

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

Fausto Acuña, Marco Singaña, Paola Llamuca, Estefania Fernández

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

*fvacunia@espe.edu.ec, masingania@espe.edu.ec, paolo\_friend@hotmail.com, refernandez0802@gmail.com*

**Resumen**— Los materiales tiflotécnicos, son recursos que aportan al aprendizaje de la persona invidente o que presente una deficiencia visual, así también permite relacionarse con el medio y la tecnología que lo rodea. Varios métodos y sistemas se han creado a lo largo de los años uno de ellos es el Código Braille, está basado en un símbolo formado por 6 puntos que al deslizar los dedos la persona interpretará cada una de las letras del alfabeto. Con el uso de herramientas tecnológicas, se a desarrollado una impresora para caracteres Braille; misma que consta de un sistema percutor desplazados por mecanismos en los ejes X, Y para formación del relieve de los puntos, enviados desde un ordenador con la respectiva conversión de caracteres ASCII a Braille. La interfaz de usuario, tiene un diseño adecuado para fácil manejo por parte de la persona invidente, contiene dos botones para cargar archivos .txt e imprimir el documento respectivamente. Una vez implementado, se logra la impresión de letras, vocales, números, y signos; en un área de impresión de 24 caracteres por línea y 23 líneas por hoja en un tiempo estimado de impresión de 23 minutos, es decir 1 minuto por línea, funcionando así el equipo de manera satisfactoria. Finalmente, mediante pruebas se verificó la calidad del punto Braille, siendo esta perceptible por la persona no vidente.

**Palabras clave**— *material tiflotécnico, impresora braille, discapacidad visual, sistema braille*

**Abstract** — The developed materials are resources that contribute to the learning of the blind person or for those ones who present a visual impairment, so it lets them to interact with the environment and technology that surrounds them. Several methods and systems have been created over the years one of them is the Braille Code that is based on a symbol, containing 6 points that person will recognize the letters of the alphabet sliding their finger around it. With the use of technological tools, it has developed a Braille printer; it consists of a system displaced striker mechanisms in the X, Y axes for the formation of relief points, which were sent from a computer with the respective conversion of ASCII characters to Braille. The user interface has a suitable design for an easy use by the blind person, it contains two buttons to load .txt files and print the document respectively. Once implemented, printing letters, vowels, numbers, and punctuation is achieved; in a print area of 24 characters per line and 23 lines per sheet printing in an estimated time of 23 minutes, it means 1 minute per line, and the device working satisfactorily. Finally, it was testing Braille dot quality so in that way it was verified, this being perceptible by the blind person.

**Keywords**— *developed materials, braille printer, visual impairment, braille system*

## I. INTRODUCCIÓN

El Sistema Braille es un código táctil de lecto-escritura, basada en una matriz de seis puntos dispuestos en dos columnas paralelas de tres puntos cada una, los cuales, escritos en relieve y combinados entre sí, forman todas las letras del alfabeto, signos de puntuación y números. [1]

Las nuevas tecnologías complementadas con el sistema Braille, permiten que las personas invidentes puedan ser usuarias, como todos los ciudadanos, de los más avanzados sistemas digitales de comunicación como modelo inclusivo; capaz de atender las demandas y necesidades de las personas, independientemente de sus características individuales.

En este contexto, una impresora Braille es un dispositivo electrónico que permite imprimir textos e imágenes simples empleando puntos percutidos en papel, las mismas que son enviadas desde un ordenador personal. [2]

Para la impresión de caracteres Braille al igual que las impresoras convencionales requiere de un mecanismo de impresión, en este caso se utilizan percutores, los mismos que al ser lanzados con fuerza contra el papel, marcan la hoja, sobresaliendo los puntos por la cara contraria a la percutida. La fuerza requerida debe ser la suficiente para que el relieve pueda ser perceptible por la persona no vidente, pero no puede ser excesiva, ya que se puede perforar el papel.

Tomando en consideración investigaciones desarrolladas a nivel internacional, se analizan proyectos relacionados a impresoras Braille como:

En la Escuela Politécnica Nacional, en el año 2011, se realizó el diseño y ensamblaje de una Impresora Braille, la misma que parte de una impresora HP-95C, a la cual se le acopla un sistema percutor, encoder óptico, conjuntamente con su alojamiento mecánico, motor reductor y carcasa externa, controlada a través interfaz gráfica en LabVIEW. [3]

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el año 2012, se diseñó e implementó un sistema con interface a PC para automatizar una máquina de

escribir Braille, para la cual se utilizaron actuadores lineales eléctricos y el microcontrolador 18f2550 para controlar los actuadores que automatizan el sistema, se utiliza comunicación USB para establecer conexión entre el PC y, un software aplicado en Java que tiene como objetivo principal de convertir el alfabeto latino en alfabeto Braille.[4]

En la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Nicolás, en el año 2009, implementaron una impresora Braille, para el cual se toma como base una impresora ya existente y se modifican acorde al prototipo diseñado, como elemento percutor se utilizan un electroimán de la impresora láser que se adaptó a los requerimientos. [5]

## II. SELECCIÓN Y DISEÑO MECÁNICO

### A. Parámetros de Diseño.

El diseño de la impresora Braille, parte del estudio de parámetros que permita la impresión de puntos en relieve formando caracteres sobre papel, por medio de un sistema percutor para que la persona invidente tenga acceso a la información.

El cabezal de impresión se desplazara sobre ejes (X, Y), siendo la alimentación de la hoja, una por impresión y la matriz Braille se formará por medio de un actuador lineal (Z). (Figura 2)

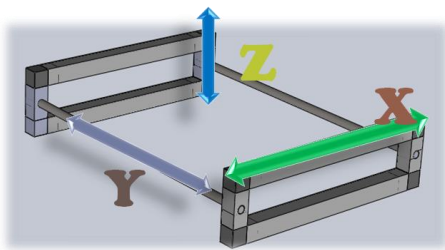


Figura 1. Sistema de desplazamiento

En base al análisis del área de trabajo, se imprimirá los caracteres Braille, en formato A4 los mismos que serán distribuidos: 24 caracteres por línea y 25 líneas por hoja como se muestra en la figura 3.

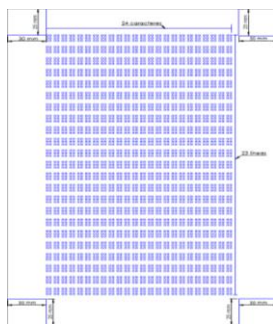


Figura 2. Área de trabajo

### B. Diseño del Cabezal (Eje X)

El sistema de desplazamiento del cabezal de impresión (Eje X), lo realiza por medio de dos ejes paralelos

dispuestos verticalmente, a través de rodamientos lineales, mostrados en la figura 4.

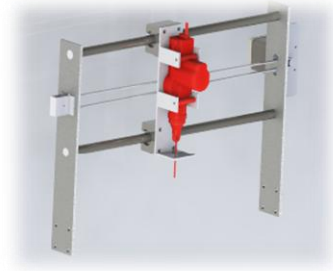


Figura 3. Cabezal de Impresión

Para el diseño de los ejes, se parte de las fuerzas aplicadas sobre este sistema indicados en la figura 5. [6]

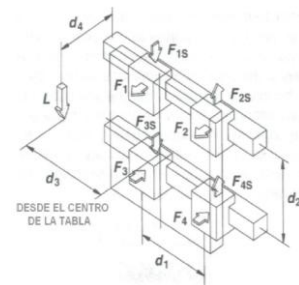


Figura 4. Diagrama de distribución de fuerzas

En base al diagrama anterior se determina las ecuaciones [6] de  $F_1$ ,  $F_3$ ,  $F_{1s}$  y  $F_{3s}$ .

$$F_1 = L \left( \frac{d_4}{d_2} \right) \quad (1)$$

$$F_3 = -L \left( \frac{d_4}{d_2} \right) \quad (2)$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{2} \quad (3)$$

Obteniendo como resultado:

$$F_3 = -13,9 \text{ N}; F_{1s} = F_{3s} = 15,6 \text{ N}; F_1 = 13,9 \text{ N}$$

Para el dimensionamiento del eje cilíndrico con una longitud estimada de 345mm se plantea el siguiente procedimiento:

- Análisis de condiciones de equilibrio
- Determinar el valor de reacciones
- Diagramas de fuerza de corte y momento flector

El material considerado es el acero plata, con un límite de resistencia a la cedencia de 205MPa y la aplicación de un factor de seguridad  $N=2$  [7].

En base a los datos anteriores se determina el diámetro del eje, y el esfuerzo de diseño aplicando las ecuaciones (4) y (5) respectivamente:

$$d \geq \sqrt[3]{\left( \frac{32 \cdot N M_{max}}{\pi \cdot S_y} \right)} \quad (4)$$

$$d \geq 6 \text{ mm}$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad (5)$$

$$\sigma_d = 102.5 \text{ MPa}$$

El diámetro a seleccionar será de 12 mm debido que debe soportar una fuerza producido por el sistema percutor para realizar el relieve del punto Braille y además es el único diámetro de 12 mm en rodamientos lineales disponibles en el mercado nacional.

En el software SolidWorks (Figura 5), se realiza el análisis estático del eje cilíndrico, para determinar el esfuerzo máximo permisible, aplicando una fuerza Normal y comprobar así los resultados obtenidos de esfuerzo máximo permisible por Von Mises (102.5 MPa) según la ecuación 6 y la figura 7:

$$\sigma' < \sigma_d \quad (6)$$

$$34,656 \text{ MPa} < 102.5 \text{ MPa}$$

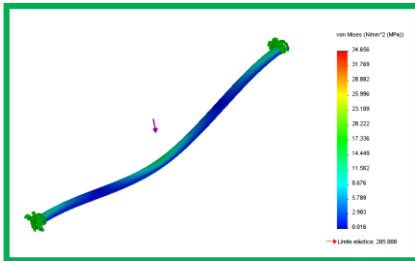


Figura 5. Esfuerzo permisible por Von Mises

### C. Diseño de la Base de Impresión (Eje Y)

La estructura de soporte del cabezal está compuesta por ejes cilíndricos con sus respectivos rodamientos lineales en los laterales del sistema, para el desplazamiento en el eje Y del cabezal de impresión como se muestra en la figura 8.

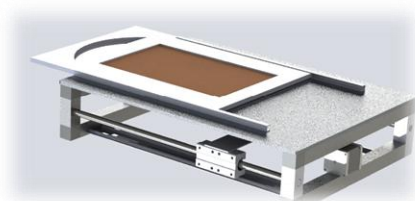


Figura 6. Base de Impresión (Eje Y)

Para el análisis del sistema de guiado de la base del cabezal se considera el peso total del cabezal indicado en la ecuación 7, tomando en cuenta que se distribuye las cargas normales para los dos ejes cilíndricos colocados lateralmente en la estructura a determinada distancia.

$$F = \frac{F1}{2} \quad (7)$$

$$F = 20 \text{ N}$$

Se procede con el análisis anterior para determinar el diámetro y aprobación del diseño implementado.

Diámetro:

$$d \geq 5 \text{ mm}$$

El diámetro seleccionado 12mm, por disponibilidad de rodamientos lineales de 12mm.

Esfuerzo de diseño:

$$\sigma_d = 102.5 \text{ MPa}$$

Se determina y cumple los valores de esfuerzo máximo permisible y esfuerzo máximo calculado [7]:

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$35,97 \text{ MPa} < 102.5 \text{ MPa}$$

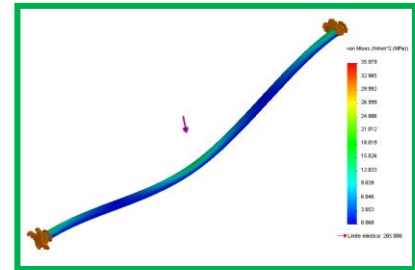


Figura 7. Esfuerzo de diseño por Von Mises (Eje Y)

### D. Diseño de la Bandeja de Impresión

La bandeja de impresión debe soportar los pulsos de operación del sistema percutor para formar el punto Braille, por ende se debe comprobar si el material seleccionado sea capaz de soportar este tipo de fuerza de impacto (Figura 10).

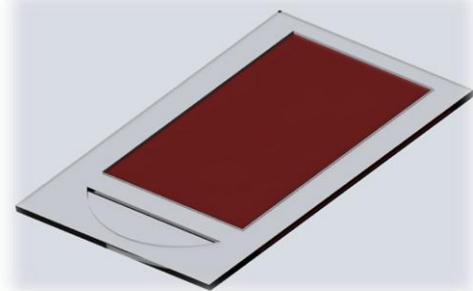


Figura 8. Bandeja de impresión

Sólo el área de impresión de la bandeja será de interés para este análisis ya que ahí se produce el impacto y donde puede sufrir fallas. El material seleccionado es acrílico que tiene una resistencia a la cedencia de 110 MPa y aplicando un factor de seguridad de  $N=2$ .

La fuerza provocada por el percutor es 24,5 N, el factor de diseño es  $\sigma_d = 55 \text{ MPa}$

El esfuerzo máximo permisible por Von Mises como se muestra en la figura 11).

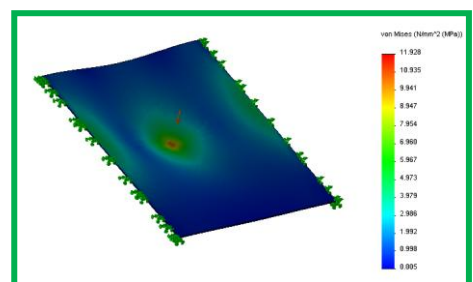


Figura 9. Esfuerzo máximo permisible por Von Mises

Se comprueba el esfuerzo máximo permisible y esfuerzo máximo calculado:

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$11,92 \text{ MPa} < 55 \text{ MPa}$$

Determinado así que el diseño de la bandeja de impresión soportará el impacto provocado para realizar la impresión de los caracteres Braille. De la misma manera se colocará una lámina de caucho como molde de formación de las matrices, mismo que evitará daños en el material.

### III. SELECCIÓN Y DISEÑO ELECTRÓNICO

#### A. Selección de Actuadores

Para la selección del motor el parámetro principal es el torque, siendo el factor fundamental para mover las cargas en los ejes X y Y.

Para obtener el torque requerido para cada eje, se parte del cálculo de las fuerzas aplicadas en cada uno de los mismos mediante la ecuación 8. [8]

$$F = N * \left( \frac{v^2}{2*d*g} + u_k \right) \quad (8)$$

Obteniendo:

$$F_x = 1.75[N]$$

$$F_y = 5.05[N]$$

Tomando en cuenta que el peso de la banda es despreciable, la inercia es mínima y no existe deslizamiento entre la banda y la polea, se deduce que:

$$T = F * r \quad (9)$$

Entonces:

$$T_x = 0.07[N.m]$$

$$T_y = 0.20[N.m]$$

Basados en este cálculo, se elige el motor paso a paso bipolar YH42BYGH47, ya que presenta las características de: 1.8° por paso, 1.5 A de consumo máximo de corriente, 0.55Nm fuerza de torque, potencia de 6.3 W y un voltaje entre 12Vdc, es decir su valor de torque satisfacen y superan los valores requeridos para el desplazamiento en los ejes X, Y.

#### B. Selección del Sensor de Distancia

Para seleccionar del sensor, se ha tomado en cuenta la eficiencia, fácil montaje y sencillo acondicionamiento cumpliendo con estos requerimientos el sensor de contacto.

#### C. Selección de la Tarjeta de Control

Debido al número de entradas, salidas y memoria de programación necesaria, se utilizará el modelo Arduino ATmega2560 [9] y su tarjeta Shield Ramps 1.4, la misma que permite integrar la electrónica, como son sensores de contacto, finales de carrera y principalmente para insertar Drivers Pololu A4988 para el control de motores a pasos que son parte del diseño de la Impresora Braille.

## IV. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control se basa en una aplicación de escritorio que brinda al usuario una interfaz gráfica para interactuar con el sistema de impresión. El software envía información a la tarjeta de control, quién se encarga de recibir los datos y ejecutar acciones que permitan el movimiento de los motores paso a paso y del sistema percutor para obtener una salida en formato Braille (Figura 12).



Figura 10. Esquema General de Control de la Impresora Braille

#### A. Tarjeta de Control Arduino

La tarjeta Arduino se comunica con el computador a través del puerto serie, la cual debe poseer una misma configuración en ambos extremos para lograr el flujo de datos.

Los datos recibidos del computador, se manipulan mediante la creación de un programa, éste programa contiene un conjunto de definiciones, clases y funciones que juntas permiten procesar la información recibida y ejecutar los comandos necesarios para mover los motores a determinadas posiciones, así como activar el percutor o punzón de impresión de caracteres Braille.

#### B. Software para el Desarrollo de la Aplicación

La Aplicación de Escritorio será desarrollada con Qt5.4.2 que brinda al usuario una interfaz gráfica amigable, la misma que constará de una ventana sencilla con dos botones: uno para cargar los datos a imprimir desde un archivo de extensión .txt y otro para comenzar la impresión. Cuando los datos son cargados se procesan desde el formato ASCII y se generan comandos a la tarjeta de control para impresión en Braille. Una vez que se pulsa el botón de impresión, se establece la comunicación serie con Arduino y comienza el envío de comandos.

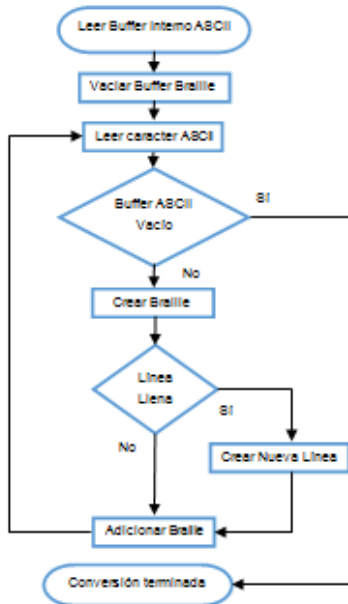


Figura 11. Envío y proceso de conversión de caracteres Braille

## V. IMPLEMENTACIÓN

La implementación describe el ensamblaje de la impresora en su parte mecánica, electrónica, y desarrollo de la interfaz de usuario.

### A. Implementación Mecánica

#### 1. Ejes X y Y

Para la implementación del mecanismo en X se requiere de dos placas de aluminio rectangulares, en el cual se ajusta mediante tornillos los ejes guías circulares y se colocan los rodamientos lineales; además se monta el sistema de polea y banda dentada mediante soportes que permiten el deslizamiento del sistema percutor indicados en la figura 13.

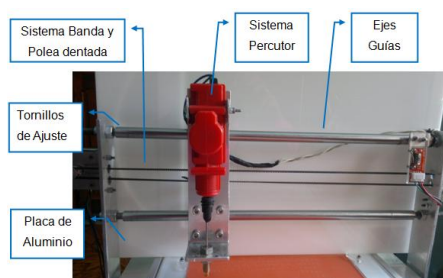


Figura 12. Implementación cabezal de impresión

El mecanismo en Y consta de dos guías lineales laterales colocados en una base de perfiles cuadrados de aluminio y un sistema de polea y banda dentada, las cuales permiten el deslizamiento del cabezal de impresión indicados en la figura 14.

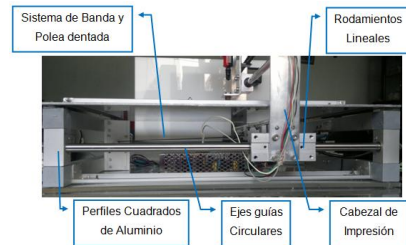


Figura 13. Implementación de la base de impresión

### 2. Implementación del Sistema Percutor

El mecanismo percutor es un dispositivo de accionamiento lineal como se muestra en la figura 15, el mismo que se monta y se sujeta mediante tornillos sobre una placa de aluminio rectangular; y ésta a su vez se coloca sobre los rodamientos lineales, para permitir que el sistema de transmisión lo deslice de forma precisa. En la punta del actuador se coloca un punzón de diámetro 2mm, para obtener un punto braille con un diámetro de 1.2 mm lo cual se regulará dependiendo de la altura de la hoja de impresión. Sobre la placa de aluminio se ubica una guía para el punzón con el objetivo de evitar que movimientos bruscos puedan rasgar el papel.

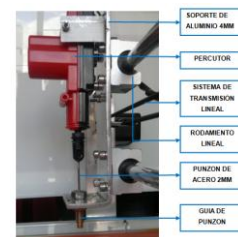


Figura 14. Sistema Percutor

### B. Implementación Electrónica

#### 1. Implementación de los Motores a Pasos

Para el desplazamiento de los ejes X y Y se colocan dos motores indicados en la figura 16, de tal forma que permitan la alineación de las poleas y bandas dentadas evitando desgaste de los mismos.

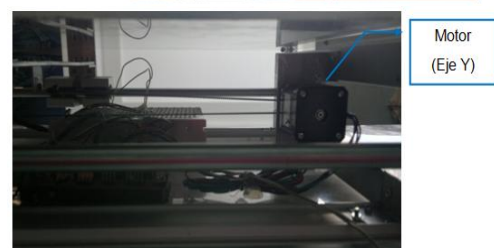
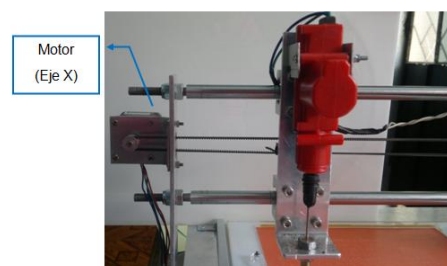


Figura 15. Implementación de los Motores PAP

#### 2. Implementación de los Sensores de Contacto

Los sensores de contacto se ubican en el HOME de la máquina mostrado en la figura 17, tanto para el eje X como para el eje Y.

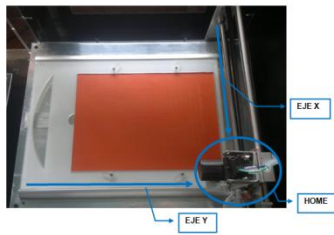


Figura 16. Implementación de los sensores de contacto (HOME)

### 3. Implementación de las Tarjetas Electrónicas

La impresora consta de dos tarjetas electrónicas, que son la tarjeta Arduino y la fuente de alimentación, las mismas que son sujetadas mediante tornillos a una base de acrílico, para evitar hacer contacto con el aluminio y daños en los dispositivos, como se muestra en la figura 18.

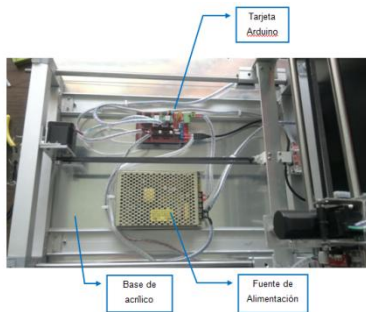


Figura 17. Implementación de las tarjetas de control

### C. Desarrollo de la Interfaz de Usuario

El desarrollo de la interfaz de usuario se realiza en el framework gráfico Qt y la comunicación con el controlador se ejecuta a través de puerto serie USB. La interfaz de usuario es sencilla y consta de dos botones: Uno que permite cargar un archivo con extensión .txt y almacenarlos en un buffer interno y otro que ejecuta la impresión como se muestra en la figura 19. [10]

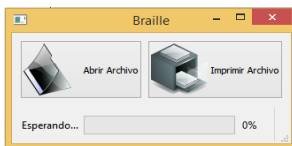


Figura 18. Interfaz de Usuario

A continuación se declaran las etapas en las que se divide ésta fase de desarrollo:

- Cargar documento con extensión .txt.
- Conversión caracteres ASCII a Braille.
- Configuración de Puerto Serie.
- Cálculos de desplazamientos de ejes
- Envío de comandos a la tarjeta de control.
- Notificación mediante sonidos.

La acción “Abrir Archivo”, abre el fichero y limpia el buffer interno en caso de que éste contenga información cargada con anterioridad, se leen los caracteres del archivo abierto hasta encontrar el fin de documento, se guardan en

el buffer y se cierra el archivo abierto como buena práctica de programación. La figura 20 muestra el proceso para cargar caracteres desde un archivo .txt.

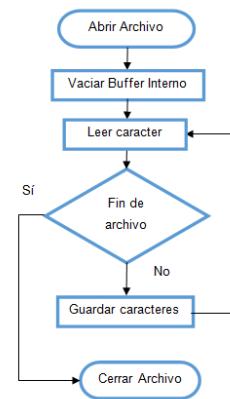


Figura 19. Proceso de carga de caracteres desde un archivo .txt

## VI. PRUEBAS

Se imprimen los caracteres y se realizan mediciones de corrección.

### A. Impresión de caracteres del alfabeto en formato minúscula

Se realizan varias impresiones para rectificar las mediciones entre cada uno de índices que conforman la matriz Braille. En la figura 21 se muestran las entradas de caracteres desde el archivo.

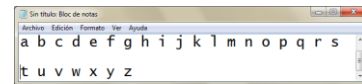


Figura 20. Entrada caracteres de alfabeto en minúsculas

Con esta entrada se ejecutan las impresiones, la figura 22 muestra las perforaciones realizadas para lograr los relieves de caracteres del alfabeto en minúscula.

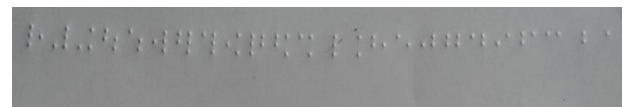


Figura 21. Perforaciones de caracteres del alfabeto en minúsculas

A estas impresiones se le realizaron calibraciones para lograr una mejor alineación de los caracteres, pues se nota una ligera inclinación entre los mismos.

Para corregir la alineación de la línea de caracteres fue necesario el ajuste de los rodamientos lineales especialmente en el eje Y, tomando en cuenta que el deslizamiento sobre el eje no debe ser muy ajustado para evitar vibraciones.

La figura 23 muestra los relieves ya corregidos, ejecutando el mismo proceso de impresión y se puede observar una mejora notable y la correcta alineación.

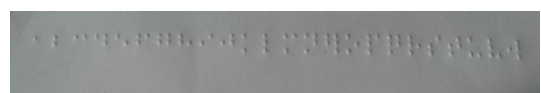


Figura 22. Relieves de alfabeto en minúsculas

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Conclusiones

Se logró diseñar y construir material tiflotécnico que facilite la impresión de información en sistema braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de no videntes de Cotopaxi.

La impresora Braille imprime caracteres básicos Braille, es decir, alfabeto en letras minúsculas y mayúsculas, números, operadores matemáticos, caracteres especiales de tildado, signos de puntuación, signos de exclamación e interrogación.

Mediante la implementación del cabezal con desplazamiento en los ejes X, Y y Z, se logró la impresión de 24 caracteres y 23 líneas por hoja, en un tiempo estimado de un minuto por línea (23 minutos), lo cual es un tiempo aceptable con respecto a impresoras implementadas.

La interfaz gráfica se diseñó de forma simple, pero accesible para la persona no vidente, utilizando notificaciones audibles que brinde una fácil interacción con el usuario.

Mediante pruebas se determinó que el papel más óptimo donde el punto Braille es más perceptible por la persona con discapacidad visual es el pergamino, ya que el relieve en este tipo de papel es más definido.

Con la implementación del presente proyecto de investigación se facilita la enseñanza del Sistema Braille a los estudiantes de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi, poniendo a su disposición nuevas tecnologías que permitan su inclusión en la sociedad.

### B. Recomendaciones

Se considera necesario ampliar el espectro de caracteres Braille a imprimir para lograr una solución más completa y que posibilite la impresión de documentos de mayor calidad y profesionalidad.

Dado que la solución es un diseño original, con materiales que presentan con el tiempo desgastes, es aconsejable dar mantenimiento y lubricación a los componentes con cierta frecuencia para prolongar el tiempo de vida de la misma, ya que es un factor que puede incidir en la calidad de la impresión.

Implementar otros módulos e interfaces de comunicación mediante tecnologías más modernas y móviles como es el caso del Wifi y Bluetooth, permitiendo una mayor integración entre la impresora Braille y las nuevas herramientas y dispositivos de transferencia de datos.

Se debe extender la funcionalidad de cargar ficheros para poder abarcar otras extensiones de documentos, como .doc, .docx, .odt, .pdf, entre otras.

El punzón al ser un dispositivo electromecánico, posee un tiempo de vida útil de hasta 100.000 pulsaciones, por lo que cada cierto tiempo se recomienda cambiarlo y evitar errores de impresión.

Mejorar el tiempo de impresión con la implementación de un nuevo sistema percutor, para tener competitividad con impresoras comerciales.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Instituto de Tecnologías Educativas (ITE), «Sistema Braille,» 2013. [En línea]. Available: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_5/m5\\_didactica\\_sistema\\_braille.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_didactica_sistema_braille.htm). [Último acceso: 4 Diciembre 2014].
- [2] Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE), «Sistema Braille,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille/documentos/Folleto-SistemaBraille.pdf>. [Último acceso: 3 Diciembre 2014].
- [3] L. Camino, «Tesis,» Agosto 2011. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4090/1/C-D-3828.pdf>. [Último acceso: 4 Diciembre 2014].
- [4] A. Noboa y D. Noboa, *Tesis*, Sangolquí, Pichincha, 2014.
- [5] M. Gimenez, J. Chiconi, H. Gabriel y C. Lazzari, *Tesis*, Buenos Aires, 2009.
- [6] F. Guanoluisa y E. Yáñez, «Diseño y construcción de un sistema automático de corte por plasma mediante control numérico computarizado CNC,» *Tesis*, 2007.
- [7] R. Mott, *Resistencia de Materiales*, Mexico: Pearson Educación, 2009.
- [8] S. Chancusi y P. Navarrete, *Tesis*, Latacunga, Cotopaxi, 2014.
- [9] Arduino, «Arduino MEGA 2560,» 15 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>. [Último acceso: 24 Junio 2015].
- [10] Qt, «Documentación Qt,» Abril 2014. [En línea]. Available: <http://doc.qt.io/qt-5/qt5-intro.html>. [Último acceso: 1 Junio 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



**Marco Singaña.** Nació en Latacunga provincia de Cotopaxi, Ecuador. Es graduado de la Escuela Politécnica Nacional en Electrónica y Control, cuenta con un Diplomado Superior en Redes Digitales Industriales, un Masterado en Redes y Telecomunicaciones, está cursando un Masterado en Diseño, Producción y Automatización Industrial en la Escuela Politécnica Nacional. Actualmente es docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Email: masingania@espe.edu.ec



**Paola Llamuca.** Nació en Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio “La Inmaculada” de la ciudad de Ambato donde adquirió el título de Bachiller en la especialidad de Físico Matemático. Es graduada de Ingeniera en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el año 2015.

Email: paoalo\_friend@hotmail.com



**Raquel Fernández.** Nació en Salcedo, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio “Liceo Oxford” de la ciudad de Salcedo donde adquirió el título de Bachiller en la especialidad de Físico Matemático. Es graduada de Ingeniera en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el año 2015.

Email: refernandez0802@gmail.com