herencia que es igual a la transmisión de padreas a hijos, por problemas de genética o a su vez puede estar relacionado con el instante de la fecundación.

**Factores Externos:** Al hablar de factores externos, estos pueden ser los que podemos encontrar en el medio ambiente como radiaciones solares, sustancias químicas o tóxicas, e incluso dificultades que se pudieron presentar en el momento del alumbramiento, también puede ser una causa las enfermedades de transmisión sexual.

### 2.1 Discapacidad Visual

La discapacidad visual se refiere a una disminución de la visión que se clasifica dependiendo el grado de pérdida visual que puede presentar una persona.

- **Discapacidad Visual Moderada:**

Las personas que sufren de esta discapacidad, pueden alcanzar a distinguir objetos de gran tamaño, pero para lo cual requieren de ayuda especial y de una adecuada iluminación, por estos motivos pueden aprender a escribir o también optar por el sistema Braille.

- **Discapacidad Visual severa:**

Las personas con este tipo de discapacidad realizan actividades visuales poco exactas, distinguen la luz pero es necesario adecuaciones, ayudas y modificaciones para un mejor desempeño de tareas. Requieren aprender el Sistema Braille.

- **Discapacidad Visual profunda:**

Este tipo de individuos tienen Bastante dificultad para desempeñar tareas que necesitan visión detallada. Estas personas tienen pérdidas de visión bastantes severas.

- **Ceguera:**

Es la falta de visión o en algunos casos personas que pueden percibir la luz. Pero por esta carencia es imposible realizar labores cotidianas

En el mundo existe alrededor de 285 millones de personas que poseen discapacidad visual, de este grupo al menos 39 millones tienen ceguera y el resto tienen baja visión según cifras de la Organización Mundial de Salud. [4]

### 2.2 Lenguaje Braille

Las personas con esta discapacidad necesitan atenciones especiales, es decir en la educación manejan el sistema Braille

### Sistema Braille

El braille es un sistema de lectura y escritura táctil, el mismo que fue pensado para personas con discapacidad visual o ceguera, basado en la combinación de seis puntos con relieve, dispuesto en dos columnas verticales y paralelas de tres puntos cada una. [5]

Dicho sistema se encuentra establecido por la combinación de seis puntos, los cuales forman el signo generador, los mismos que se encuentran distribuidos en distintas posiciones dentro de un pequeño espacio rectangular, el cual se denomina celdilla. Como se puede observar en la figura 1.

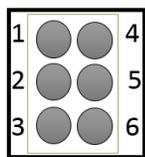


Figura 1: Signo Generador  
Fuente: Elaborado por el autor

### Estructura del Sistema Braille

Como se puede observar en la figura 4 a cada uno de los puntos del signo generador se le ha asignado un número, los números 1,2 y 3 son asignados a los tres primeros puntos de la columna izquierda de arriba abajo, los números 4,5 y 6 corresponden a los puntos de la columna derecha.

El sistema braille fue diseñado y distribuido por Luis Braille, quien organizó el sistema en siete series, como serán expuestas a continuación.

- **Serie 1**

Las 10 primeras letras del abecedario están representadas por las 10 combinaciones de los 4 primeros puntos de la parte superior (1, 2, 4 y 5). En la figura 2 se muestra la serie 1 del sistema braille, que equivale a las primeras letras del alfabeto.

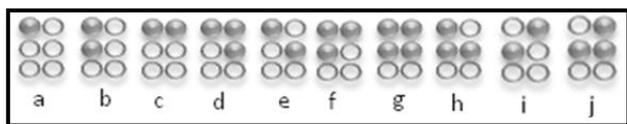


Figura 2: Serie 1 del Sistema Braille  
Fuente: Elaborado por el Autor

- **Serie 2**

Las siguientes 10 letras del alfabeto están representadas con la serie anterior más el punto 3, es decir estará representada por los puntos 1, 2, 3,4 y 5. En esta serie debería estar representada la letra ñ, pero hay que tomar en cuenta que el diseñador del sistema braille era francés y la letra ñ no es parte del alfabeto

francés. En la figura 3 se muestran las siguientes 10 letras del alfabeto, representadas en el sistema braille por la serie 2.

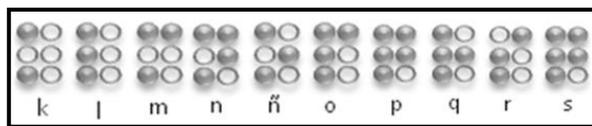


Figura 3: Serie 2 del sistema braille.  
Fuente: Elaborado por el autor

- **Serie 3**

Las siguientes letras del alfabeto están representadas por la combinación de los seis puntos del signo generador. En la figura 4 se encuentran representada la serie 3.

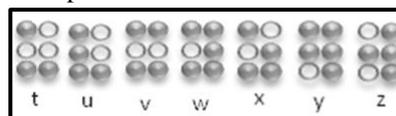


Figura 4: Serie 3 del sistema braille.  
Fuente: Elaborado por el autor

### MÉTODOS DE ENSEÑANZA BRAILLE

En el medio existen varios métodos que pueden facilitar la enseñanza del sistema Braille, a continuación se detallarán algunos de ellos.

- **Método Alborada**

Es un método que utiliza una cartilla para la lectura, es bastante motivador para alumnos de edades adultas, desde el primer día que se inicie el método es posible leer palabras e incluso frases con sentido. Esta técnica es muy fácil de usar, presenta en un orden lógico, utiliza las letras del abecedario, signos de admiración e interrogación, algunos signos de puntuación, vocales acentuadas. [6]

- **Método Tornillo**

Esta metodología está dirigida para niños, toma en cuenta el sentido del tacto y es posible formar palabras y frases pequeñas, además los materiales que se utilizan tienen relieve. Para que haya más claridad o facilidad de entendimiento de los símbolos se deja dos espacios entre letras y en el cambio de línea también. Es posible representar las letras del alfabeto incluyendo letras dobles, vocales tildadas, símbolo de mayúscula, punto.

- **Método Bliseo**

El método de Bliseo es más usado por personas adultas, donde el modo de uso es teniendo en cuenta el signo generador. Primero se introduce la serie 1 que como ya se analizó previamente esta serie comprende desde la letra “a” hasta “j”, y así se van introduciendo serie por serie.

- Serie 1: letras desde la “a” hasta la “j”
- Serie 2: letras desde la “k” hasta la “t”
- Serie 3: letras desde la “u” hasta la “z”

- **Método Punto a punto**

Este tipo de método solo puede ser usado en dos tipos de idiomas, que son el castellano y el catalán; está dividido en dos series, en la primera serie está el programa de pre-lectura/ pre-escritura y en la segunda serie se dedica netamente a la enseñanza del sistema Braille.

### III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Situación Actual.

En el Ecuador, en los últimos años se ha venido dando mayor atención a la educación para personas con discapacidad, es así que la agenda nacional para la igualdad en discapacidades establece que los planteles regulares incorporen un trato diferenciado y la atención especial a la educación especializada, sin embargo, es preciso reflexionar que se requiere capacitar a docentes y contar con el material didáctico apropiado para que los niños con discapacidad visual puedan desarrollar nuevas habilidades y destrezas. [7]

Desde el año 2008, según la nueva constitución, toda persona tiene como derecho acceder a la educación, pero en el año 2012 en la Ley Orgánica se garantiza la permanencia de personas con discapacidad en el Sistema de Educación Regular [8]

#### 3.2 Descripción general del funcionamiento del tablero electrónico

El presente prototipo permite enseñar el alfabeto Braille a niños con discapacidad visual, estimulando el sentido del tacto y auditivo, puesto que son los sentidos que tienen mayor desarrollo en estas personas, todo esto con la finalidad de ayudar a este grupo vulnerable para que pueda tener una etapa de aprendizaje interactivo, e intentar aportar a su desempeño educativo y en la igualdad de condiciones.

En el caso de que la selección se haga por modo de escritura, presionando un botón se pide que el sistema nos brinde de forma audible una palabra, la cual el usuario deberá escribir en las matrices del tablero, que están formados por pulsadores, una vez logrado este proceso, se realizara la verificación de la escritura, donde el prototipo devolviendo una señal audible hará saber si se escribió correctamente la palabra. En la figura 5 se puede observar el funcionamiento general del tablero electrónico que requiere, para cumplir con su desempeño



Figura 5: Funcionamiento general del tablero

Fuente: Elaborado por el Autor

#### 3.3. Consideraciones de funcionamiento

- **Grado de Enseñanza del Tablero**

El sistema electrónico destinado a la enseñanza del lenguaje Braille está basado en el Grado Uno, donde el no vidente realiza su aprendizaje de un símbolo a la vez, facilitando su avance, conocimiento y comprensión del código Braille.

Nota.- Una vez que la persona con discapacidad visual haya adquirido el conocimiento de letras del alfabeto en Sistema Braille mediante el sistema electrónico, un tutor puede intervenir en la enseñanza de sílabas y palabras, utilizando el mismo grado o nivel de enseñanza, el cual se basa en escribir un símbolo a la vez.

Cabe mencionar que el sistema electrónico en la etapa de lectura no reconoce palabras, únicamente las letras del alfabeto.

- **Método de enseñanza**

Para enseñar el código Braille mediante el sistema electrónico, se plantea un método de enseñanza versátil e interactiva con el usuario, que consiste en una etapa de iniciación al Braille con el símbolo generador, seguidamente la enseñanza del alfabeto.

Al iniciar el aprendizaje del código Braille, el no vidente asimila la numeración correspondiente a cada uno de los seis puntos del símbolo generador del Braille, tanto en el área de lectura como escritura. Esto permite a la persona no vidente analizar y comprender

como funciona el sistema Braille y cada símbolo que se genera

- **Usuarios del Sistema electrónico**

El prototipo de tablero electrónico para personas con discapacidad visual está orientado para niños que inicien su etapa de escolaridad o que estén aprendiendo el alfabeto Braille, es un aprendizaje interactivo y diferente al tradicional. El porcentaje del aprendizaje dependerá de que tan desarrollados tengan los sentidos de tacto y audición; así mismo del interés por aprender de cada usuario.

### 3.4. Arquitectura del Sistema

Para describir como se encuentra formada la arquitectura del sistema, se representará en un diagrama de bloque esta estructura.

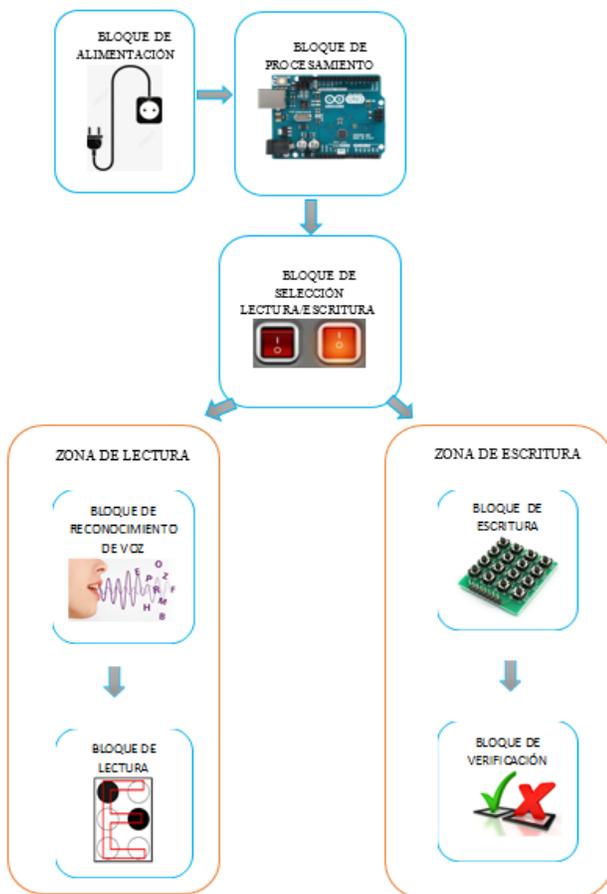


Figura 6: Diagrama de bloques del tablero electrónico

Fuente: Elaborado por el Autor

#### Bloque de procesamiento

Es el bloque más importante de todo el sistema, su función es la de trabajar con los procesos que realizan los demás bloques, evaluando datos y llevando a cabo diferentes acciones a partir

de éstos. Se comunica directamente con los bloques de selección de modos y se comunica por medio de la interconexión con sus pines digitales y pines de comunicación serial respectivamente.

En la tabla 1, se puede ver la elección de la placa de programación.

Tabla 1: Comparativa de placa Arduino

CONSIDERACIONES	Arduino			
	Uno	Nano	Pro Mini	Arduino Mega
Voltaje de operación entre 4.5 V y 5V	Si	Si	Si	Si
Disponibilidad de por lo menos 6 pines PWM para el control de los servos	Si	Si	Si	Si
Poseer por los menos 6 pines análogos	Si	Si	Si	Si
Disponibilidad de 4 o más pines digitales.	Si	Si	Si	Si
Compatibilidad con tarjetas Shield EasyVr	Si	No	No	Si
Lenguaje de programación basado en C/C++	Si	Si	Si	Si

Se puede ver que tanto Arduino UNO como Arduino Mega cumplen con los requerimientos planteados en este bloque, así que cualquiera de los dos puede ser útiles para el tablero, por tanto se optó por la placa Arduino UNO

#### Bloque de lectura

La zona de lectura cumple con varios procesos, que hacen que el tablero funcione de una forma interactiva, por eso a continuación se detalla el proceso de la zona de Lectura. En la figura 7 se indica el proceso de lectura en donde se puede ver la distribución de dos partes importantes que la conforman como son:

- ✓ Reconocimiento de voz

En esta parte es necesario realizar la elección de un módulo de reconocimiento de voz y que pueda cumplir con las funciones que va a desarrollar el tablero.

- ✓ Matriz Braille

En esta parte se diseñara un mecanismo de movimiento para que cuando el usuario este utilizando el tablero, pueda sentir relieves de la letra solicitada

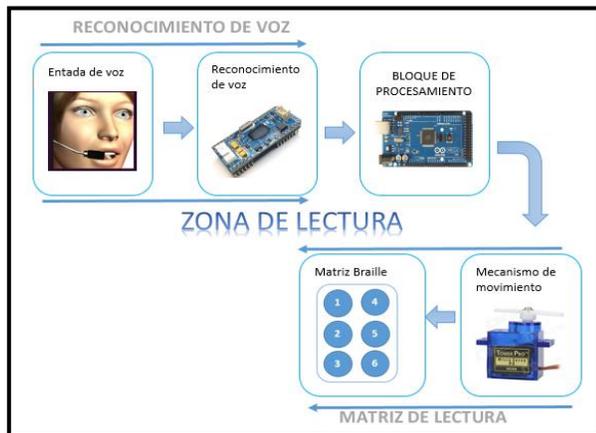


Figura 7: Diagrama de bloques de zona de Lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### Elección de módulo de reconocimiento de voz

Tabla 2 Comparativa de módulo de reconocimiento de voz

Consideraciones	Elehouse v3	Easyvr 3.0	Geetech
Voltaje de operación entre 3.3V y 5V	Si	Si	Si
Soporte de 29 o más instrucciones de voz dependientes definidas por el usuario disponible en el idioma español	Si	Si	No
Las 29 instrucciones utilizables en mismo programa	No	Si	No
Capacidad para almacenar y reproducir archivos de audio	No	Si	No
Conector de entrada de micrófono	Si	Si	Si
Salida de altavoz de 8 ohmios	No	Si	No
Disponibilidad de librería para Arduino	Si	Si	Si
Tarjeta Shield compatible con arduino uno	No	Si	No

Después de realizar el análisis de los módulos se ha determinado que las características que más servirán para el tablero son del módulo de reconocimiento de voz Easyvr 3.0, puesto que este módulo permite grabar 29 comandos de forma independiente que se necesita en este sistema para que puedan ser representadas las letras del alfabeto en español.

### Mecanismo de movimiento de zona de Lectura

Para realizar el mecanismo de movimiento fue necesario diseñar un sistema de resorte, en donde se escogió a servomotores con los cuales por medio de la programación es posible variar su ángulo y luego mantenerlo fijo en una posición, por

medio de pulsos electricos que son enviados por medio de un microprocesador.

En la figura 8, se puede observar el diagrama esquemático de los elementos que hay en la zona de lectura, donde esta conexión la placa Arduino UNO, con 6 servomotores que daran la forma del simbolo generador y un relay que es el que maneja las tensiones de los servomotores.

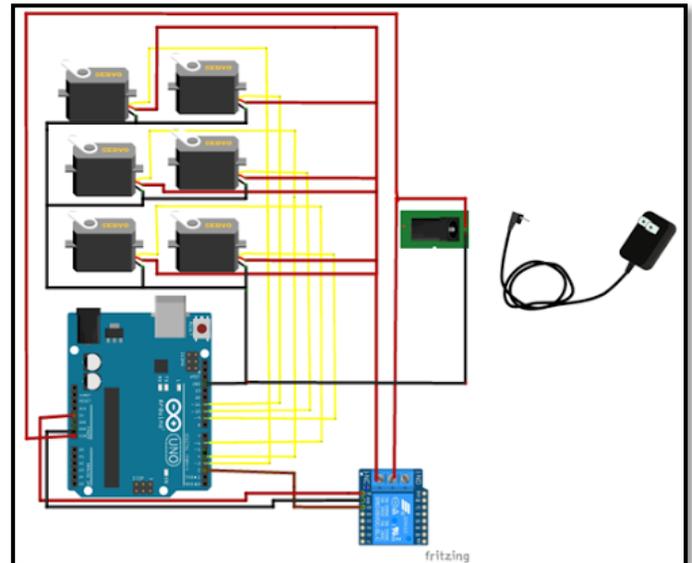


Figura 8: Diagrama de conexión de área de lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### Bloque de Escritura

En la zona de escritura se podrá encontrar seis matrices con el símbolo generador del Sistema Braille, en donde, en cada matriz se puede escribir una letra, y así formar palabras con un máximo de 6 letras; las mismas que fueron escogidas en base al método de enseñanza del Sistema de Educación Básica General, como se imparte en los libros del Ministerio de Educación. [9] En la tabla 3 se puede observar las palabras generadoras utilizadas.

Tabla 3: Palabras Generadoras

Palabras utilizadas en el tablero	
Palabra generadora	Fonemas que usa
mano	/m/, /n/
dedo	/d/
uña	/ñ/
pie	/p/
lobo	/l/, /b/
rata	/r/, /t/
jirafa	/j/, /r/, /f/
queso	/q/, /s/

leche	/l/, /c/, /h/
venado	/v/, /n/, /d/
bola	/l/, /b/

### Matrices de Escritura

Para la construcción de las matrices de lectura, se ha tomado en cuenta el número de letras que contiene la palabra más grande dentro del grupo de las palabras generadoras por lo que el número de matrices de escritura se fijó en seis.

Las matrices de escritura se han diseñado en base al principio de un teclado resistivo o un divisor de tensión, este tipo de circuitos también suelen ser llamados “circuitos pasivos externos” con los que con algunas resistencias se puede derivar o dividir los voltajes. [10]

Los circuitos resistivos son circuitos en serie es decir que un componente va conectado consecutivamente del otro y con esto se logra que el valor total de resistencia, como se muestra en la figura 9.

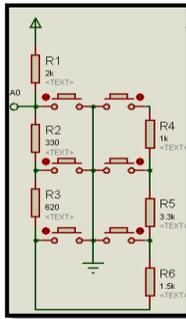


Figura 9: Diseño del circuito de la matriz

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 10 se puede observar el diagrama de conexión del arduino y el tablero resistivo, en donde como se señala hay 6 matrices, cada una representa a una letra y la palabra más caracteres que se puede escribir es de 6 caracteres.

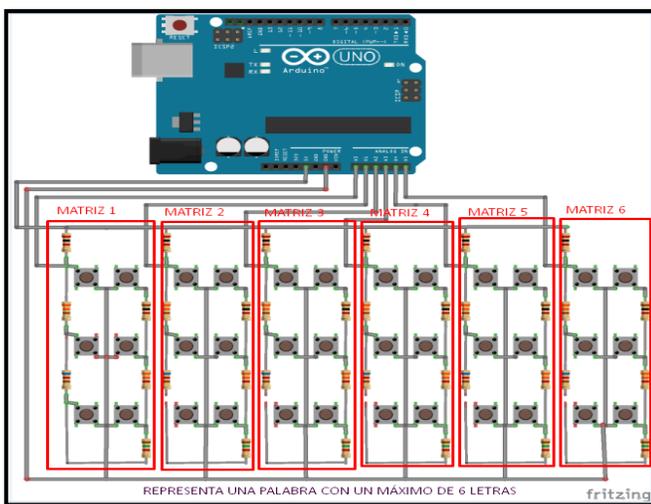


Figura 10: Diagrama de conexiones del Teclado resistivo

Fuente: Elaborado por Autor

### Bloque de Verificación

A continuación, se detalla las funciones de los botones y audios de control.

- Control de audio del grupo vocales

En la zona de lectura se realiza la solitud a este grupo mencionando la palabra “**vocal**”, e inmediatamente si es reconocido, el tablero electrónico le devolverá un mensaje informándole que se encuentra dentro del grupo vocales.

- Control de audio del grupo consonantes

Dentro de la zona de lectura para acceder al grupo 2 que está establecido para las consonantes, es necesario decir la palabra “**consonantes**”, con lo que es posible ingresar a este estado, una vez dentro se puede solicitar cualquier consonante por medio de comandos de voz y acercar la mano y tocar la matriz formada por servomotores que dependiendo la letra requerida estarán cambiando de grado de inclinación para formar el símbolo de cada solicitud.

- Selección de modo “escritura”

Al estar en el modo de Lectura y desear cambiar al modo de escritura hay que pronunciar la palabra “**escritura**”, y de este modo ya se puede cambiar de zona del tablero electrónico.

- Botón para modo “Lectura”

Al presionar el botón en forma de cuadrado, inmediatamente se reproduce un audio que indica el cambio de zona de escritura a lectura, donde se puede ingresar a los grupos de vocales y consonantes y aprender el do de escritura de las mismas.

- Botón para enviar letra

En la zona de escritura se encuentran seis matrices con la forma del símbolo generador Braille en cada matriz se puede escribir una letra o carácter y una vez digitado el símbolo se presiona el botón con perfil de triángulo y así ir verificando que cada letra escrita se encuentre correctamente, inmediatamente el tablero contestara con un mensaje de información donde indicara que carácter se ha digitado.

- Botón de solicitud de palabra y verificación de la misma

Este botón es utilizado para cuando se termina de digitar la palabra, se presiona el botón en forma de estrella y se puede verificar si la palabra fue escrita correctamente, puesto que se escuchara un mensaje informándonos. Si la palabra fuese incorrectamente escrita se libera un mensaje en el cual se solicita al usuario que se dirija al área de lectura para que puede identificar la escritura correcta.

#### IV. PRUEBAS

Se desarrollarán pruebas de distinta índole en las cuales se evaluará el desempeño de las funciones del tablero eléctrico para niños con discapacidad visual, así como, el manejo y comprobación del correcto funcionamiento de la base en la cual se ubican las placas con elementos electrónicos, para de esta forma obtener diferentes observaciones de la herramienta al ser manipulada por los infantes de diferentes edades.

En primer lugar, se ha verificado que la herramienta cumpla adecuadamente las funciones de encendido, reconocimiento de voz, cambio de zonas, es decir lectura a escritura y viceversa se evaluó la colocación y práctica de las placas electrónicas así como el teclado y botones de controladores.

##### Prueba de funcionamiento del tablero electrónico

Para la realización de esta prueba se evaluó al tablero electrónico para personas con discapacidad visual, el cual, permite verificar el funcionamiento de los diversos periféricos y partes que lo componen, para poderlos evaluar fue necesario mantener la herramienta en marcha por aproximadamente 3 horas ininterrumpidas, durante las cuales se manipuló cada uno de sus elementos para poder realizar las observaciones necesarias e identificar posibles inconvenientes.

Prueba de funcionamiento del tablero

Los resultados de la prueba de puesta en marcha se pueden evidenciar en la Tabla 4 y permiten identificar el cumplimiento de ciertos parámetros que se ha considerado como relevantes para que el tablero electrónico cumpla las funciones de computador, los parámetros que se han evaluado son los siguientes:

Tabla 4: Pruebas de Funcionamiento del tablero

N°	Actividad	SI	NO	Observación
1	Funciona el módulo de reconocimiento de voz	X		Funciona correctamente
2	Funciona el switch de encendido y apagado del tablero	x		Funciona correctamente
3	Funciona comando de voz para cambiar de lectura a escritura	x		Funciona correctamente
4	Se recibe un mensaje del tablero, después de ejecutar un proceso	x		Funciona correctamente
5	Los servomotores realizan una variación en su ángulo cuando se solicita una letra o vocal	x		Funciona correctamente
6	Funciona el botón de verificación de palabras escritas	x		Funciona correctamente
7	Funciona el botón de envió de caracteres cuando se está	x		Funciona correctamente

	escribiendo la palabra dada.		
8	Hay retroalimentación cuando se escribe mal una palabra	x	Funciona correctamente
9	El usuario reconoce las formas o figuras del tablero electrónico	x	Funciona muy bien

Al finalizar las pruebas del tablero electrónico se resuelve que ha tenido un excelente desempeño, porque ha superado las pruebas que se le han efectuado. Tanto la zona de lectura como la de escritura han logrado conectarse sin problema, permitiendo la retroalimentación en el caso de la digitación de las palabras, que al estar escritas de una manera errónea pueden verificarse en la matriz de lectura, así el usuario no se queda con la inquietud de no saber dónde se presentó el error.

##### Pruebas de funcionamiento del área de lectura en Proteus.

En esta área se evaluaron algunos parámetros, como por ejemplo tiempo de respuesta del sistema, ángulo de giro de los servomotores, según la programación y el correcto orden de los mensajes. En la tabla 5 se muestran los parámetros que se evaluaron con las respectivas observaciones.

Tabla 5: Pruebas de Funcionamiento en Arduino

<b>Prueba de funcionamiento del área de lectura</b>				
N°	Actividad	SI	NO	Observación
1	Reconoce las instrucciones.	X		Funciona correctamente.
2	Se activa el módulo relé.	X		Toma un tiempo mayor a 3 segundos.
3	Los servomotores realizan una variación en su ángulo cuando se lo solicita.	X		La variación de los ángulos toma un tiempo mayor a 5 segundos.
4	Los mensajes mostrados son los correctos.	x		Funciona correctamente.

Como se puede observar en la tabla 5 el rendimiento del sistema se vio afectado por los delay, debido a que estos tiempos fueron muy grandes, lo cual produjo que el tiempo de respuesta de los servos motores sean grandes, es por eso que se optó por cambiar la función delay por delayMicroseconds, con lo cual se pudo mejorar notablemente el tiempo de respuesta. La figura 11 se puede observar como en la simulación del sistema los ángulos del servo motor han variado y lo han hecho en menor tiempo.

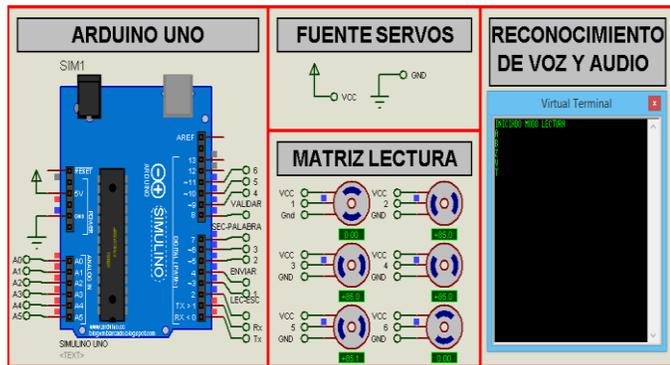


Figura 11: Prueba de Simulación en Proteus  
Fuente: Elaborado por el Autor

**Pruebas con niños de 5- 8 años**

Las pruebas fueron realizadas con un grupo de niños y niñas en edades comprendidas entre los 5 a 8 años que corresponden a los niveles de Primero a Cuarto Año de Educación Básica dando un total de 4 estudiantes, para esta actividad fue necesario realizar tres equipos, para que cada niño pudiese realizar las pruebas de manera individual.

Las experiencias tienen el propósito de evidenciar y documentar el impacto que causa en los niños en las edades antes mencionadas, y las observaciones que se obtengan en el momento del manejo de modulo interactivo. Cabe mencionar que debido al bajo conocimiento que poseen los niños de informática fue necesario realizar una pequeña clase de introducción y práctica con una duración de aproximadamente 30 minutos.

- Usuario 1

En la figura 12 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para para que pueda desempeñarse con facilidad. Así mismo la prueba del ejercicio realizado se adjunta en figura 68, donde se puede ver los errores que cometió y el buen manejo que tubo, cuando probó el tablero.



Figura 12: Pruebas Usuario 1  
Fuente Elaborado por el Autor

- Usuario 2

En la figura 14 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para para que pueda desempeñarse con facilidad. Así mismo la prueba del ejercicio realizado se adjunta en figura 13, donde se puede ver los errores que cometió y el buen manejo que tubo, cuando probó el tablero.

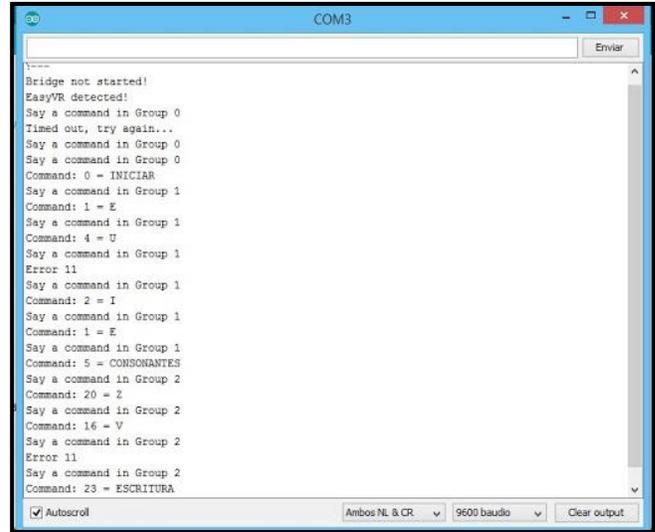


Figura 13: Pruebas Usuario 2  
Fuente: Elaborado por el Autor

- Usuario 3

En la figura 14 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para para que pueda desempeñarse con facilidad.

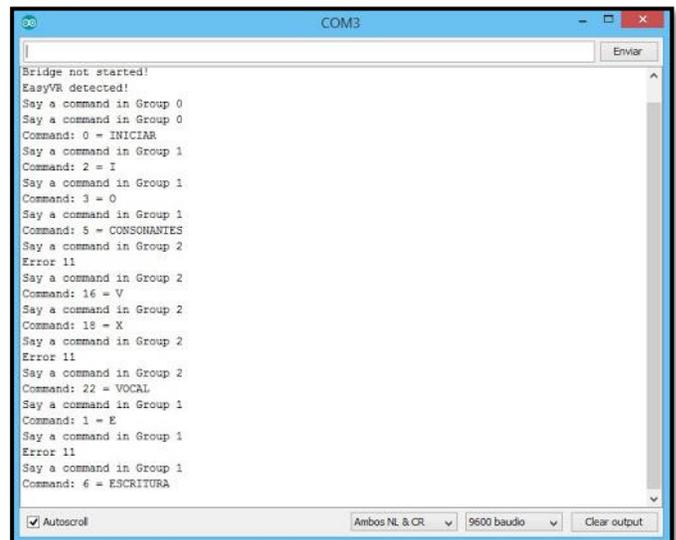


Figura 14: Pruebas de Usuario 3  
Fuente: Elaborado por el Autor

Despues de realizar las pruebas se puede observar la cantidad de aciertos y desaciertos que fueron cometidos por los niños que probaron el tablero. En base a esta tabla es posible identificar el porcentaje de fonemas que fueron reconocidos

satisfactoriamente por el tablero, es por esto que en la tabla 6 se puede observar que el sistema cuenta con un fiabilidad de 74%.

Tabla 6: Fiabilidad del Tablero Electrónico

Pruebas	Aciertos	Desaciertos	Porcentaje De Aciertos
Prueba Niño 1	20	7	74,07%
Prueba Niño 2	19	8	70,37%
Prueba Niño 3	21	6	77,78%
Prueba Niño 4	20	7	74,07%
Porcentaje de Fiabilidad del tablero Electrónico			74,07%

**Resultados del sistema electrónico**

Mediante las pruebas realizadas se determinó que el tablero electrónico resulta una herramienta auxiliar valiosa, la misma que facilita el aprendizaje de los métodos de lectura y escritura del sistema Braille.

Además, tuvo un impacto positivo por parte de los usuarios, ya que el sistema permite interactuar con el usuario, motivo por el cual se podría decir que se sienten mayormente motivados a aprender el sistema Braille.

Con la finalidad de evaluar el tiempo que les tomo aprender el código Braille por parte de los usuarios del sistema electrónico se realizó una comparación con el método tradicional, el cual se basa en el uso de la regleta y el punzón. El tiempo estimado para el aprendizaje de lectura Braille es aproximadamente 6 semanas y la escritura les toma alrededor de 5 semanas, estos datos son proporcionados por un Centro de capacitación (Ibarra), dichos tiempos pueden variar debido que depende del interés por aprender de cada persona.

Para determinar el tiempo que tarda un usuario en aprender a leer el alfabeto Braille utilizando el sistema electrónico, se realizaron prácticas durante varios días no consecutivos, siendo el tiempo transcurrido aproximadamente de 3 semanas. En la figura 15 y 16 se ilustra el tiempo que toma enseñar de la manera tradicional en comparación al uso del sistema.

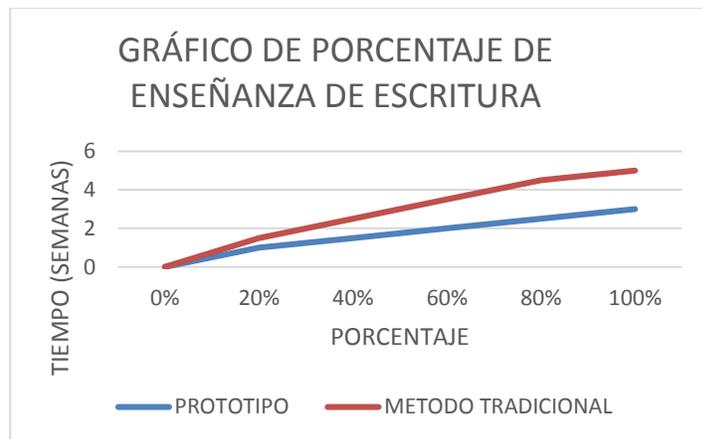


Figura 1: Comparativo de tiempo de enseñanza de Escritura Fuente: Elaborado por el autor

En las figuras 15 y 16, se observa que la utilización del sistema electrónico disminuye en 2 semanas el tiempo de aprendizaje de la escritura del código Braille en relación con el uso de la regleta y punzón.

Como se puede evidenciar el sistema electrónico propuesto mejora notablemente los tiempos de aprendizaje de lectura y escritura del código Braille en comparación al método tradicional, motivo por el cual es de gran aplicabilidad en el campo del aprendizaje de este.

**V. CONCLUSIONES**

Mediante las pruebas realizadas se determinó que el tablero electrónico resulta una herramienta auxiliar valiosa, debido a que permite interactuar con el usuario lo que facilita el aprendizaje de los métodos de lectura y escritura del sistema Braille.

Las actividades simples, tales como; encendido del tablero electrónico, reconociendo del área de la matriz de lectura, reconociendo del área de botones de comando ayudaron a automatizar desplazamientos de los brazos de izquierda a derecha y viceversa.

Con los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas se pudo determinar el nivel de ruido que tolera el tablero electrónico; siendo el valor óptimo para el correcto desempeño de este el rango comprendido entre 24dB, como valor mínimo y 40dB como máximo.

El tono de voz y sobre todo las diferentes maneras de pronunciar de cada persona, así como también los acentos que existen en nuestro país esto ha ocasionado cierta dificultad para identificar las diferentes órdenes emitidas por el usuario, debido a que no coinciden con los patrones de la voz previamente establecidos en el módulo Easy Vr.

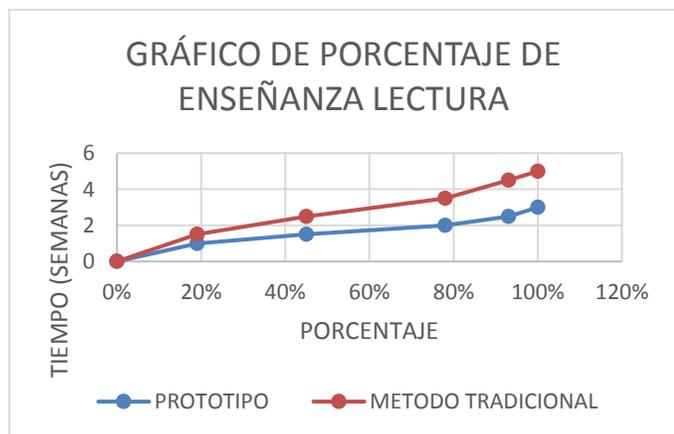


Figura 15: Comparativo de tiempo de enseñanza de Lectura Fuente: Elaborado por el autor

El micrófono de la placa Easy Vr al ser omnidireccional tiene una respuesta de sensibilidad constante, es decir capta los comandos de voz emitidos por el usuario independiente de la dirección que lleguen, lo cual origina afectaciones al tiempo de respuesta del sistema ocasionado por ruidos externos.

La distancia óptima del micrófono con el usuario para lograr una mayor eficacia del módulo de reconocimiento de voz debe ser mínima de 20cm y una máxima de 60cm.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar palabras cortas para lograr una mayor eficiencia a la hora de identificar las diferentes órdenes del sistema emitidas por el usuario.

Para mejoras futuras del tablero electrónico se recomienda la utilización de un filtro analógico, para la filtración de la voz; de esta manera se lograría discriminar determinada frecuencia o gamas de frecuencias generadas por el ambiente, con lo cual se lograría una mejor fiabilidad del sistema.

Para una mejor fiabilidad del sistema a la hora de reconocer la voz se recomienda utilizar un micrófono unidireccional, debido a que estos captan el sonido proveniente de una única dirección.

Para lograr una mejor adaptabilidad al sistema es necesario que el usuario posea un tacto desarrollado y una buena orientación espacial; además de dominar los conceptos de derecha, izquierda, arriba, abajo e identificar siluetas y figuras geométricas básicas (cuadrado, triángulo, círculo).

Para evitar posibles fallos del módulo y disminuir tiempos de respuestas EasyVr es recomendable grabar los patrones de reconocimiento en lugares con poco ruido exterior.

Las respectivas pruebas de entrenamiento de los comandos de voz deben realizarse con el micrófono en su posición final.

## REFERENCIAS

- [1] Consejo Nacional para Discapacidades, «Consejo Nacional para la Igualdad de discapacidades,» Gobierno de la República del Ecuador, 8 diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>. [Último acceso: 21 Noviembre 2017].
- [2] R. Cazár, «ICEVI,» Consejo Internacional de Educadores de Personas con Discapacidad Visual, 10 Febrero 2016. [En línea]. Available: [http://icevi.org/latin\\_america/publications/quito\\_confere](http://icevi.org/latin_america/publications/quito_confere)

[nce/analisis\\_de\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_.html](#). [Último acceso: 30 Diciembre 2017].

- [3] A. Mandal, «News Medical Life Sciences,» 27 junio 2012. [En línea]. Available: [https://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-(Spanish).aspx). [Último acceso: 5 enero 2018].
- [4] «Salud y Medicinas,» Grupo Multicolor, S.A., 5 abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/visual/temas-relacionados/discapacidad-visual.html>. [Último acceso: 10 enero 2018].
- [5] Sánchez, Ruth Moya; Vilasante, Mercedes Bermejo; López, Raquel Gómez; Batres, Manuel González; Moreno, Elena Morales; Arcones, Miriam Palomero, Apoyo psicosocial, atención relacional y comunicativa en instituciones, Madrid: Ediciones Paraninfo S.A, 2015.
- [6] «Ministerio de Educación de España,» Gobierno de España, 2018. [En línea]. Available: [http://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). [Último acceso: 18 12 2017].
- [7] CONADIS, «Agenda Nacional para La Igualdad en Discapacidades,» El Telégrafo, Quito-Pichincha-Ecuador, 2013.
- [8] M. d. Educación y D. N. d. E. especial/inclusiva, «Diseño e Implementación del nuevo modelo de educación Inclusiva,» Quito-Pichincha-Ecuador, 2012.
- [9] M. d. Educación, Lengua y Literatura 2º Grado Guía del Docente, Quito: El Telégrafo EP, 2016.
- [10] V. Gracia, «Hiswavila,» 2 enero 2015. [En línea]. Available: <http://hiswavila.com/total/3ds/atmega/tecladomenu.html#axzz571Uv6Mpq>. [Último acceso: 29 noviembre 2017].

## SOBRE LOS AUTORES.



Jonathan F. Estrada Ramírez. Nació en Tulcán el 4 de diciembre de 1991. Realizó sus estudios primarios en la Escuela “Cristóbal Colón” Los estudios secundarios los realizó en la Unidad Educativa “Vicente Fierro” donde finalizó en el año 2009 obteniendo el título de Bachiller Técnico en Electrónica. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte – Ecuador.



Carlos H. Pupiales Yépez, nació en la ciudad de Ibarra--Ecuador, se graduó de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el 2010. En el año 2015 recibió su título de Master of Telecommunications Engineering por la Universidad de Melbourne - Australia. Actualmente desempeña el cargo de Docente en la Universidad

Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra. Sus áreas de interés se centran en redes móviles celulares, redes de fibra óptica y la economía de las telecomunicaciones.