

# Diseño y construcción de material tiflotécnico que facilite la lectura y escritura en sistema Braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi

Fausto Acuña, Danilo Cherres

Departamento de Energía y Mecánica  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga  
Latacunga, Ecuador

*fvacunia@espe.edu.ec, danilo\_da91@yahoo.es*

**Resumen**— La falta de recursos tecnológicos para personas no videntes incide en la creación de empresas dedicadas a la fabricación de material tiflotécnico que facilita el aprendizaje e inclusión de las mismas a la sociedad, como es el caso de Freedom Scientific una corporación que investiga, crea y vende tecnología de este tipo, sin embargo el adquirir uno de estos equipos representa costos muy elevados, es aquí donde surge la necesidad de generar proyectos innovadores dentro del país, por tal motivo en el presente proyecto se desarrolla un teclado y línea Braille. El teclado consta de un diseño similar a una máquina Perkins, es decir consta de 11 teclas de las cuales 6 representando cada punto de la matriz generadora que al combinarlas establecen letras, números o símbolos, permitiendo crear documentos accesibles a ser impresos. La línea consta de 8 celdas las cuales permiten la lectura de palabras enviadas desde un ordenador. Cada uno de estos equipos son manipulados a través de un software diseñado bajo la plataforma Labview, mismo que posee sonidos pregrabados indicando las instrucciones para el usuario y las letras ingresadas al ordenador, facilitando de esta manera la creación de documentos Braille y lectura de palabras.

**Palabras clave**— *material tiflotécnico, teclado Braille, Línea Braille, Aprendizaje personas no videntes, generación de documentos Braille.*

**Abstract** — The lack of technological resources for blind people makes companies engaged in the manufacture of special material that facilitates the learning and inclusion of these people in the society, such as Freedom Scientific corporation which researches, creates and sells technology from this type, however buying one of these equipment has a really expensive value, here we start developing our innovative projects in our country. For that reason we present the braille keyboard and line. The keyboard has a design that is similar to Perkins machine, so it consists on eleven keys from there ones six represent each point of the generating matrix which is established by combining letters, numbers or symbols, that allow the creation of accessible documents that will be printed. The line consists on 8 cells which allow the reading of words that are sent from the computer. Each one of these devices are handled through a software that was designed under the Labview platform, this equipment has prerecorded sounds that indicates the user the instructions and the letters entered into the computer, in this way it facilitates the way of creating Braille documents and reading words.

**Keywords**— *developed materials, Braille keyboard, Braille display, document generation Braille*

## I. INTRODUCCIÓN

La aprobación y aplicación de normativa de obligado cumplimiento incide en el derecho a una educación de calidad e igualdad de oportunidades, y favorece la plena integración en la sociedad de todas las personas. La preparación para la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como posibilitadores del acceso a éstas por las personas con algún tipo de discapacidad. [1]

En 1945 el Ministerio de Educación de la República del Ecuador dispone “la atención de los niños/as que adolezcan de anormalidad biológica y mental”, así admitiendo a la educación de todos los ciudadanos sin discriminación. [2]

El sistema Braille creó el alfabeto de puntos en relieve, resultando fácilmente legible con el dedo para representar determinadas letras y grupos de letras, se compone de sesenta y tres signos de las sesenta y cuatro combinaciones que componen el dominio clásico de seis puntos, enumerado convencionalmente la columna del lado izquierda se numeran 1-2-3, de arriba abajo, y los de la mano derecha, 4-5-6, dando a la educación de estas personas un orden y una estabilidad desconocida hasta entonces. Braille estaba convencido de que su método podía aplicarse universalmente a cualquier lengua, en escritura cursiva o abreviada, a la música y a las matemáticas, habiendo podido comprobarse que realmente se adaptaba a todos los fines. [3]

La Tiflotecnología es el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología. Proporciona los instrumentos auxiliares, ayudas o adaptaciones tecnológicas, creadas o ajustadas específicamente para posibilitar a las personas la correcta utilización de la tecnología. [4]

Un teclado Braille es un dispositivo de entrada que permite representar cualquier carácter mediante la pulsación simultánea de unas pocas teclas, lo que permite alcanzar una gran velocidad de escritura, suelen poseer 6 u 8 teclas principales. [5]

## II. SELECCIÓN Y DISEÑO MECÁNICO

### A. Parámetros de Diseño.

Para el diseño del teclado, línea y software Braille se tomaron parámetros que permitan un fácil, cómodo y amigable funcionamiento.

### B. Línea Braille

El actuador seleccionado para mostrar los puntos de cada celda son dos motores a paso por cada letra, permitiendo controlar su activación, posición y dirección de octágonos donde cada cara corresponde a un grupo fijo de puntos dentro de la matriz mediante la una combinación binaria de puntos expuesta en la tabla 1.

**Tabla 1**  
Combinación binaria

Combinación			Opciones
0	0	0	8 posibles opciones
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Habiendo establecido características de diferentes motores PAP se seleccionó el motor 28BYJ-48 por su costo, accesibilidad, tamaño, torque, entre otras características.

Para los soportes de los motores a paso mostrados en la Figura 1 se necesitó un diseño capaz de soportar la fuerza ejercida por el movimiento de los mismos.

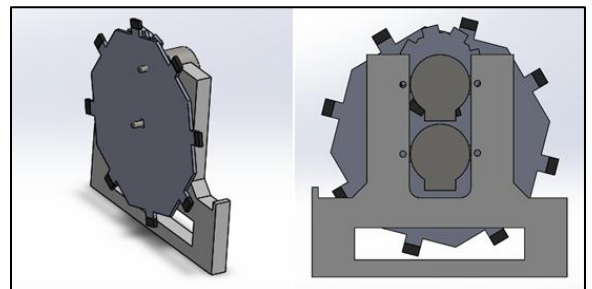


Figura 1 Diseño de soportes para los motores PAP

### Análisis de cargas de pandeo críticas y permisibles

Para la selección del material de los parantes se examinaron 3 materiales que son livianos y resistentes, como es el caso de: Acrílico, Nylon y ABS.

Se localizan y calculan las fuerzas a las que se someten los soportes mediante la ecuación (1), la Figura 2 muestra el análisis de fuerzas. [10]

$$M = F \cdot d \cdot \sin \theta \quad (1)$$

La línea Braille es un sistema electrónico que permite a las personas no videntes el acceso a la lectura en braille del texto que aparece en la pantalla de un ordenador o en otros aparatos informatizados, se incorpora como anexo del teclado convencional del ordenador y permite la aparición de puntos que van transcribiendo en Braille [4]

A nivel internacional existen diversos proyectos desarrollados referentes al diseño e implementación de teclado y línea Braille siendo estos:

En la Universidad Autónoma de Puebla – México, en el 2009, se realizó el proyecto TECBRAI (Tecnología Braille para Discapacitados Visuales) basado en la construcción de un teclado, línea y software para facilitar el aprendizaje de personas con discapacidad visual, el teclado es normal con relieves que representan el sistema braille en cada tecla, la línea se basó en dos electroimanes con suficiente magnetismo para mantener elevados los alfileres incrustados y empujados por el cabezal de una impresora matricial que incorporan cada punto de la matriz, siendo el software un editor de texto audible. [6]

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el año 2011, se desarrolla el Diseño e implementación de un prototipo de display táctil para personas no videntes, este proyecto se basó en una pantalla con 1 arreglo matricial de 6 puntos, que son percibidos por el nivel de intensidad en una zona específica limitada a la lectura de un caracter a la vez, mismo que utiliza el levantamiento del pivot de 6 relés para la configuración de la letra en sistema braille. [7]

En el Instituto Politécnico Nacional–México, en el año 2010 se desarrolló un dispositivo que permite a discapacitados visuales la lectura de documentos digitales, para la línea braille se utilizó alambre muscular como actuador para que suba o baje cada perno, mismo que representa cada punto de la matriz, por dificultades de maniobra mecánica y electrónica se implementó tan solo una celda. [8]

En la Pontífice Universidad Javeriana-Bogotá D.C., en el año 2005 se mostró un dispositivo que ayuda en el proceso de aprendizaje del código Braille, fue compuesto por una base de datos de archivos de sonido, un software de acceso y una interfaz electromecánica, se basa en la utilización de campos magnéticos formado por 180 solenoides, embobinadas con alambre calibre 39 y núcleo torneado a partir de un tornillo de acero grado 1, el software fue desarrollado en Visual C++, existían dos modos de utilizarlo, la primera opción era de tutor para niños, le permitía al usuario elegir 45 lecciones, por otro lado, la opción de Lectura de textos consentía abrir cualquier archivo de texto con la extensión .txt. [9]

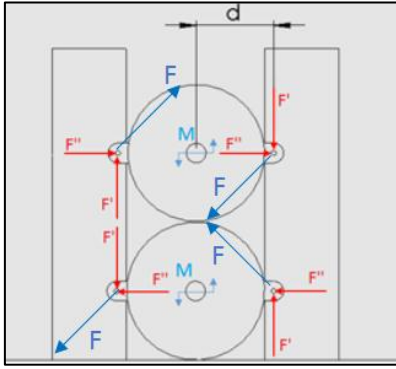


Figura 2 Análisis de fuerzas en parantes

Tomando en cuenta el torque de tracción del motor a pasos 28BYJ-48 dentro de la ecuación (1), se tiene:

$$F = \frac{34,3\text{mNm}}{17,5\text{mm} \left(\frac{1\text{m}}{1000\text{mm}}\right) \sin 45^\circ}$$

$$F = 2,77185\text{N}$$

Como actúan dos motores en cada columna la fuerza total será el doble, por lo tanto:

$$F \text{ total en cada columna} = 2 \times F$$

$$F \text{ total en cada columna} = 5,5437\text{[N]}$$

Para el cálculo de esfuerzo crítico y permisible se debe calcular la relación de esbeltez que permite saber si es columna corta o larga, seleccionando el tipo de sujeción para obtener el factor de fijación de los extremos (K), los cuales se muestran en la Figura 3 [10].

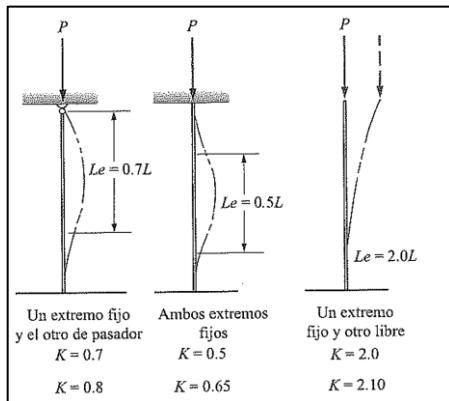


Figura 3 Tipos de sujeciones

“En el caso de los parantes es, un extremo fijo y uno libre por lo que  $K=2,10$ ”

Entonces la relación de esbeltez se conoce mediante la ecuación (2):

$$SR = \frac{KL}{r} = \frac{L_e}{r} \quad (2)$$

Siendo  $L_e$  la longitud efectiva basada en la fijación (K), se establece puntos críticos donde se prevee un fallo del diseño los cuales se muestran en la Figura 4.

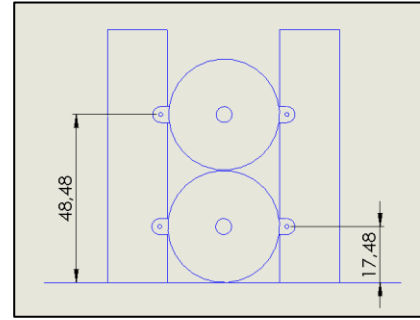


Figura 4 Puntos críticos dentro de los parantes

Utilizando la ecuación (2) se tiene:

Punto crítico 1:

$$SR = 21,597$$

Punto crítico 2:

$$SR = 7,787$$

Para Definir si la columna es corta o larga es necesario obtener la constante de la columna ( $C_c$ ) mostrada en la ecuación (3). [10]

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (3)$$

$$\frac{L_e}{r} > C_c \therefore \text{Es una columna larga} \rightarrow \text{EULER}$$

$$\frac{L_e}{r} < C_c \therefore \text{Es una columna corta} \rightarrow \text{J.B. Johnson}$$

Ya que las relaciones de esbeltez son menores que la constante de columna se toma la fórmula de J.B.Johnson ecuación (4) para obtener la carga de pandeo crítica. [10]

$$P_{cr} = A \cdot S_y \left[ 1 - \frac{S_y \left(\frac{L_e}{r}\right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad (4)$$

Se toma en cuenta los criterios de esfuerzos de diseño cortante que exhibirá el fenómeno de cedencia mostrados en la Tabla 2 para el cálculo de carga permisible ecuación (5). [10]

Tabla 2  
Criterios de esfuerzo (N)

Forma de carga	Esfuerzo de diseño, materiales dúctiles	
Estática	Use N=2	$\tau_j = S_y/4$
Repetida	Use N=4	$\tau_j = S_y/8$
impacto	Use N=6	$\tau_j = S_y/12$

$$P_a = \frac{P_{cr}}{N} \quad (5)$$

La Tabla 3 muestra los datos obtenidos de cálculos realizados para fuerza crítica y permisible de los materiales preseleccionados.

**Tabla 3**  
Análisis de fuerzas

Material	Fuerza Permisible [N]		Fuerza Máxima Columna [N]	Factor de Diseño
	P.c. 1	P.c. 2		
ABS	7,40	8,97	5,5437	2
Nylon	7,40	12,48	5,5437	2
Acrílico	6,68	8,09	5,5437	2

Obtenidos estos datos se llega a la conclusión que los tres materiales son óptimos para su construcción, sin embargo el plástico acrílico posee la menor fuerza permisible, por tanto será con el que menos se sobredimensiona.

*Análisis de parámetros mediante el software SolidWorks*

A más del análisis de fuerzas permisibles es necesario tener otros análisis como son la tensión de Von Mises, desplazamiento, deformación unitario y el más importante el factor de seguridad que permitan la correcta selección del material.

El factor de seguridad Figura 5, muestra los puntos donde el material puede sufrir una falla, esto quiere decir la relación que existe entre la tensión de Von Mises y el límite elástico del material, en la Tabla 4 se puede observar los valores para los materiales preseleccionados.

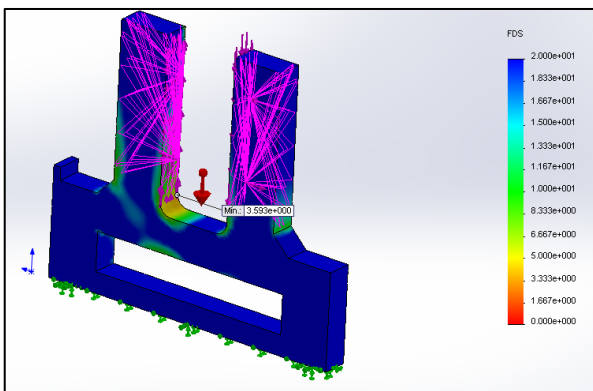


Figura 5 Análisis del Acrílico

**Tabla 4**  
Valores de Factor de Seguridad

Material	Factor de Seguridad
ABS	1,013
NYLON	9,289
ACRÍLICO	3,593

Exhibidos los valores de factor de seguridad en la Tabla 3 y sabiendo que el mínimo valor para materiales dúctiles estáticos es de  $N=2$  [10], se pudo analizar que el material acrílico cumple con un factor de 3,593 haciéndolo un buen candidato para su uso, el ABS tiene un factor de seguridad muy bajo de 1,013 y no cumple con la condición descrita mientras que el nylon se sobredimensiona a 9,289.

Tomando en cuenta aspectos como nivel de corrosión, costo, factor de seguridad, maquinabilidad, disponibilidad de materia entre otros se seleccionó el acrílico para la construcción cumpliendo con todos los requerimientos necesarios.

*Método para el posicionamiento de los puntos de la matriz Braille*

Para que los motores de cada celda de la línea Braille se posicionen es necesario levantar la carcasa para que así esta no interrumpa con su trayectoria, se seleccionó el motor OEM car central Locking [11] expuesto en la Figura 6, siendo un motor DC de 12V con un consumo de corriente de 0,15A con una fuerza de 4Kg cumpliendo con la principal característica que es tener desplazamiento lineal.



Figura 6 Motor de movimiento lineal

*C. Teclado Braille*

El teclado, Figura 7, fue diseñado y modelado pensando en facilitar el uso a las personas no videntes, esto quiere decir que los botones son fácilmente localizados por los mismos, consta de 11 botones cada uno con una función específica, los primeros 6 botones son los que representen la matriz braille, estos fueron localizados de la misma forma que la máquina Perkins facilitando la interacción hombre - máquina, a mas incluye otros botones los cuales se especifican en la Tabla 5.

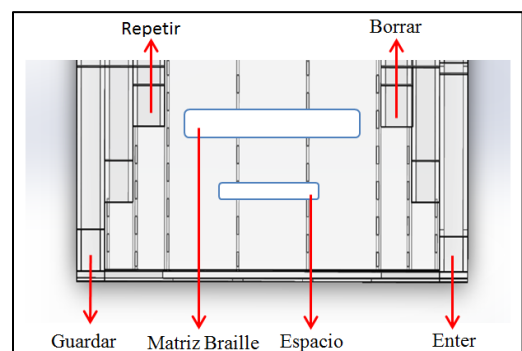


Figura 7 Modelado teclado Braille

**Tabla 5**  
Botones dentro del teclado Braille

Botones	Acción
6 botones	Representan la línea braille
1 botón	Espacio
1 botón	Enter
1 botón	Borrar
1 botón	Repetir
1 botón	guardar

El diseño final mostrado en la Figura 8 para ser implementado se basó en las características estéticas de una máquina Perkins integrada una línea Braille.

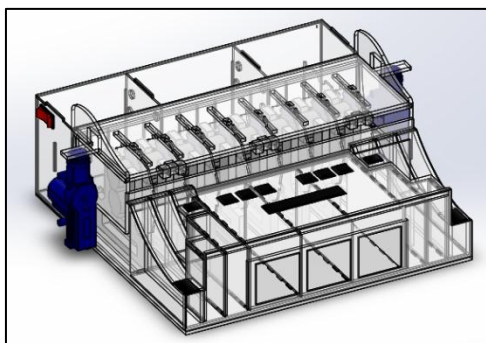


Figura 8 Modelado teclado Braille

### III. SELECCIÓN Y DISEÑO ELECTRÓNICO

#### A. Teclado Braille

Para el diseño electrónico del teclado se tomó en cuenta principalmente la selección del tipo de adquisición de dato, esto se refiere si será en franco positivo o negativo.

El diseño se desarrolló dentro del software ISIS PROTEUS 7 para posteriormente ser exportadas a la plataforma ARES mostrada en la Figura 9, consta de entradas para 12 botones de las cuales una queda libre.

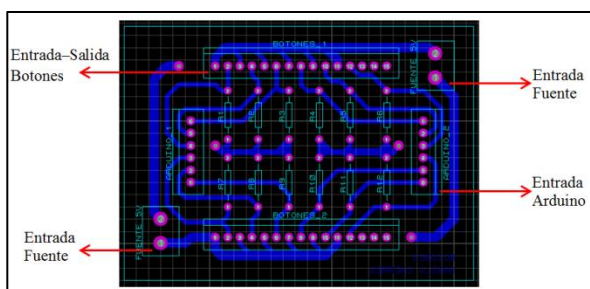


Figura 9 Diseño placa botones

La placa consta de dos entradas para la fuente que son del mismo voltaje, esto permitirá que las corrientes se distribuyan y no sobrecargas.

#### B. Línea Braille

Dentro del diseño electrónico de la línea braille se tomó en cuenta aspectos como tipo de módulo de control, diseño de placas para los módulos, tipo de control para los motores que alzarán la carcasa para el posicionamiento de los octágonos, diseño de placas para el control de los motores, entre otros.

Se seleccionó trabajar con el módulo de control pololu A4988 ya que se evita complicaciones con la tarjeta arduino y se tendrá un control absoluto sobre los motores.

#### Diseño de placas para los módulos A4988

Se tomaron en cuenta ciertos aspectos como la entrada de dos fuentes, de las cuales una es de 5V para el módulo y la otra de 12V para los motores, consta con 3

entradas que vienen desde la tarjeta arduino y estas son: step, sleep, y direction, las cuales permiten el control total de los motores, el proceso para el movimiento de los motores se expone en la Figura 10

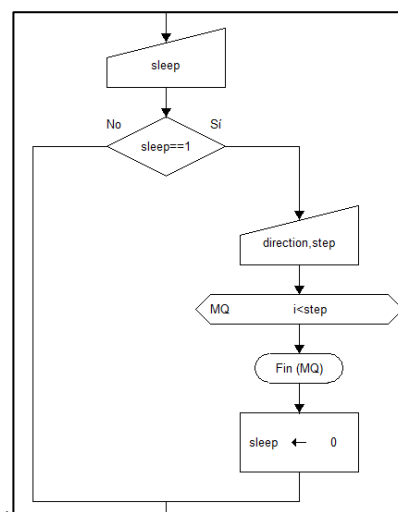


Figura 10 Placa de control Módulo A4988

El diagrama de la Figura 10 muestra el proceso para la activación y movimiento de los motores PAP, al enviar un pulso por parte de la tarjeta de control el módulo se activará, al activarse se reciben los valores de dirección y la cantidad de pulsos para el movimiento, una vez terminada se envía el pulso para que la tarjeta se desactive y pare el consumo de energía.

#### C. Consumo energético

El principal parámetro para la selección es poseer dos niveles de voltaje, de 5V y 12V para los módulos A4988 y motores respectivamente, en la tabla 6 se detalla el consumo de cada componente alimentado por esta fuente.

Tabla 6  
Consumo energético

Cantidad	Dispositivo	Consumo teórico [mA]	Consumo medido [mA]	Consumo total [mA]
16	Motor PAP	220	430	6880
16	Módulo A4988	8	8	128
2	Motor DC	150	150	300
<b>Total</b>				<b>7308</b>

Al tener un máximo de 7,308 Amp. y necesitar dos valores de voltaje, se seleccionó una fuente tipo ATX, cumpliendo con los requisitos de diseño para el consumo energético.

### IV. SISTEMA DE CONTROL

El control se realizó en dos plataformas tanto en Labview como en Arduino permitiendo la codificación y decodificación de datos, esto permite realizar acciones específicas en cada una, como por ejemplo arduino se encarga de dar los valores para que los motores se desplacen y Labview recibe datos e interpreta organizando dentro de arrays sincronizándose por puerto serial.



En el caso del teclado Braille, Labview espera los datos dispuestos por los botones, los cuales son primeramente codificados dentro de la tarjeta arduino.

En el caso de la línea Braille se envía palabras de máximo 8 caracteres desde Labview, estos datos se reciben en un orden específico para que la tarjeta posicione los motores a paso correctamente.

Cabe recalcar que el software desarrollado incorporó sonidos pregrabados que emiten las instrucciones y opciones que el usuario debe seguir, así como la letra que se va ingresando.

Dentro de la programación existen 5 partes importantes mostradas en el organigrama de la Figura 11.



Figura 11 Organigrama Transmisión de datos

Para el ingreso de letras por medio del teclado braille se sigue una secuencia lógica mostrada en el flujo grama de la Figura 12.

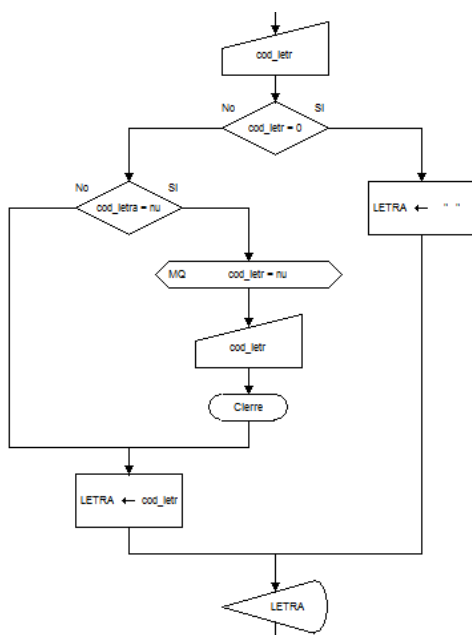


Figura 12 Flujo grama ingreso de texto

De la Figura 12, Cond\_letr es el código que ingresa al software desde el teclado, este valor es de tipo entero que

al compararse con 0 muestra si existe datos en el buffer, "nu" que permite saber si pertenece a una letra o número, en el caso de ser número espera a que se ingrese el siguiente carácter para inicializar nuevamente el lazo de control.

## V. IMPLEMENTACIÓN

La implementación puntualiza el ensamblaje del teclado y línea en su parte mecánica, electrónica, y desarrollo de la interfaz gráfica.

### A. Implementación Mecánica

Para el montaje de la estructura del teclado y línea Braille, primero se adquiere acrílico de 2, 4 y 9 milímetros los mismos que serán cortados en su totalidad por la cortadora Láser [12] en el laboratorio de CNC de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.

Para la estructura del teclado se manipuló material de dos espesores: el de 2 milímetros se utilizó en las capas superficiales y el de 4 milímetros en los soportes.

En la estructura de la línea se mecanizó el acrílico de 9 milímetros ya que los parantes deberán soportar la fuerza ejercida por los motores, en la Figura 13 se observa el proceso de corte de los componentes.

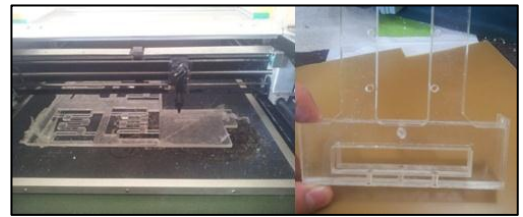


Figura 13 Parantes para los motores

Al culminar con las piezas, se armó y selló con acrílico líquido para garantizar la fijación de las uniones como se muestra en la Figura 14 la estructura ensamblada.



Figura 14 Estructura teclado y línea Braille

Posteriormente se colocaron los motores junto a los parantes con sus respectivos octógonos que son los desplazados, en la Figura 15 se muestra el montaje en conjunto.

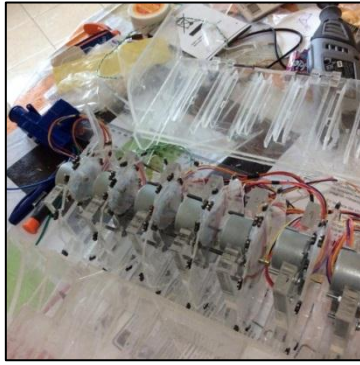


Figura 15 Montaje de los motores PAP dentro de la Línea Braille

### B. Implementación Electrónica

Para el funcionamiento de la máquina se implementaron una serie de placas electrónicas:

- 16 placas para los módulos A4988.
- 1 placa para los botones.
- 1 placa para el sentido de giro de los botones.
- 1 placa para la activación de los motores lineales que alzan la carcasa de la línea.

En la Figura 16 se observa las 16 placas para los módulos A4988.



Figura 16 Placas de Módulos A4988

Al culminar se procedió a montarlas sobre la estructura, contando con espacio propio, lo que permite mantenerlas aisladas una de otra, la Figura 17 permite ver la distribución de las placas dentro de la estructura.



Figura 17 Distribución de los módulos A4988

Para la implementación del cableado de datos desde la tarjeta arduino, se utilizó 4 series de cables UTP que en total serian 32 hilos y al contar con un sistema de colores por cada serie de cable se puede identificar el tipo de dato que se transmitirá como muestra la Tabla 7.

Tabla 7  
Localización de datos por colores

Color	Función	Color	Función
Blanco y azul	Step	Blanco y café	Step
Azul	Sleep	Café	Sleep
Verde	Step	Tomate	Step
Blanco y verde	Sleep	Blanco y tomate	Sleep

De esta manera, la distribución de entradas y salidas de la tarjeta arduino se muestra en la Figura 18.

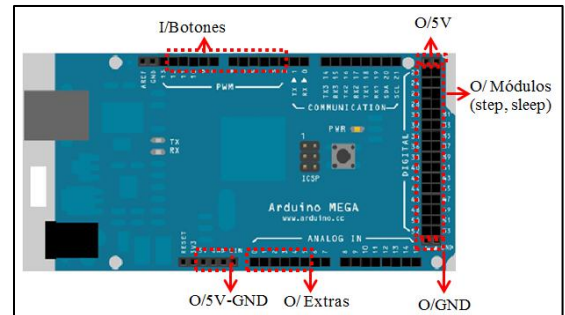


Figura 18 Distribución de I/O en la tarjeta Arduino Mega 2560

En lo referente a terminados del teclado se forró con cuerina y papel contact que permite proteger al acrílico, las teclas se sacaron de una laptop Toshiba modelo NSK-TN0SV para así brindar mayor comodidad, en la Figura 19 se muestra la máquina completa.



Figura 19 Teclado y línea Braille

### C. Desarrollo de la Interfaz gráfica

La interfaz gráfica constó de 5 pantallas con 3 opciones las cuales permiten el ingreso de texto por personas no videntes, ingreso de palabras y creación de documentos por parte del tutor, a continuación se detalla cada una de ellas:

#### Mensaje de inicio

Esta pantalla permanecerá encendida durante 3 segundos los cuales muestran que el programa ha iniciado como se aprecia en la Figura 20.



Figura 20 Mensaje de inicio (pantalla1)

**Menú**

El menú mostrado en la Figura 21 consta de 4 opciones a las cuales se puede ingresar por medio de la PC o por el teclado braille según el orden.



Figura 21 Menú (pantalla2)

La persona no vidente sabrá que ingreso al menú cuando una voz le informe sus opciones, esto significa que se estableció la comunicación.

*Nuevo documento por persona no vidente*

Al ingresar a la primera opción aparecerá la pantalla de escritura exclusivamente para personas no videntes que se observa en la Figura 22, aquí pedirá que se ingrese primeramente el nombre del archivo, únicamente se ingresan nombres simples sin tildes ni caracteres especiales, luego se podrá empezar a redactar el documento.

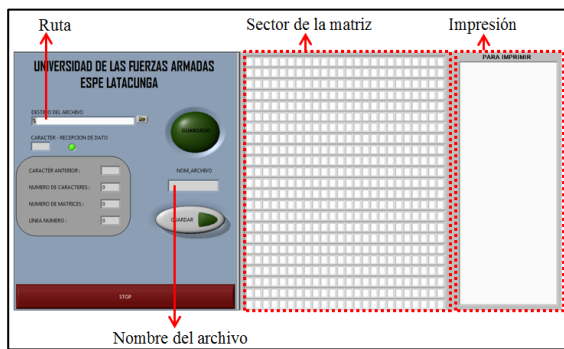


Figura 22 Nuevo documento por personas no videntes (pantalla3)

**Línea Braille**

Para esta pantalla es necesaria la presencia del tutor o persona a cargo ya que será la encargada de mover los motores, en la Figura 23 se observa el entorno gráfico.

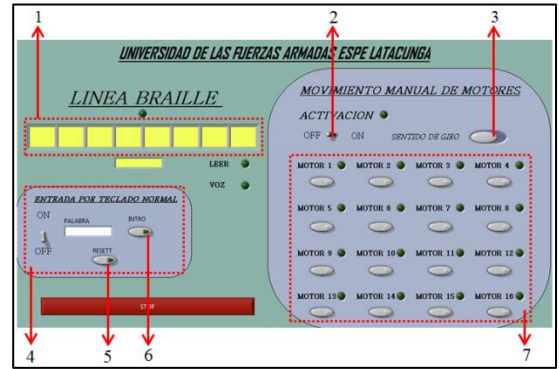


Figura 23 Línea Braille (pantalla4)

Siendo 1 la sección que mostrará las letras ingresadas por el teclado braille, 2 es la opción que permite o no mover los motores independientemente al activar esta opción se deberá seguir los pasos indicados por la voz que la Pc emitirá, 3 muestra el sentido de giro que se moverá el motor, 4 esta es la sección que el tutor podrá ingresar una palabra, una vez ingresada la palabra deberá presionar el botón INTRO, 5 permite borrar todo e ingresar una nueva palabra, 6 es el botón INTRO, 7 es la sección en la cual se encuentra el control de cada motor mientras se tenga presionado el motor se moverá.

*Editor de texto normal*

Esta pantalla es exclusiva para los tutores, ya que aquí se generan archivos .txt que posteriormente podrán imprimir dentro de una impresora Braille, al ingresar a esta opción aparecerá un mensaje el cual informa que primero debe ingresar el nombre del documento, mientras se ingresa el texto en la sección 1 se irán acomodando los datos en la matriz de la sección 2, en la Figura 24 se muestra el entorno gráfico.

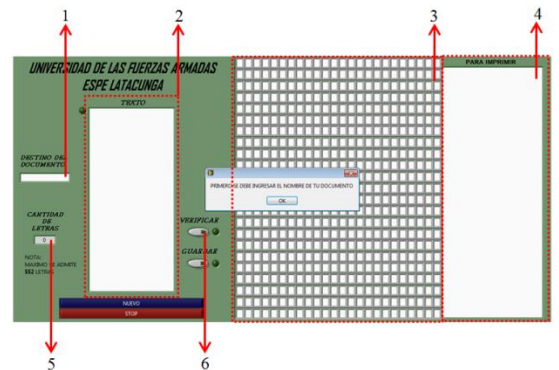


Figura 24 Nuevo documento por tutores (pantalla5)

Donde 1 es el lugar que se debe ingresar el nombre del archivo, una vez ingresado el nombre se activará la sección de texto, 2 sección de texto, 3 representa la hoja que se imprimirá, 4 al presionar el botón guardar el texto aparecerá en esta sección la cual indica que se guardó con éxito, 5 aquí aparecerá la cantidad de caracteres dentro del documento, al llegar al caracter 552 emitirá un mensaje audible que se ha terminado la hoja y se deberá guardar y crear uno nuevo, 6 este botón permitirá actualizar el documento en el caso que se haya errado en algún carácter o se desee moverlo.



## VI. PRUEBAS

### A. Pruebas del teclado Braille

Para la prueba de velocidad de adquisición se envían datos desde el teclado Braille de forma seguida, se observó que los datos llegan pero existe un pequeño retraso que aumenta a medida que se emite más veces el carácter, este fenómeno ocurre por el tiempo que se demora en reproducir el sonido al que pertenece, por lo que se recomienda esperar que termine de reproducir la letra introducida para continuar con el siguiente.

Para la prueba de fiabilidad del dato se envían 10 caracteres que implica presionar más de un botón a la vez, a nivel general se puede evidenciar que al aumentar la cantidad de botones presionados el dato que recibe labview no es el que se presiona, esto acontece en el momento de soltar ya que los dedos no se levantan al mismo tiempo, este inconveniente se resolvió organizando los caracteres por niveles y así se asegura que al ingresar a un nivel superior no regresará a sus inferiores como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**  
Envío de datos desde el teclado Braille prueba de fiabilidad rectificada

Caracter	Primera vez	Segunda vez	Tercera vez
b	b	b	b
c	c	c	c
l	l	l	l
m	m	m	m
v	v	v	v
w	w	w	w
ñ	ñ	ñ	ñ
q	q	q	q

### B. Pruebas de la línea Braille

En la Unidad Especializada de No Videntes existen 13 estudiantes entre niños y personas adultas de los cuales 2 niños y 4 adultos saben un poco del sistema Braille.

La prueba de la línea Braille consiste en la lectura de palabras por parte de personas no videntes, alcanzando óptimos resultados desplegados en la Tabla 9.

**Tabla 9**  
Lectura de personas no videntes en la línea Braille

Lectura de Personas No Videntes					
Letra	Niño	Adulto	Letra	Niño	Adulto
m	✓	✓	s	✓	✓
a	✓	✓	e	✓	✓
m	-	✓	m	-	✓
a	✓	✓	a	✓	✓
			f	✓	✓
			o	✓	✓
			r	✓	✓
			o	✓	✓

Mostrando que la persona adulta por su experiencia tiene el sentido del tacto más desarrollado alcanzando a la leer todas las letras implicadas, mientras que el niño tuvo dificultad en la letra de la tercera posición, a rasgos generales la línea puede interpretada por personas que sepan del sistema Braille.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Conclusiones

Se desarrolló y concluyó con éxito el diseño e implementación del teclado y línea Braille para niños y personas adultas de la Unidad Especializada de No Videntes que permite la creación de documentos que posteriormente pueden ser impresos.

Se realizó una investigación del sistema Braille para conocer la distribución y combinaciones existentes de puntos dentro de la matriz Braille.

Se implementó sonidos para cada acción que la persona no vidente realice mientras utiliza el teclado y línea braille, esto aporta a la persona ya que logra saber el dato que ingresa hacia su documento.

Gracias al apoyo de la Lic. Belén Chiluisa se logró conocer el método de enseñanza para niños y personas adultas y en base a ello se consideró el diseño óptimo para la enseñanza.

Se analizó y rectificó las posibles fallas dentro del teclado y línea braille junto a las educadoras del instituto, Lic. Jenny Chasi y Lic. Belén Chiluisa

Se comprobó que los niños y personas adultas de la institución luego de las mejoras de la línea Braille logran entender cada punto de la misma, contribuyendo al desarrollo de su sentido sensorial.

El proyecto desarrollado es útil, ya que se pudo observar un gran interés por parte de las personas no videntes y las profesoras, aportando al aprendizaje e inserción a la sociedad.

### B. Recomendaciones

Una vez culminado el proyecto con éxito se recomienda encontrar otro método para los actuadores de la línea braille, permitiendo ser utilizados sin la asesoría del tutor, sin embargo para este proyecto el tutor supo manifestar que le daría aplicaciones a la línea braille como tomar lecciones y realizar el reconocimiento de palabras que la persona no vidente ingresa mediante el teclado braille, aportando a su aprendizaje.

Para realizar este tipo de proyectos de vinculación es necesario un acercamiento con las personas no videntes ya que permiten conocer el sistema de aprendizaje y realizar un diseño familiar para facilitar su utilización.

Para el corte de los parantes para los motores se recomienda utilizar una cortadora de mayor resolución ya que esta es la que define la altura de los puntos de la línea braille, dentro del proyecto se utilizó pequeñas

alzas para lograr que los puntos sean sensibles al tacto de las personas.

Es recomendable encontrar un tipo de algoritmo que permita adquirir un solo dato desde el teclado braille, ya que la persona no vidente irá presionando botón a botón y el dato va cambiando, dado esto en el presente proyecto se adquieren los datos una vez que la persona no vidente suelta todos los botones.

Al realizar proyectos similares se recomienda implementar una línea Braille con mayor número de caracteres y así lograr reproducir en ella oraciones completas.

Teniendo 2 motores de desplazamiento lineal para la carcasa, se recomienda cambiarlos cada 100.000 palabras ya que esta es la vida útil que garantiza el diseñador de los mismos.

Al utilizar el software incluido en el teclado y línea braille es recomendable atender a las instrucciones que la Pc indica en forma audible, y así aprovechar al máximo las opciones y características implementadas.

#### VIII. REFERENCIAS

- [1] A. Antón, «Programas y apoyos técnicos para favorecer la accesibilidad en la universidad,» *Revista Apertura*, pp. 1-3, 2010.
- [2] VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, «EDUCACIÓN,» Noviembre 2011. [En línea]. Available: [http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Modulo\\_Trabajo\\_El.pdf](http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Modulo_Trabajo_El.pdf).
- [3] . C. MACKEN, «LA ESCRITURA BRAILLE EN EL MUNDO,» *UNESCO PUBLICATION*, pp. 7-40, 1954.
- [4] Ministerio de Educación España, «Educación Inclusiva: Discapacidad Visual,» 2008. [En línea]. Available: [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). [Último acceso: Diciembre 2014].
- [5] S. L. Mora, «Accesibilidad en la Web,» 23 Diciembre 2006. [En línea]. Available: <http://accesibilidadenlaweb.blogspot.com/2006/12/qu-es-una-lnea-o-teclado-braille.html>. [Último acceso: 13 Octubre

2014].

- [6] a. Moreno Carmona, *Modelado del sistema TECBRAI* (Tecnología, México: Tesis, 2009.
- [7] D. C. Bustos y S. E. Cobo, *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPLAY TÁCTIL PARA PERSONAS NO VIDENTES*, Latacunga: Tesis, 2011.
- [8] I. Juárez García, *Dispositivo de lectura para invidentes basado en el sistema Braille*, México: Tesis, 2010.
- [9] A. Cétares Salas, *Sistema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones Visuales*, Bogotá: Tesis, 2005.
- [10] R. MOTT, *Resistencia de Materiales*, México: Pearson Education, 2009.
- [11] OEM, «Aliexpress,» 2010. [En línea]. Available: <http://es.aliexpress.com/item/Car-Central-Locking-2-Wire-Single-Gun-Type-Power-Door-Lock-Actuator-Motor-12V-Auto-Door/32391145577.html>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].

#### IX. BIOGRAFÍA



**Fausto Acuña.** Nació en Latacunga provincia de Cotopaxi, Ecuador. Es Ingeniero Electromecánico en la ESPE. Maestría en Gestión de Energía en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Docente tiempo completo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

E-mail: [fvacunia@espe.edu.ec](mailto:fvacunia@espe.edu.ec)



**Danilo Cherras.** Nació en Quito, provincia de Pichincha, Ecuador. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio “Verbo Divino” de la ciudad de Guaranda donde adquirió el título de Bachiller en la especialidad de Físico Matemático. Es graduado de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el año 2015.

Email: [danilo\\_da91@yahoo.es](mailto:danilo_da91@yahoo.es)