

# Diseño y construcción de una impresora Braille

Julio Camino, Liliana Ligña, Nelson Sotomayor, Escuela Politécnica Nacional (EPN),  
Quito - Ecuador

**Resumen-** En el presente proyecto se tiene el diseño y ensamblaje de una Impresora Braille que tiene por objeto a través de un punzón plasmar en el papel los puntos que conforman los caracteres en Braille que son enviados desde una PC. Para la impresión de los caracteres se ejecuta el programa en una PC donde se explora y carga el documento, se traduce el texto a código Braille y se muestra en una pantalla contigua a la del texto original. Por el puerto USB se envían los caracteres al módulo en donde son comparados con tablas de correspondencia para la impresión de los puntos.

**Índices – Braille, CDC, Impresora, Labview, Reproductor MP3, USB.**

## I. INTRODUCCIÓN

El perpetuo avance de la tecnología parece relegar a ciertos sectores de la población, entre los cuales se encuentran las personas con capacidades especiales específicamente las que padecen deficiencia visual. Charles Barbier propuso la utilización de puntos en relieve e inventó un sistema de letras de puntos, código alfabético basado en grupos de puntos para la escritura de textos, pero fue Louis Braille quien adaptó el sistema de Barbier utilizando grupos de 1 a 6 puntos dando como resultado lo que hasta hoy se conoce como carácter Braille. Las máquinas de escribir mecánicas en código Braille fueron evolucionando hasta crearse las impresoras Braille que son altamente útiles e invaluable si se considera que gracias a ellas es posible un avance mucho más rápido en el aprendizaje y preservación de ideas que las personas con deficiencia visual pueden expresar.

## II. HARDWARE

### A. Diseño Mecánico

Se ha utilizado como base la parte mecánica de una impresora HP-95C.

1) *Base o soporte de impresión:* Para realizar una correcta impresión es necesario proveer de un apoyo con base rígida recubierto con un material esponjoso este soporte se muestra en la Fig. 1.



Fig. 1. Base de impresión

2) *Punzón:* En la Fig. 2 las partes que componen el acoplamiento al solenoide del punzón, el vástago móvil retorna a su posición inicial por medio de un resorte acoplado al mismo.

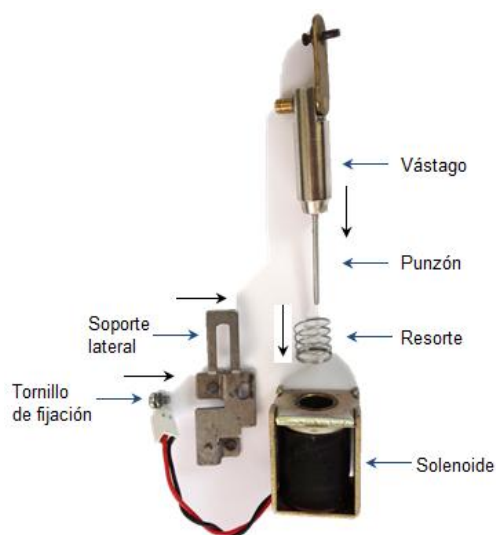


Fig. 2. Acondicionamiento mecánico del conjunto solenoide – punzón

El cabezal de alimentación se conecta al solenoide, en la Fig. 3 se aprecia el módulo punzón acoplado al carrete de la impresora después de haber realizado el proceso de ensamblaje.



Fig. 3. Módulo punzón fijado al carrete de la impresora

3) *Módulo frontal:* En la Fig. 4 se muestra el resultado final del emplazamiento de la placa frontal.

---

J. Camino, es Ingeniero de Desarrollo dentro del Departamento de Ingeniería de Laboratorio y Trabajos Especiales de COHECO S.A. (Mitsubishi), Quito - Ecuador, (e-mail: soporte.uio2coheco.ec).

L. Ligña, es Ingeniera de Proyectos y Ventas de la División de Automatización y Control de la Compañía Inequipos del Ecuador S.A., Quito – Ecuador, (e-mail: lilylignia@yahoo.es).

N. Sotomayor, es Profesor Principal T/C en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de La Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, (e-mail: nelson.sotomayor@epn.edu.ec).



Fig. 4. Módulo frontal

### B. Diseño Electrónico

El diseño electrónico del prototipo “Impresora Braille” se ha desarrollado en varios módulos, el detalle de estos se expone en el siguiente diagrama de bloques (Fig. 5):

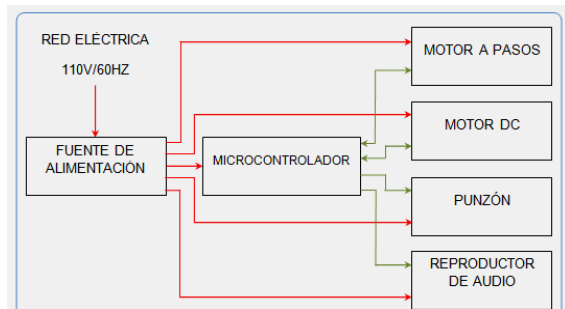


Fig. 5. Diagrama de bloques del prototipo “Impresora Braille”

1) *Módulo motor a pasos*: Para controlar el motor a pasos se implementa la secuencia denominada “paso simple” ya que con esta es suficiente para poder mover el papel presente en la bandeja de entrada.

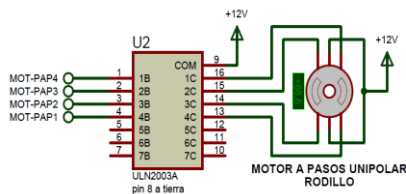


Fig. 6. Conexión de motor a pasos y driver

a) *Encoder de rodillo*: El encoder en su parte electrónica está basado en un encapsulado emisor receptor de infrarrojo CNY 70, para el dimensionamiento de la resistencia que limita la corriente en el led infrarrojo emisor se usa un parámetro tasa de transferencia de corriente o CTR, este parámetro relaciona las corrientes de colector y de led interno.

$$CTR = \frac{I_c}{I_f} * 100\% \quad (1)$$

Donde CTR es la tasa de transferencia de corriente,  $I_c$  es intensidad de corriente de colector del transistor e  $I_f$  es la intensidad de corriente que circula por el led infrarrojo.

La salida de este sensor es análoga con lo que se procede a tratar la señal de detección con un circuito comparador basado en un amplificador operacional de esta manera el esquemático del circuito final se observa en la Fig. 7.

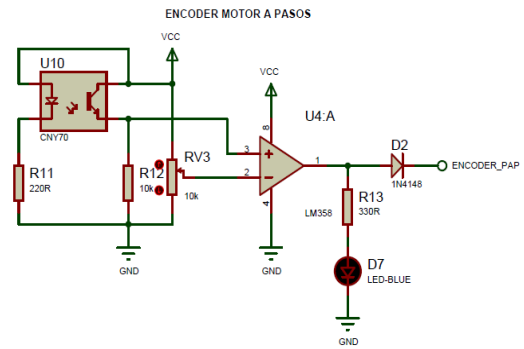


Fig. 7. Acondicionamiento de señal encoder motor a pasos

El encoder está formado de una rueda segmentada impresa en un papel fotográfico adherido a una rueda de plástico. de la misma dimensión del estator del motor a pasos.

a) *Señales de Control*: Este módulo es regido por cuatro señales digitales de 0 o 5 Vdc., estas señales comandan la secuencia llamada “en olas” para el control del motor unipolar a pasos presente en el rodillo de la impresora.

2) *Módulo motor dc*: El motor de DC presente en este módulo está encargado del movimiento de izquierda a derecha del carrete de la impresora en donde está alojado el punzón Fig.8.

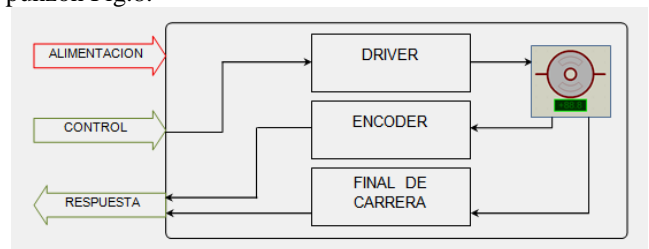


Fig. 8. Diagrama de bloques “Módulo motor DC”

a) *Driver motor DC*: Para poder ubicar el carrete que lleva el punzón a lo largo de la hoja a ser impresa es necesario que el motor de DC se mueva de izquierda a derecha y viceversa, para ello se implementa un control de inversión de giro con variación de velocidad a través de un puente H.

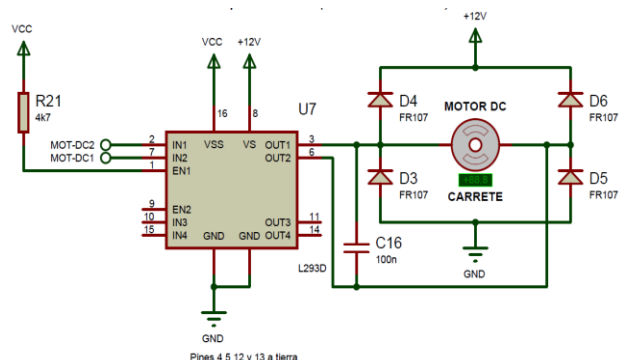


Fig. 9. Conexión de motor DC y driver

Para controlar el motor DC en su velocidad es necesario implementar una señal PWM con una frecuencia determinada por la velocidad de conmutación del driver implementado.

3) *Módulo Punzón:* Para realizar la impresión mecánica de los puntos en relieve que requiere el sistema Braille se construye un mecanismo que produce de una manera eficiente un relieve de 0,5 mm en el papel según las normativas de la celda Braille.

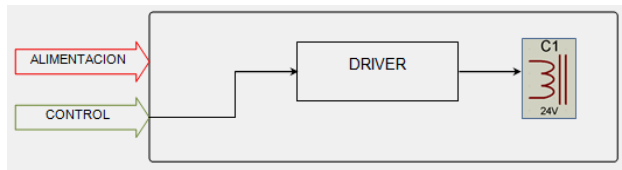


Fig. 10. Diagrama de bloques "Módulo Punzón"

a) *Driver de Solenoide:* Para producir un avance del vástago del solenoide acoplado al punzón es necesario excitar la bobina con un nivel de voltaje DC, mediante pruebas realizadas con este elemento se logra conseguir un relieve aceptable para las normativas Braille excitando la bobina a 24 voltios.

A continuación se detalla el circuito esquemático empleado para activar y desactivar el elemento solenoide, mismo que está basado en un semiconductor mosfet.

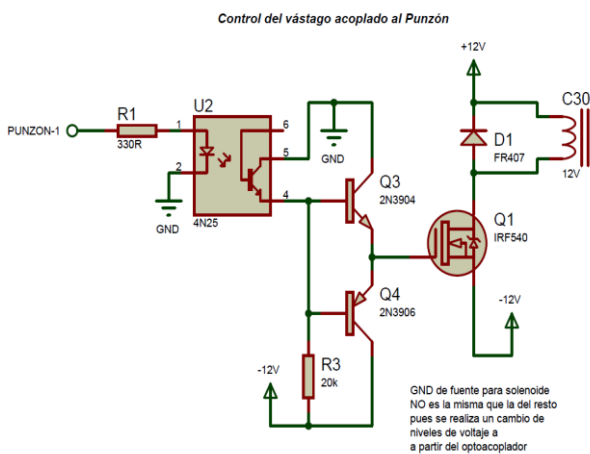


Fig. 11. Esquema de conexión del driver del solenoide acoplado al punzón

b) *Señales de control:* Las señales de control toman valores de 5 o 0 Vdc determinando así el avance o retroceso del vástago que lleva acoplado el punzón.

4) *Módulo Reproductor de Audio:* Este proyecto está orientado a personas con deficiencia o discapacidad visual, para este tipo de personas es indispensable que los artículos que facilitan su estilo de vida posean ayudas auditivas para su correcta utilización de esta forma se implementa en el mismo un reproductor Un reproductor MP3 comercial de audio controlable por un sistema microcontrolado y con salida amplificada, pues también es necesario controlar su volumen de reproducción, así en la Fig. 12 se ilustran las partes de las que consta este módulo.

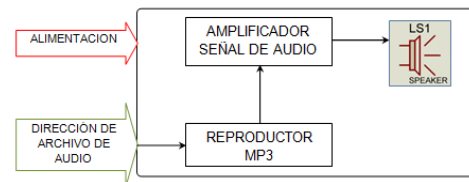


Fig. 12 Diagrama de bloques "Módulo Reproductor de Audio"

a) *Módulo reproductor MP3:* La manera en la que se controla el módulo comercial "WTM SD v1.3" puede ser: paralelo, serial o por teclas, en este caso la forma de control que se implementa es la paralela.

b) *Amplificador de señal de audio:* El diseño de este módulo se basa en el amplificador operacional TDA 2003 que se utiliza precisamente para aplicaciones en señales audibles.

c) *Dirección de archivo de audio:* La señal de control que el reproductor de mp3 "WTM-SD v1.3" necesita para operar en paralelo es de tres bits de dirección y para que el reproductor acepte la dirección expuesta se necesita de un flanco negativo producido a su vez por un bit en un solo pin de control.

5) *Módulo Microcontrolador:* El prototipo tiene varios sensores de tipo On / Off para ahorrar los pines de lectura y concentrarlos en uno solo del tipo análogo, se implementa un módulo lector de estados en el cual a medida que se enciendan o apaguen los diferentes sensores se formaran divisores de tensión los que producen un valor de voltaje comprendido entre 0 a 5 Vdc que a su vez son leídos por un conversor análogo – digital.

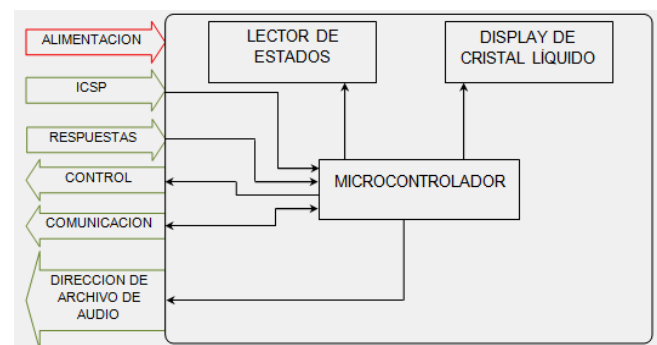
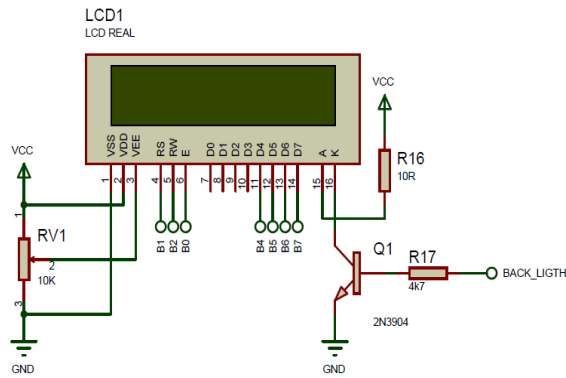


Fig.13. Diagrama de bloques "Módulo Microcontrolador"

a) *Display de cristal líquido:* Para mostrar mensajes de configuración o estado, se utiliza un display de cristal líquido de 2 filas por 16 columnas cuyo esquema de conexión se presenta en la Fig. 14.



DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO CON CONTROL EN ENCENDIDO DE RETRO-ILUMINACIÓN

Fig.14. Esquema de conexión del display de cristal líquido

b) *Comunicación:* La interfaz de comunicación que se implementa es USB en su versión 2.

La interfaz física está formada por cuatro hilos dos para la alimentación 5v (Rojo) GND (Negro) y dos para datos D+ (verde) y D- (Blanco), los signos + y - hacen referencia a una señal diferencial cuyo valor depende de la velocidad del bus.

El módulo denominado Host perteneciente a la PC es el que controla la velocidad en la que circulan los datos en el bus USB.

- **Low speed:** 1,5 Mbps.
- **Full speed:** 12 Mbps.
- **High speed:** 480 Mbps.
- **Super speed:** 5 Gbps

No existe un formato único de transferencia, la especificación del bus USB permite cuatro tipos de las mismas:

- **Control:** es utilizada para configurar y enviar comandos, por ejemplo en la enumeración del dispositivo.
- **Bulk (masivas):** es un tipo más rápido de transferencia, sin embargo no hay garantía de que los datos se transmitan en un tiempo determinado.
- **Isócronas:** es usada por dispositivos que transmiten señales de audio y de vídeo en tiempo real.
- **Interrupción:** por su tipo garantiza la verificación de que los datos se han transmitido con éxito.

La información que necesita el Host se encuentra implementada en el dispositivo en los llamados descriptores. Los descriptores son datos que se guardan en la memoria no volátil del microcontrolador y contienen la siguiente información; el identificador del vendedor (VID) o vendor ID y del producto (PID) o product ID, la clase utilizada, entre otros datos.

c) *Microcontrolador:* Para determinar la opción más adecuada se realiza un estudio de periféricos que consta en la Tabla I:

TABLA I  
REQUERIMIENTOS DE PERIFÉRICOS TOTALES DEL SISTEMA

PERIFÉRICO	# DE PINES
Comunicación USB	2
Motor a Pasos (Rodillo)	4
Encoder Motor a pasos	1
Motor DC (Carrete)	2
Fin de carrera óptico	1
Encoder Motor DC	1
Motores DC (Punzones)	3
Fin de carrera mecánico (Verifica punzón)	1
Teclado análogo	1
LCD	8
Reproductor MP3	4
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>

De la tabla anterior se nota que el sistema requiere 28 pines de uso, entre los cuales deberán existir al menos un convertidor análogo a digital, y proveer de emulación o módulo interno que se encargue de la comunicación USB de clase CDC.

Se utiliza el modelo 18F4550 de microcontrolador que en particular posee 40 pines, esto permite prescindir trabajar con modo extendido ya que este sistema es más costoso por los elementos electrónicos que se requiere utilizar.

6) *Fuente de Alimentación:* Todos los periféricos que componen el módulo Impresora Braille, así como su tarjeta de control funcionan con diferentes niveles de voltajes de corriente continua.

TABLA II  
REQUERIMIENTOS IDEALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE

MÓDULO	VOLTAJE [V dc]	CORRIENTE [mA]
Control motor a pasos	5	500
	12	800
Control de motor DC	5	500
	12	600
Control de punzón	5	200
	12	10
	24	4260
Amplificador de audio	12	210
Microcontrolador	5	400

La "Impresora Braille" solamente requiere que uno de los tres módulos se encuentre en funcionamiento a la vez.

Debido a lo expuesto anteriormente se requiere una fuente tipo ATX de computador

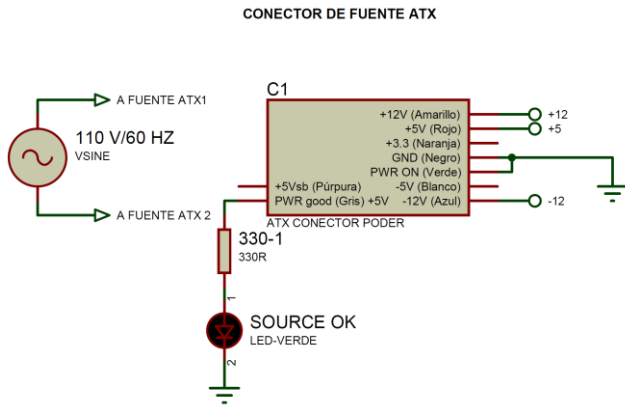


Fig. 15. Esquema de fuente de alimentación ATX

### III. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Para este propósito se utiliza el programa de interfaz gráfica LabVIEW en su versión 10, en el cual se implementa una pantalla donde el usuario pueda seleccionar el documento con extensión .doc a ser impreso.

Para la ejecución de la impresión en relieve y la comunicación con la PC, se utiliza el microcontrolador 18f4550 cuyo programa es desarrollado en el lenguaje PIC C versión 2.44.

#### A. Programación en el Microcontrolador

Este programa recibe los datos que se envían a través del puerto USB, estos son almacenados y comparados con una tabla implementada que contiene las equivalencias en puntos en relieve de todos los caracteres reconocidos en idioma castellano por las normativas Braille, luego se imprimen de acuerdo a las normas antes mencionadas.

1) *Reproducción de Voz:* En esta fase se controla un módulo de reproducción de voz en formato MP3, el mismo que permite grabar varios mensajes de ayuda al usuario al que está dirigido este proyecto.

Para este proyecto en específico los mensajes grabados se detallan en la Tabla III.

TABLA III  
MENSAJES DE VOZ GRABADOS EN EL REPRODUCTOR MP3

ITEM.	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	001.MP3	Sistema encendido, realizando diagnóstico
2	002.MP3	La computadora no está conectada
3	003.MP3	Conexión USB realizada
4	004.MP3	No existe papel en bandeja
5	005.MP3	Comenzando impresión
6	006.MP3	Impresión terminada

#### a) Control de reproducción de mensajes grabados:

El control de reproducción de los mensajes grabados se lo realiza mediante una interfaz paralela en la cual 3 bits determinan la dirección del mensaje a interpretar y 1 bit determina el control de reproducir / detener mediante un flanco negativo.

2) *Comunicación USB:* En esta fase el microcontrolador envía continuamente sus identificadores a través del puerto USB. Estos son:

Vendor ID (Identif. del Fabricante) = 0h04D8

Product ID (Identif. del producto realizado) = 0h000B

Estos identificadores los provee Microchip para que la PC identifique la clase de dispositivo que se está conectando.

Al momento en que la PC envía un dato (caracter tipo char) en el microcontrolador se genera una interrupción por recepción.

El primer dato recibido (“~”) genera un eco del mismo para confirmar que se tiene una orden de impresión, este eco se produce después de ejecutar las acciones correspondientes para subir la hoja presente en la bandeja de alimentación, de no existir papel en bandeja se reproduce el mensaje correspondiente y se intenta repetir este proceso hasta encontrar un papel en el que se realizará una impresión. Tanto los datos subsecuentes como el primer dato se almacenan en una localidad de memoria para luego ser comparados con una base de datos, la cual asigna el caracter al que corresponde en código Braille, este procedimiento se repite hasta completar el número de elementos correspondientes a una fila (30 caracteres), una vez completa la impresión mecánica se procede a enviar un caracter de control, en este caso la letra “F” que indica en la PC que el prototipo se encuentra listo para recibir los siguientes caracteres.

Para el posicionamiento de la hoja se requiere el control de dos motores, un motor de DC que permite el movimiento del carrete y el segundo motor controla el movimiento rotacional del rodillo.

3) *Impresión Mecánica:* Los datos previamente almacenados son comparados con una base de datos para determinar a qué caracter corresponde y se asigna los puntos que deberán punzarse para obtener así el relieve de la impresión en código Braille de cada caracter.

El número de caracteres por hoja sean 30 en cada fila y 22 filas en cada hoja. La Fig. 18 muestra el diagrama de flujo correspondiente a la subrutina de impresión.

#### B. Programación de la Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario consta de una pantalla donde se escoge y carga el archivo a ser impreso, este se reescribe adecuando el mismo a las reglas de la escritura Braille para luego traducir el nuevo documento a un tipo de Font.



1) **Pantalla:** En la pantalla se permite al usuario buscar el archivo a ser impreso y en la misma se puede observar el documento en código Braille también en una pantalla contigua, además se puede escoger el puerto de comunicación.

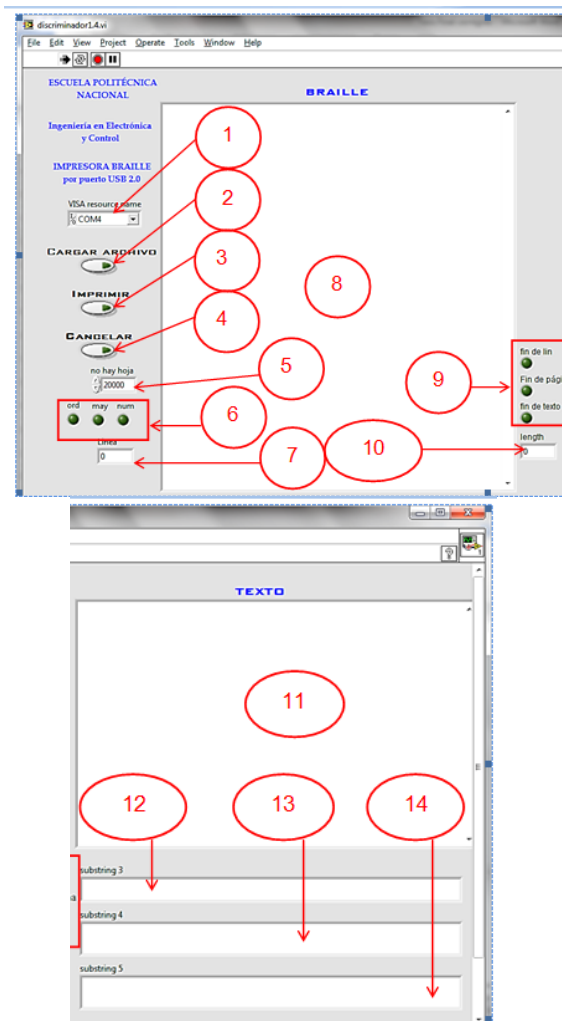


Fig. 16. Pantalla principal de la interfaz de usuario

Como se observa en la Fig. 16 las partes que componen la pantalla principal del programa de comunicación son varias y se detallan a continuación:

1. Numeración del puerto de comunicación.
2. Botón de carga de archivo.
3. Botón que ordena la impresión.
4. Botón de cancelación de la impresión del documento abierto.
5. Tiempo en ms que el modulo espera una respuesta si la primera y segunda carga de papel han fallado.
6. Indicadores de tratamiento de caracter: Ordinales, Mayúsculas y Números.
7. Indicador de número de línea enviado.
8. Pantalla de traducción a Braille del documento cargado en la pantalla "TEXTO".
9. Indicadores generales de: Fin de línea, Fin de hoja o página y Fin de texto.
10. Indicador de la dimensión de la palabra tratada.
11. Pantalla en donde aparecen los caracteres originales del documento a ser impreso.
12. "Substring3": en donde se almacena la palabra a ser tratada y en caso de sobrepasar los 30 caracteres que componen una fila es en esta variable en donde

permanece hasta la carga de los demás caracteres que forman la siguiente fila.

13. "Substring4": en donde se forma la fila de 30 caracteres a ser enviados a través del puerto USB.
14. "Substring5": en donde se coloca la fila a ser enviada mientras las variables anteriores continúan tratando datos a ser enviados.

En la Fig. 17 se puede observar un documento y su traducción a código Braille una vez cargado el mismo se encuentra listo para ser impreso en la pantalla.

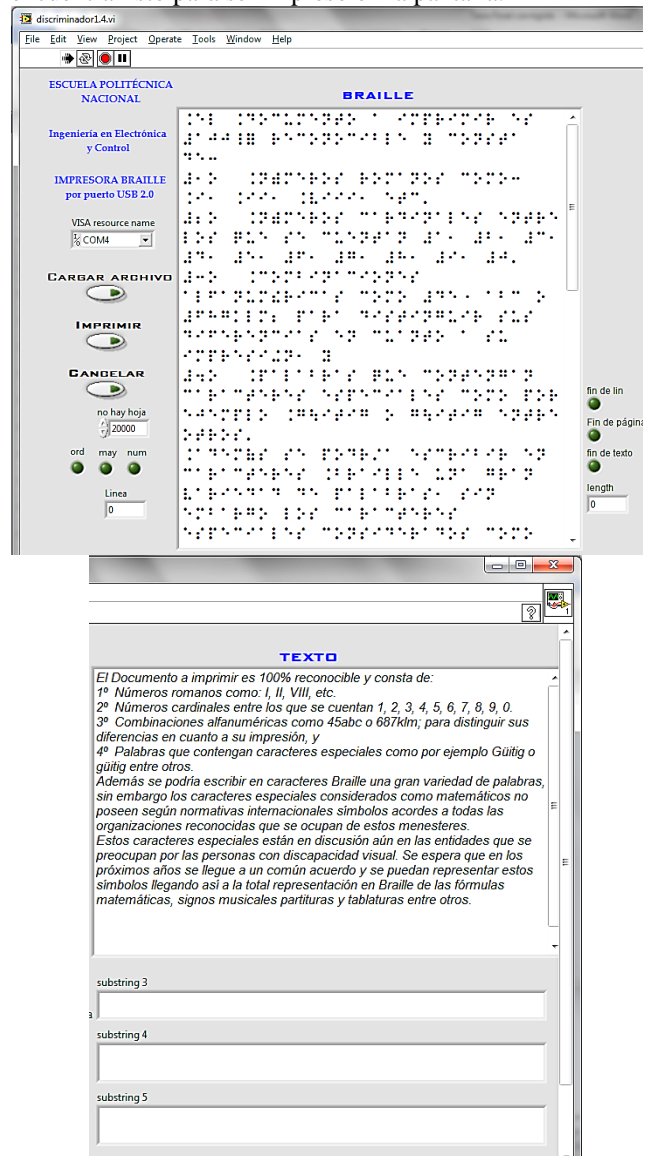


Fig. 17. Documento previo a la Impresión

3) **Programa para el tratamiento de caracteres:** Este programa realiza una comparación y clasificación de todos los caracteres que forman parte del documento a imprimir, determina las palabras gracias a los espacios en blanco en inicio y fin de las mismas, discrimina entre mayúsculas, minúsculas, números etc.

De encontrar una palabra con letras mayúsculas o número se aumenta un signo generador de las mismas en Braille previo a su escritura de acuerdo a las normas de este código.

La PC reconoce la conexión y asigna el número del puerto serial virtual para la comunicación, luego envía el primer

caracter de control al microcontrolador, entra en espera para recibir el eco del caracter antes enviado, confirmando así que el prototipo ha cargado una hoja y se encuentra listo para recibir los caracteres que componen el documento a imprimir.

#### IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

##### A. Pruebas Mecánicas

1) *Principio de Percusión (Motor DC)*: La primera idea impentada utiliza un motor de DC sin motoreductor acoplado directamente al mecanismo de percusión; sin embargo los resultados no fueron los esperados debido a que la fuerza producida por el eje del motor no era suficiente para realizar un movimiento en el vástago que permite la impresión de un punto en el papel como se observa en la Fig. 18.

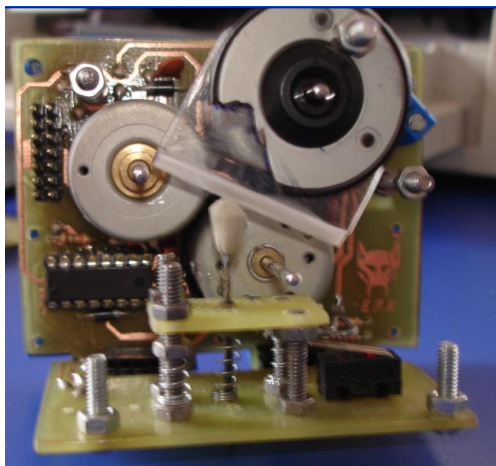


Fig. 18. Primer punzón implementado

2) *Principio de taladrado*: Se implementa un sistema cuyo principio es taladrar con la ayuda de un motor DC con motoreductor presente en un servomotor de modelismo, como se muestra en la Fig. 19.

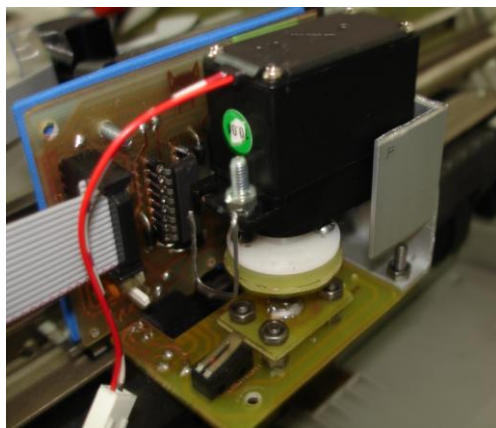


Fig. 19. Punzón implementado con un servomotor de modelismo (principio de taladrado)

Para tener rigidez en el nuevo prototipo de punzón se ubican piezas de aluminio en la estructura de este, ya que el material es sumamente resistente y liviano, lo que ayuda a desplazarse sobre el bocín al carrete sin tener problemas de atascamiento o rozamiento excesivo, esta implementación se puede ver en la Fig. 20.

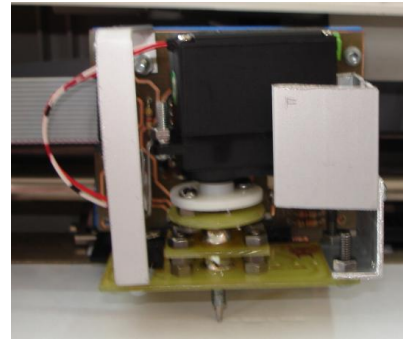


Fig. 20. Soportes de aluminio acoplados al módulo punzón

En las pruebas realizadas de impresión en el papel se observa que no se obtiene el relieve esperado de 0.5 mm, pues solamente alcanza medidas d 0.3 mm, cambiando el soporte se observa que la hoja es perforada, estos resultados se visualizan en la Fig. 21 y Fig. 22.



Fig. 21. Pruebas de impresión con el punzón basado en el principio de taladrado

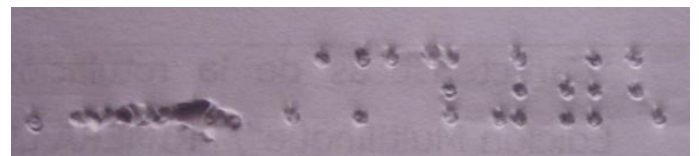


Fig. 22. Pruebas de impresión con el punzón basado en el principio de taladrado

Se consigue mejorar la impresión cambiando en el programa el tiempo de actuación del motor de DC. Estos resultados se observan en la Fig. 23.



Fig. 23. Pruebas de impresión con el punzón basado en el principio de taladrado

3) *Principio de Percusión (Solenoid)*: Con este tipo de punzón es necesario excitar a la bobina para producir un avance drástico del vástago que se encuentra en el núcleo, y para su retorno simplemente se quita la alimentación al solenoide y retorna a su estado inicial mediante la acción de un resorte, el módulo construido puede apreciarse en la Fig. 24.

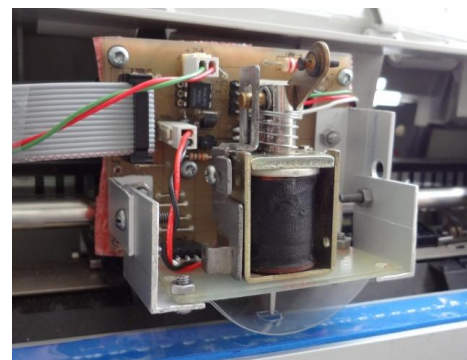


Fig. 24. Punzón de percusión en base a un solenoide

Mediante esta implementación se logra que los caracteres Braille sean aún más legibles que con el punzón del literal anterior (profundidad de caracteres entre 0.5 y 0.55 mm) y sus tiempos de ejecución son reducidos, pues mediante pruebas de impresión se promedia que cada caracter Braille (celda completa 3 x 2 puntos) es realizada en 7 segundos aproximadamente, cumpliendo claro está con las medidas de separación y relieve que dicta las normativas que rigen esta codificación.

4) *Bandeja de Apoyo de Impresión:* Se propone que la bandeja de apoyo para la impresión sea de un material flexible (acrílico) para que al momento de la impresión este material seda y no dañe el punzón ni la hoja a imprimirse, pero el apoyo sufre deformaciones considerables con lo que las impresiones de los relieves en unos casos no se realizaban sobre todo en el punto medio del soporte. Se reemplaza este material por uno más resistente como es el aluminio, Fig. 25.



Fig. 25. Reemplazo de la Bandeja de Apoyo de Impresión

En pruebas realizadas se observa que este material por sí solo no provee de un molde adecuado para el caracter a ser impreso, como consecuencia el punzón perfora completamente la hoja, debido a esto se añade a la capa de material esponjoso una lámina de acetato en su parte superior. Con esta modificación el soporte de impresión cumple con su objetivo, el de brindar apoyo a la impresión y también servir de molde para los relieves a ser realizados.

5) *Posicionamiento del Papel entre la Bandeja y el Rodillo:* En principio debido a la elevada velocidad del motor de DC, el carrito sufre un atascamiento al final de su recorrido de derecha a izquierda lo que ocasiona una sobre exigencia de corriente para el driver que lo comanda provocando que el sistema se reinicie, para solucionar esta contrariedad se modifica el programa de control afinando el ancho de pulso de activación, de esta manera se logra que inclusive al llegar al final de su recorrido, manteniendo ese mismo ancho de pulso solo mantenga presionado el mecanismo de acoplamiento entre el rodillo y el levantamiento de la bandeja de alojamiento de papel, y el proceso de subir el papel hacia el rodillo se produzca sin contratiempos.

### B. Pruebas de Software

1) *Microcontrolador:* Se verifica que los caracteres que se envían desde la PC son correctos, es decir que el módulo recibe todos y cada uno de los datos que la PC le envía, esta prueba se realiza mediante el uso del simulador "SIOW" de PIC C, para una verificación en el módulo se modifica el programa para que estos datos aparezcan en el LCD como se muestra en la Fig. 26.



Fig. 26: Recepción de caracteres en el módulo

2) *Importación del Documento con extensión .doc:* Se realiza una prueba, mediante la cual se abre un documento de Word con extensión .doc para verificar su contenido, sin embargo al ejecutarla se observa que el documento no solo está compuesto de las letras que se grabaron en el sino también de un encabezado por lo que se procede a eliminarlo para aprovechar solamente los caracteres presentes en el documento.

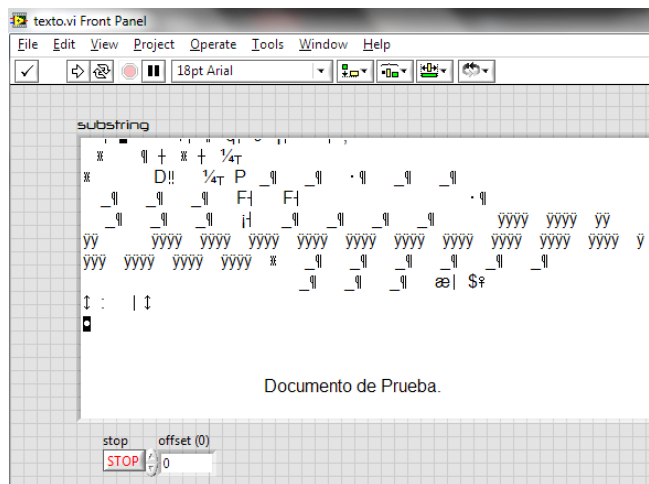


Fig. 27: Eliminación de encabezado en un documento .doc previo a la impresión

### C. Pruebas mediante software de control

1) *Comunicación usb:* Se verifica el funcionamiento del Driver de Identificación proporcionado por Microchip para dispositivos de clase CDC conectando el módulo impresora al puerto USB de la PC.



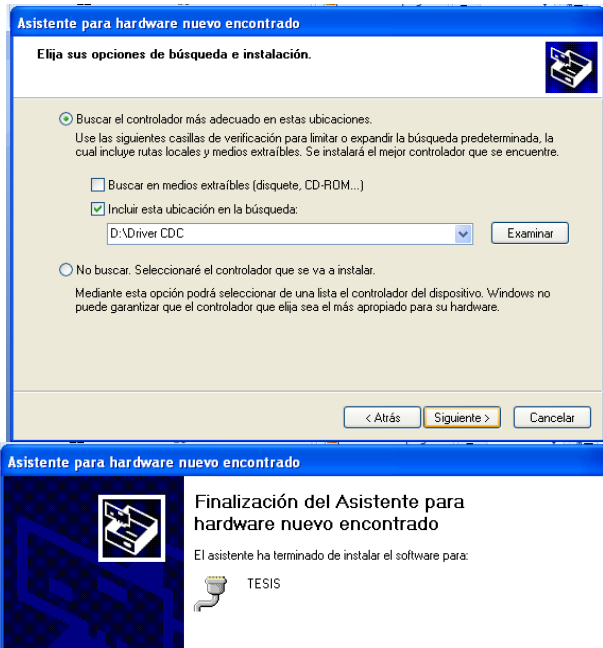


Fig. 28. Instalación del Driver para el módulo Impresora Braille

Una vez instalado el Driver se tiene un mensaje de confirmación a través del LCD y del reproductor de voz como se muestra en la Fig. 29.



Fig. 29. Mensaje de conformación de conexión realizada correctamente

2) Pruebas con el Simulador SIOW de PIC C: Se envían distintos caracteres de control para verificar el comportamiento del prototipo.

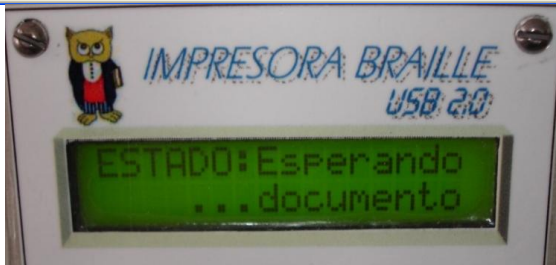
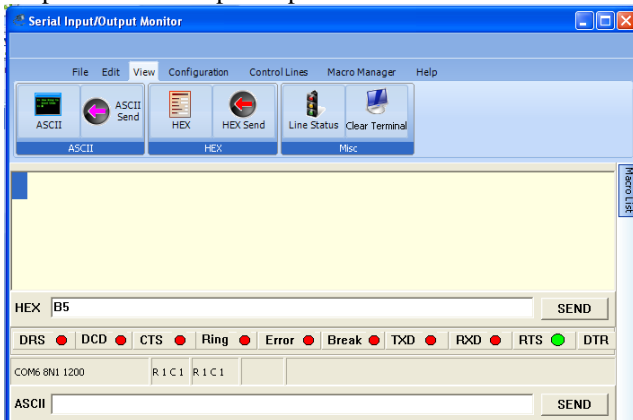


Fig. 30. Mensaje de concordancia de comando utilizando emulador de comunicación SIOW de PIC C

3) Respuesta del Prototipo al Envío de Caracteres: Las pruebas realizadas reflejan concordancia con los puntos que generan los diferentes caracteres aceptados en el idioma castellano.

4) Impresión de caracteres del alfabeto: En las Figs. 31, 32, 33 y 34 se observa la impresión de los caracteres del alfabeto en mayúsculas y minúsculas.

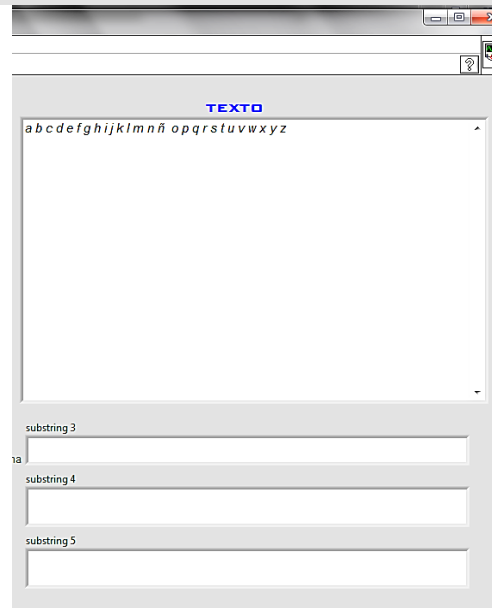
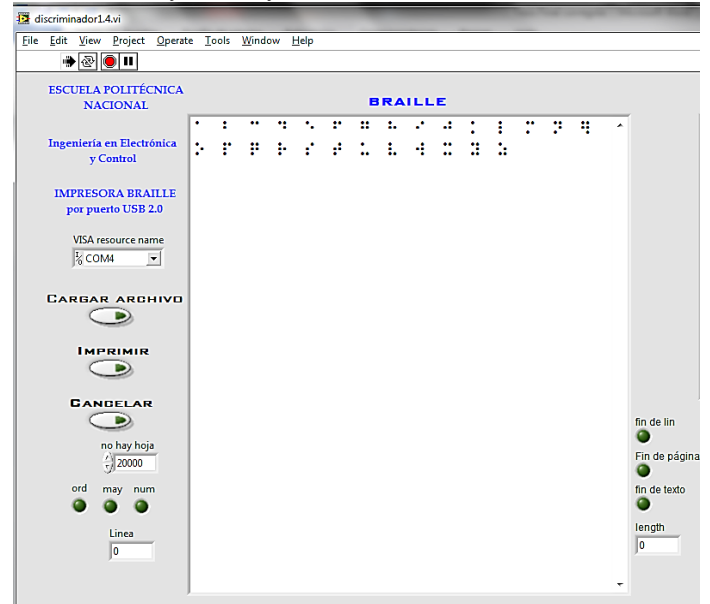


Fig. 31. Preparación de documento a imprimir "alfabeto en minúsculas"



Fig. 32. Impresión de documento "alfabeto en minúsculas"

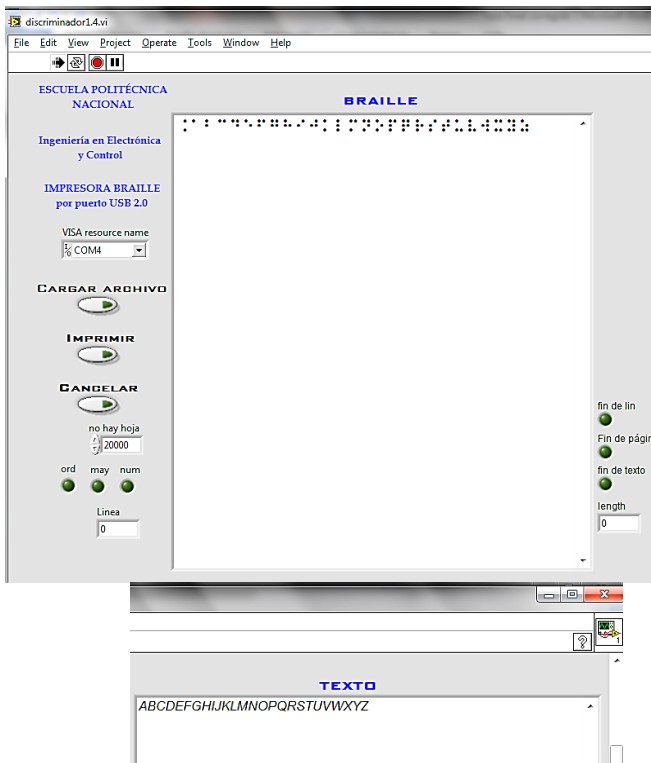


Fig. 33. Preparación de documento a imprimir “alfabeto en mayúsculas”

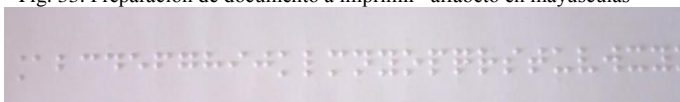


Fig. 34. Impresión de documento “alfabeto en mayúsculas”

5) *Impresión de caracteres especiales:* En las Fig.s. 34 y 35 se observan los resultados obtenidos en la impresión de caracteres que se consideran especiales como es el caso de las vocales acentuadas y también la letra “ñ”. La letra “ñ”.

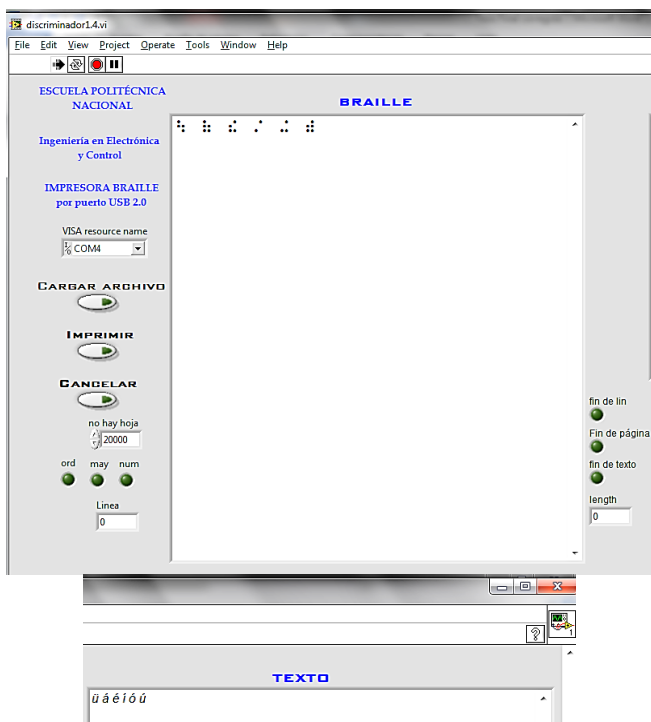


Fig. 35. Preparación de documento a imprimir “caracteres especiales”



Fig. 36 Impresión de documento “caracteres especiales”

6) *Impresión de caracteres numéricos:* En la Fig. 38 se muestra el resultado de la impresión de números enviados (Fig. 39) los mismos que se encuentran precedidos del caracter indicador o generador de números.

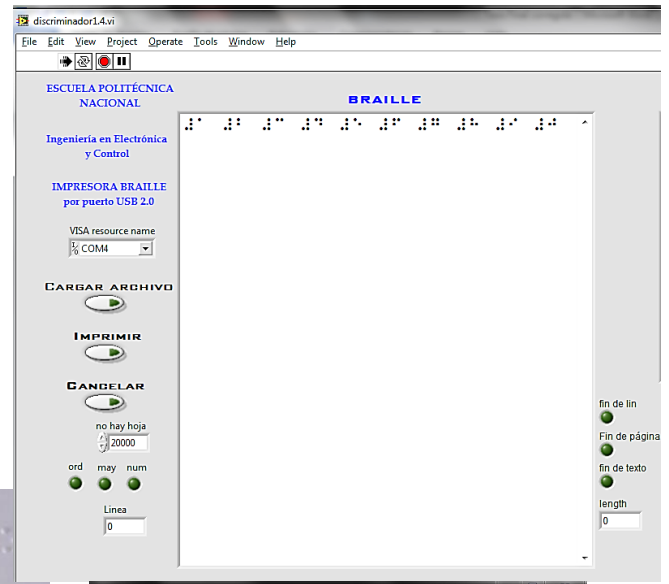


Fig. 37. Preparación de documento a imprimir “números”

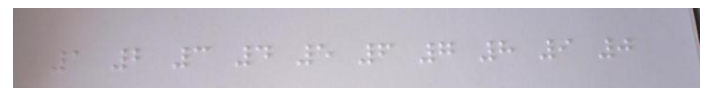


Fig. 38. Impresión de documento “números”

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### A. Conclusiones

- Se puede construir un prototipo para plasmar caracteres Braille en una hoja de papel a partir de una impresora de inyección a tinta modificando la parte mecánica y diseñando la parte electrónica en hardware y software.

- Para proyectos en los que se desarrolle comunicación USB se puede utilizar 18f4550, ya que supera la capacidad de memoria de sus antecesores así como el número de periféricos que se pueden manejar sin necesidad de utilizar modo extendido.

- Para un funcionamiento adecuado es necesario que previo a realizar las sentencias de comunicación USB se ejecuten otras, que dejen el sistema mecánico listo para una tarea de impresión, de manera que se produzca un

error este sea corregido o no persista al reinicializar el sistema.

- No existe un consenso absoluto que se pueda seguir para realizar una impresión en caracteres Braille, hay que tener en cuenta que se tiene una limitación en cuanto al número de caracteres existentes para la codificación Braille y que en reiteradas ocasiones un carácter tiene varios significados que dependen de otros caracteres adjuntos que le dan un significado propio de acuerdo al contexto del documento.

- El módulo de reproducción de voz WTM – SD V1.3 permite la comunicación en serie y paralelo para este proyecto se realiza el control en paralelo, otro punto importante es la posibilidad de poder grabar cualquier tipo de mensaje siempre y cuando tenga un formato MP3.

- Debido a que en un proyecto se tiene cambios imprevistos como por ejemplo en los niveles de voltaje requeridos es importante elegir una fuente con valores diferentes de voltaje regulables.

- Microchip proporciona los identificadores necesarios para que el dispositivo desarrollado en comunicación USB sea correctamente identificado por el computador, estos no tienen costo si no son de uso comercial caso contrario es necesario adquirir los mismos realizando un importante aporte económico a la organización.

- El lenguaje o entorno de programación para microcontroladores PIC C es adecuado para el desarrollo de prototipos como este ya que provee de librerías como usb.h, cdc.h, dcd.c, que facilitan la programación y el manejo de periféricos gracias a la comunicación USB siendo este el principal propósito del presente proyecto.

- En cuanto a la implementación de un dispositivo que realice el relieve de un carácter Braille la mejor opción es decantarse por elementos que empleen un principio de percusión sea cual fuere el actuador que se elija. Los tiempos del proceso son reducidos en comparación con otros métodos, la calidad de la impresión es mucho mayor sin embargo la mayoría de dispositivos que se emplean como son los solenoides poseen un peso considerable, incrementando de esta forma el rozamiento y desgastando los elementos mecánicos involucrados en su desplazamiento, pese a esto es uno de los mejores elementos a emplear en este tipo de proyectos.

### B. Recomendaciones

- Se recomienda que al implementar una placa electrónica o circuito impreso donde se aloja un microcontrolador se considere la construcción de un circuito de grabación ICSP (In Circuit Serial Programming) para facilitar las modificaciones futuras en la programación.

- Es recomendable que el voltaje de la fuente de alimentación al dispositivo sea verificado previamente a ser enchufado de esta manera se evitaban posibles daños en los elementos.

- Es recomendable que los soportes para el punzón y la bandeja de impresión se realicen de algún material resistente, en el presente proyecto se emplean aluminio, fomis y acetato, la combinación de ellos permite cumplir con el objetivo planteado.

- Para la programación en la que se requiere establecer algún tipo de comunicación con la PC se recomienda emplear un lenguaje de alto nivel, en el presente proyecto se emplea y recomienda ampliamente PIC C como lenguaje de programación de microcontroladores, por otro lado en cuanto a la programación de una interfaz de comunicación entre la PC y medios externos se emplea LabVIEW por su versatilidad y alta confiabilidad al momento de desarrollar programas que involucren comunicación.

- Se recomienda que las placas electrónicas se realicen en fibra de vidrio ya que no absorbe humedad que podría generarse por el sitio en donde se encuentre en operación el módulo.

- Se recomienda engrasar el bocín y el eje en el cual está acoplado ya que al no existir lubricación en el mismo se pueden producir atascamientos del carrete provocando sobrecalentamiento en el driver que comanda al motor de DC.

- La excesiva sensibilidad a la interferencia estática del módulo reproductor de voz lo hacen un elemento delicado dentro del prototipo por lo que se recomienda que la manipulación del mismo sea muy cuidadosa y por sobre todas las cosas se tenga una pulsera antiestática para evitar que al manipular este elemento se produzca algún daño irreparable.

- Para la detección del papel se recomienda un sensor óptico basado en la emisión de señal de acuerdo al contraste de colores ya que otro tipo de detección que pudiese ser mecánica puede ocasionar la operación inadecuada del módulo en general.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada al ingeniero N. Sotomayor por la revisión de este documento y su invaluable colaboración en el desarrollo de este proyecto.

Los autores agradecen la colaboración desinteresada de Luis Campoverde, Omar Trujillo y William Ligña.

## VII. REFERENCIAS

- [1] ONCE, “El Alfabeto Braille,” 2010, Disponible: <http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/tecnologia/productos%20de%20apoyo/Guias%20tecnicas/Paginas/alfabetobrilaille.aspx>

- [2] Cabrerizo & Eutiquio, "El Braille, mucho más que un sistema de lectura para los ciegos," U.T.L.A.I., 2002, Disponible: <http://www.Nodo50.org/utlai/lucer11.htm>
- [3] ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles), "Características de la rotulación para personas con discapacidad visual, Edición Multilingüe," Primera edición, España 2007.
- [4] Enable Mart, "Braille embossers," 2010, Disponible: <http://www.enablemart.com/Braille-Embossers>
- [5] Martin Daniel, "Sensores Aplicados a la Robótica," Robótica & µControladores Pic, 2009, Disponible: <http://www.x-robotics.com/>
- [6] DYNAMO, "Sensores y Motores," 2010, Disponible: <http://www.dynamoelectronics.com/home.html>
- [7] Minebea-Matsushita Motor Corporation, "PM55L-048," 2010, Disponible: [http://www.eminebea.com/content/html/en/motor\\_list/pm\\_motor/](http://www.eminebea.com/content/html/en/motor_list/pm_motor/)
- [8] Pelletier Alain, "Motor C2162-6006 HP," 2010, Disponible: <http://www.motors.wrobots.com/C2162-6006.php>
- [9] Radek Chris, "HP Encoder Modules," 2010, Disponible: <http://www.timeguy.com/cradek/01148758851>
- [10] Even Print, "Print Mechanism Assembly HP," 2007, Disponible: <http://www.evenprint.com/diagrams-printers/09999923htrHP95C.html>
- [11] VISHAY semiconductors, "Audio Application TDA 2003," 2009, Disponible: <http://www.datasheetcatalog.com/>
- [12] MICROCHIP, "18FXXXX Family," 2011, Disponible: <http://www.microchip.com/>
- [13] BIBLIOMAN, "Prácticas con microcontroladores PIC en lenguaje C," 2010, Disponible: <http://aquihayapuntes.com/indice-practicas-pic-en-c/comunicacion-usb-pic18f4550-utilizando-la-clase-cdc.html?start=1>

## VIII. BIOGRAFÍAS



**Julio Camino**, nació en Ambato-Ecuador el 6 de Septiembre de 1981. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Bolívar. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 2011. Actualmente desempeña el cargo de Ingeniero de Diseño y Desarrollo para la empresa COHECO S.A. en el Departamento de Ingeniería de

Laboratorio y Trabajos Especiales de la misma.

Áreas de interés: robótica, domótica, inmótica, informática y redes, microcontroladores, sistemas relacionados a controles de acceso, sistemas embebidos, automatización y control industrial.

(jkmno@hotmail.com, soporte.uio2@coheco.ec)



**Liliana Ligña**, nació en Quito-Ecuador el 16 de Agosto de 1981. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Interandino. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniera en Electrónica y Control en 2011. Actualmente desempeña el cargo de Ingeniera de Proyectos y Ventas en la Compañía Inequipos del Ecuador S.A en la División de Automatización y Control

de la misma.

Áreas de interés: electrónica de potencia, informática, microcontroladores, instrumentación, automatización y control industrial.

(lilylignia@yahoo.es)



**Nelson Sotomayor**, nació en Quito-Ecuador el 9 de Septiembre de 1971. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Nacional Mejía. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 1999. Obtuvo su título de Magíster en Ingeniería industrial en junio del 2006 en la Escuela Politécnica Nacional. En septiembre del 2008 como becario del

Gobierno de México y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), participó en el IV Curso Internacional de Robótica Aplicada, en el Centro Nacional de Actualización Docente (CNAD) ubicado en México DF. Actualmente desempeña el cargo de Profesor Principal T/C en el Departamento de Automatización y Control Industrial de la Escuela Politécnica Nacional. Adicionalmente es Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control y coordinador del Club de Robótica.

Áreas de interés: robótica móvil, informática y redes, microcontroladores, automatización y control industrial.

(nelson.sotomayor@epn.edu.ec)