

# ANOTADOR BRAILLE ELECTRÓNICO

Pablo Cayuela, Gustavo Monardez  
Titular de cátedra de Proyecto Final: Ing. Carlos Candiani

Centro Universitario de Desarrollo en Automación y Robótica (CUDAR)  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba  
Córdoba, Argentina  
cayuela@ieee.org

**Resumen.** Se planteó la realización de un prototipo de anotador braille electrónico, de bajo costo de producción, que en caso de no ser gratuito para ciegos, por falta de financiación de organizaciones gubernamentales o similares, sea accesible su compra, dado que su adquisición se hace prohibitiva por su alto costo en el mercado internacional, única fuente actual para los ciegos de Argentina.

**Palabras claves:** anotador, braille, portátil, bajo costo.

**Abstract.** Construction of a low cost electronic Braille Notetaker prototype, for blind people, that could be manufactured by government or NGOs, to facilitate the acquisition by persons who need it, without importing this product due to the international high costs with current change in Argentina.

**Keywords:** Low cost, Portable, Braille, Notetaker.

## 1 Génesis del proyecto

Durante mi niñez y juventud fui un estrecho colaborador de mi padre, Oscar Cayuela, en CAY Servicio Técnico, taller que teníamos en la ciudad de Orán (Salta), de donde soy originario, donde se reparaban y atendían problemas con máquinas de oficina, es decir, máquinas de escribir mecánicas, tradicionales y eléctricas/electrónicas, calculadoras y cajas registradoras.

Conocí allí y a través de su enseñanza, tanto la tecnología de fabricación como la historia de las máquinas de escribir modernas. Fue así como supe sobre su período de aprendizaje en las instalaciones que Olivetti poseía en Buenos Aires durante la década del '70.

En ellas, esta empresa de origen italiano fabricaba máquinas de escribir mecánicas tales como la Studio 44, la Lettera 22, y la famosísima e inigualable Lexikon 80. Por cuestiones económicas, llegaron órdenes de la casa matriz en Ivrea, Italia, que decidieron que había que quitar del mercado la Lexikon 80, de larga duración y gran

calidad, y meter en el mercado la Línea 88, y algo más tarde la Línea 98. La producción de estas últimas se trasladó a Brasil directamente, y la de las Studio y Lettera la llevaron a México; de esta manera dejaron de fabricarse máquinas de escribir en Argentina.

La Lexikon 80 tiene estructura interna de fundición de hierro y por ello es bastante pesada aunque muy sólida. Su carrocería en aluminio esmaltado es un diseño de 1948, realizado por el diseñador, arquitecto y pintor Marcello Nizzoli (Italia, 1887-1969). A diferencia de aquella, las Línea 88 y 98 tienen estructura interna de chapas de acero y flejes metálicos para los mecanismos, y carrocería plástica.

Similarmente, una de las más extendidas máquinas de escribir braille, la Perkins Brailler, fue concebida por David Abraham en 1939, por encargo de la Perkins School for the Blind; llevada a producción tardíamente, entre otras razones, a causa de la Segunda Guerra Mundial, luego de un largo interludio, en 1951. Esta máquina ha sido fabricada hasta el año 2008, cuando fue reemplazada por la Next Generation™ Perkins/APH Brailler, concebida con nuevos materiales livianos, de aproximadamente el mismo tamaño, pero de mucho menos peso y ruido, producida esta vez en conjunto con la American Printing House for the Blind.

Varios años después, ya durante mi estancia en la ciudad de Córdoba por mis estudios universitarios, y participando del CUDAR como colaborador, supe de una joven ciega, Natalia Armando, conocida de un familiar, que poseía una máquina de escribir braille, la muy conocida Perkins, de la misma técnica constructiva de la Olivetti Lexikon 80, que tenía un pequeño problema: hacía espacios extras al escribir. Específicamente, tenía problemas de escape que pude reconocer por su similitud con las máquinas tradicionales. Ajusté pues la sensibilidad del liberador de escape hasta que logré que funcionara correctamente.

Aprendí de esta joven, cómo empleaba su máquina de escribir braille y su computadora, y cómo hacía para tomar notas cuando estaba en clases del Traductorado de inglés en la Escuela de Lenguas de la UNC. En clases empleaba una pizarra (también llamada pauta) y punzón, y escribía sobre papel de buen gramaje, similar a la cartulina. Su computadora es de escritorio y no portátil, por lo que la emplea solo en casa; usa como interfaz, un programa de síntesis de voz y comandos por teclado conocido como JAWS, e imprime sus trabajos en una impresora común para la presentación de informes para las cátedras de su carrera. Por último, la máquina de escribir braille, la emplea para transcripciones que necesita leer si ayuda de la computadora y hacerlo de manera más rápida que con la pizarra y punzón.

Una tarde en casa pues, con Gustavo Monardez y Daniel Durán, miembros del CUDAR, con quienes compartíamos una merienda, propuse construir un aparato sencillo y barato, que pudiera ofrecer algunas de las funciones, intermedias por supuesto, entre la pizarra y la máquina de escribir. Es decir, que sea portátil como una pizarra, que permita tomar notas tan rápido como en la máquina de escribir braille, pero que no sea ni pesada ni ruidosa como esta última.

La idea confluyó hacia un aparato sencillo con teclado braille para acelerar la escritura, de tipo electrónico con memoria para almacenar lo escrito y comunicación para traspasar estos a una computadora con capacidad de síntesis de voz; que podía ser construido con los materiales de que disponíamos normalmente en el laboratorio del CUDAR, y que en poco tiempo tendríamos en marcha un prototipo para demostrar la viabilidad del concepto.

Durante ese tiempo, el Ing. Rodolfo Cavallero me sugirió que presentara la idea como proyecto elaborado a una convocatoria de la Agencia Córdoba Ciencia del Gobierno de la Provincia de Córdoba.

Finalmente, este proyecto fue presentado, aprobado y financiado por el programa *Apoyo a grupos de investigación de reciente formación* de la **Agencia Córdoba Ciencia** (actual **Ministerio de Ciencia y Tecnología**) del Gobierno de la Provincia de Córdoba. El presupuesto asignado no fue superior a U\$S 2000 para un año de duración.

### **1.1 Planteo inicial**

Las personas ciegas que deciden estudiar y necesitan tomar notas en clases, suelen hacerlo en braille, empleando distintos recursos. Uno de ellos es a través del uso de una máquina de escribir mecánica, que de por sí, es ruidosa, pesada (pues suele estar hecha de materiales de fundición de hierro), difícil de conseguir e importar, dado que son modelos de cerca de 30 años o más de antigüedad, caras, y en ciertos casos, usadas. Otro, es mediante la pizarra, la cual consiste de una pieza metálica o plástica preformateada para facilitar el marcado del papel con un punzón. Una tercera forma, es el empleo de un anotador electrónico. Es común que estas notas se tomen mediante estenografía braille (similar a la taquigrafía), para acelerar la escritura. Lamentablemente el precio de las máquinas de escribir (sean mecánicas o eléctricas/electrónicas) y los anotadores electrónicos, es prohibitivo (generalmente cercano a los 1000 dólares o más, véanse presupuestos en Apéndice C). Esto también es cierto para las impresoras braille (conocidas algunas como embozadoras), que rondan los 2000 dólares como poco, y necesitan de una computadora y software especial para su control y uso.

Era nuestra hipótesis, que muchas de estas herramientas son realizables con la tecnología disponible en el país, sin tener que recurrir por ello a las más nuevas o más caras, enfocándose en el problema esencial en cada caso planteado, de tal manera de ahorrar en todo lo posible tiempo y recursos, y obtener resultados concretos en el desarrollo personal, en este caso con algún tipo de inconveniente físico.

Por ello, en este proyecto se planteó la realización de un anotador braille electrónico, de bajo costo, fácil de usar, para personas ciegas, de tal modo de servir de verdadera alternativa ante los aparatos importados y permitirles el acceso a la edición y manipulación de notas en braille donde sea que lo necesiten. Estimamos, que de poder concretarse, el precio de costo del anotador electrónico sería de alrededor de los U\$S 80, aunque en principio, no se disponga de toda la funcionalidad de los equipos importados.

### **1.2 Objetivo general**

Solución de problemas de índole técnico-tecnológica de acceso a herramientas, para la facilitación del desempeño de una persona con incapacidad visual extrema.

### **1.3 Objetivos específicos**

Diseño e implementación de un modelo de ingeniería de un anotador braille electrónico, práctico, barato, simple.

Diseño e implementación de un modelo de producción de bajo costo para el tomado de notas en clases, con un teclado de disposición braille, liviano, práctico y portátil, que puede ser fabricado por subvención del gobierno, y distribuido a personas ciegas que lo necesiten, o puede ser fabricado por empresas, permitiéndole disponer el producto a un bajo precio.

## **2 Desarrollo y prueba de los prototipos**

### **2.1 Circuito electrónico del Anotador braille**

El circuito del Anotador braille está construido con base en un procesador central, que en este caso es un microcontrolador Microchip PIC16F876A, que ha sido programado para realizar una lectura de un puerto destinado al teclado de 6 teclas braille más 3 auxiliares, a saber, salto de línea, espacio y retroceso para borrado.

Como el uso de las teclas braille es simultáneo, pues se deben hacer combinaciones de 1 a 6 puntos a la vez, no se emplea el método de teclado matricial para su lectura. Por ello se dedican bits de un puerto de manera exclusiva a cada tecla del signo generador.

También se dedica el procesador central al manejo del puerto de comunicación, en este caso un sencillo RS232. Se emplea un circuito que adecúa los niveles de tensión, mas el protocolo es generado por el microcontrolador.

Para comunicarlo con una computadora que no posea puerto serie RS232, se emplea un cable con conversor RS232-USB, y se emplea el controlador provisto por el fabricante para la creación del puerto serie virtual sobre un puerto USB.

Una vez que se levanta la presión de todas las teclas braille, se almacena ese código en la memoria I2C de la arquitectura propuesta. Su capacidad de memoria es de 64 kilobytes. Al momento de apagar el anotador, un pequeño circuito entrega una señal de aviso que le indica al programa principal que almacena el valor del puntero de escritura de memoria I2C, en la memoria flash del PIC, de modo que cuando se reinicie su uso, continúe escribiendo a partir de ese punto.

### **2.2 Carrocería**

El primer prototipo construido fue realizado en chapa mediante dos simples piezas que se ensamblaban por apoyo directo y se fijaban mediante tornillos.

Era básicamente una caja con fondo y laterales sin tapa, y la tapa alojaba las teclas y se apoyaba en el frente mediante una pestaña del ancho nominal del aparato. En la parte posterior de la caja se encontraban el puerto serie de comunicación RS232, la entrada de alimentación para el cargador de baterías y la llave de encendido.

Posteriormente se evaluó la posibilidad de realizar la carcasa en plástico, principalmente para alivianar el aparato, pues uno de los objetivos es que este sea transportable y cómodo de llevar en un bolso o incluso en la mano.

Así fue que se eligió el método de termoformado pues es sencillo y barato, contrastado con métodos como inyección de plásticos, donde tanto las matrices y moldes como el proceso inicial son de alto costo, aunque en altos volúmenes el costo unitario de producción se reduciría en gran proporción.

Como el proyecto tenía un carácter inicial de demostración de la posibilidad de construcción de un anotador braille de bajo costo y dificultad de armado, se optó por soluciones de baja escala, que mantienen el costo del proyecto en valores asequibles para una o pocas personas involucradas en él.

### 2.3 Programa de recepción del Anotador braille

El programa de recepción del Anotador braille ha sido escrito en C/C++ mediante Borland Builder. Es un receptor de puerto RS232 que toma los datos que recibe y los almacena en un archivo.

Otro módulo del programa toma estos datos y decodifica cada uno de los caracteres de 1 byte y los traduce a caracteres de la tabla ASCII de 8 bits.

A continuación, se especifican las tablas de traducción, y el proceso de decisión empleado para la conversión de los códigos braille a ASCII.

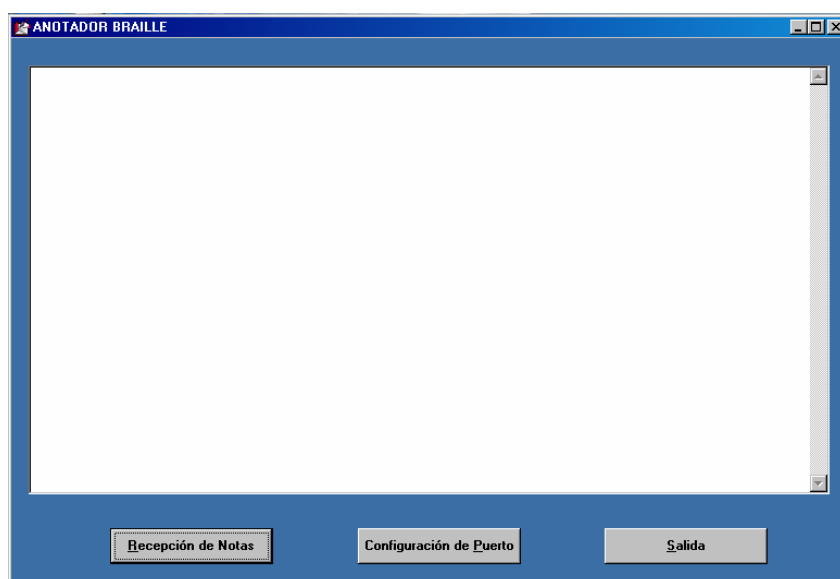


Fig. 1. Pantalla de programa de recepción.

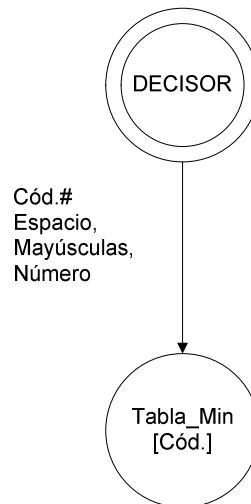
## 2.4 Conversión de código braille a ASCII

La traducción se realiza mediante un mapa que toma el número binario correspondiente al código braille de 6 bits del anotador, y lo emplea como índice en un gran vector donde se encuentra en cada celda, el símbolo que le corresponde.

Los símbolos especiales y dobles pasan por una selección según el valor del primero de los caracteres, y luego son dirigidos a la tabla de traducción.

**Tabla 1.** Tabla de traducción de los códigos braille de teclado.

<i>Símbolo</i>	<i>Min. (ASCII)</i>	<i>May. (ASCII)</i>	<i>Cód. (dec.)</i>	<i>Combinación de teclas</i>						
<i>a</i>	<i>97</i>	<i>65</i>	<i>125</i>	<i>1</i>						
<i>b</i>	<i>98</i>	<i>66</i>	<i>121</i>	<i>1</i>	<i>2</i>					
<i>c</i>	<i>99</i>	<i>67</i>	<i>109</i>	<i>1</i>	<i>4</i>					
<i>d</i>	<i>100</i>	<i>68</i>	<i>77</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>5</i>				
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



**Fig. 2.** Lectura general.

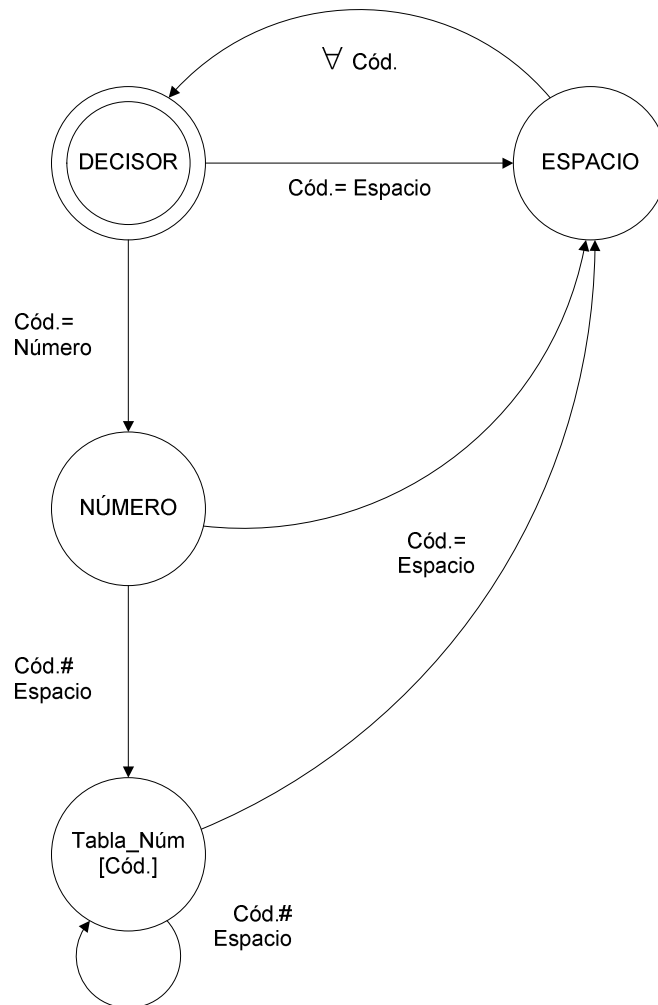
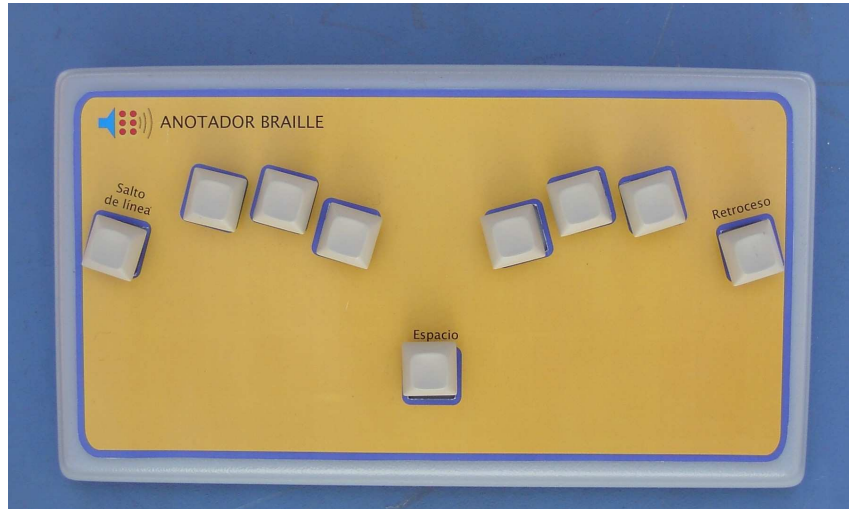


Fig. 3. Manejo de mayúsculas.

## 2.5 Descripción del anotador y funcionalidad

Puede verse en la siguiente fotografía, la disposición de las teclas del Anotador braille Electrónico:



**Fig. 4.** Vista del frente del anotador braille.

Las funcionalidades de las teclas son las siguientes:

***Salto de línea:*** Esta tecla permite el establecimiento del inicio de una nueva línea (no repetitiva).

***Retroceso:*** Esta tecla permite el borrado desde el último carácter escrito, tantos caracteres como veces se presione (no repetitivo).

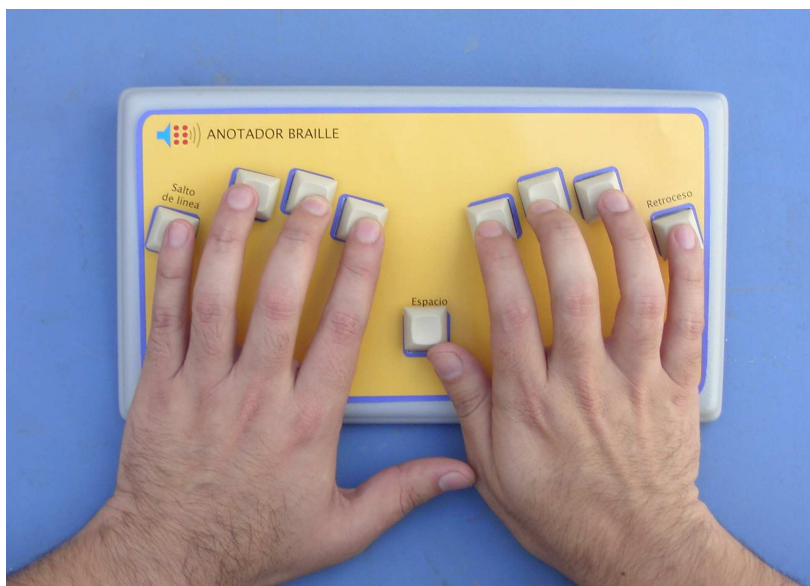
***Teclas de matriz braille:*** Estas teclas tienen la clásica disposición del teclado de las máquinas de escribir braille, es decir, los puntos 3-2-1 para anular, medio, índice de mano izquierda, y los puntos 4-5-6 para índice, medio, anular de mano derecha.

***Espacio:*** Esta tecla permite la inserción de espacios (no repetitiva).

## **2.6 Uso del Anotador braille Electrónico**

En esta fotografía se muestra una disposición posible de las manos sobre el Anotador braille:





**Fig. 5.** Disposición de las manos en el teclado del anotador braille.

En la siguiente fotografía se ve la escritura de la letra B (puntos 1-2) mediante las teclas correspondientes a la matriz braille:



**Fig. 6.** Escritura de la letra B (puntos 1- 2).

El anotador braille se enciende mediante una llave en su parte trasera; luego se comienza la escritura con el teclado.

Posee un puerto de comunicación para descarga de datos a una computadora por interfaces RS232 y USB.

Una vez que se termina de tomar notas se emplea la síntesis de voz, para escuchar lo escrito.

Para alimentarlo, incluye batería interna, recargable mediante un pequeño adaptador para tensión domiciliaria.

## 2.7 Modelo de producción

El modelo de producción final incluye el anotador braille, cable serie RS232 para bajada de datos, caja con indicaciones, manual impreso y en braille, el cargador de la batería interna, el CD con manual y programa de recepción para PC IBM compatible con MS Windows.



**Fig. 7.** Equipo completo de anotador braille con cargador de batería interna, cable de bajada de datos, manual impreso y en braille, CD con programa de recepción y caja contenedora.

## **2.8 Pruebas realizadas**

Luego de la finalización de los primeros prototipos de laboratorio, se realizaron pruebas de uso con Lucas Rodríguez, estudiante ciego de Ingeniería en Sistemas de Información, y conocido capitán de los Murciélagos, selección campeona argentina de fútbol para ciegos.

Mediante estas pruebas iniciales, quedó en evidencia que el teclado de botones plásticos duros que accionan membranas metálicas, no es adecuado para su uso como teclado de escritura continua, pues la fuerza en cada dedo debe ser tanta como para vencer la resistencia de cada pequeño domo de chapa, pero como en braille se aprietan varias a la vez la fuerza se multiplica en el mano que escribe, obligando al usuario a un esfuerzo mayor que el que requiere un teclado de computadora. Durante estas pruebas, cuando Lucas sometió al teclado a su escritura normal de máquina de escribir, se perdieron muchas combinaciones por falta de presión en sus dedos, y cuando se dio cuenta de esto presionaba de forma no natural para lograr el resultado esperado. En consecuencia el esfuerzo era mayor que el esperado incluso en una máquina de escribir mecánica.

Esto determinó el empleo de teclas modulares individuales para componer el teclado, que junto con la elección de una carcasa plástica, dieron el modelo final del prototipo de laboratorio, para transformarse luego de estas pruebas en el modelo de producción.

De estos anotadores braille se prestaron un par al Instituto Helen Keller, para ser evaluados en la sala de computación a cargo de las profesoras Cecilia Calvo y Ana Andenmatten, y otro anotador al Instituto Julián Baquero, para propósito idéntico.

Luego de la recepción de las notas almacenadas en el anotador, se activaba el sintetizador de voz en la computadora receptora para que lea de la ventana de recepción o directamente del archivo recepción de texto si este había sido abierto.

De estas evaluaciones se comprobó que el anotador estaba maduro en cuanto a su presentación, constitución y disposición mecánica, y que era ideal para jóvenes o mayores que ya tuvieron ingente práctica en braille, pues la falta de retorno no influía en gran medida en su uso. No así en el caso de los niños que están aprendiendo a escribir, donde el retorno se hace absolutamente necesario para que vayan memorizando cada letra en braille.

Esto sugirió también el marco de un futuro proyecto que incluyera el retorno necesario sin modificar en exceso los objetivos básicos de funcionalidad y bajo costo.

## **3 Cumplimiento de los objetivos**

Se considera que se alcanzaron los objetivos general y específico planteados originalmente en la descripción del plan del proyecto. Es decir, se ha logrado construir un modelo de ingeniería de un anotador electrónico braille con materiales de bajo costo y métodos accesibles para la producción local no industrializada.

### **3.1 Materiales**

En tal sentido, desde un punto de vista electrónico, se emplearon materiales como microcontroladores industriales, memorias serie no volátil de bajo factor de forma, y dispositivos de uso general, todos ellos de bajo costo y gran disponibilidad en el mercado local.

Con respecto a la estructura física del equipo se probó en primer lugar con una carcasa metálica; posteriormente se optó por una de material plástico, la cual permitió alivianarlo, sin dejar de lado la robustez mecánica necesaria del dispositivo, y a la vez permitir su portabilidad, además de facilitar un diseño más ergonómico.

El cargador de baterías se construyó en base a un adaptador de uso general, al que se le agregan un par de dispositivos adicionales, aprovechando su gabinete original. Esto permite reducir el costo de este elemento, necesario en todo equipo electrónico portátil, en un 75% con respecto al valor de los disponibles comercialmente.

### **3.2 Métodos**

Para la realización de la carcasa se emplearon técnicas de moldeo por termoformado. Si bien esta técnica no permite libertad absoluta sobre el diseño morfológico, los costos prohibitivos de las técnicas de inyección de plásticos, la hicieron la opción más adecuada para nuestra escala de producción de prototipos.

El montaje de los materiales electrónicos es sencillo pues el diseño no contiene un gran número de elementos y no requiere de técnicas elaboradas de montaje, como por ejemplo sería necesario en caso de usar tecnología de montaje superficial.

El armado del aparato también resulta sencillo, pues se requiere ensamblar alrededor de quince piezas de fácil manipulación y ninguna de carácter crítico.

Las pruebas realizadas con los prototipos arrojaron resultados satisfactorios en cuanto a la funcionalidad planificada. Las primeras pruebas demostraron que el teclado debía poseer la sensibilidad de una máquina de escribir mecánica, objetivo logrado y superado mediante el empleo de teclas similares a las de un teclado de PC. Asimismo, esto permitió incrementar la velocidad de escritura de forma considerable. Las pruebas en cuestión fueron realizadas con docentes, alumnos y egresados del Instituto Helen Keller.

## **4 Inconvenientes**

Se detalla a continuación los inconvenientes surgidos, clasificados según materiales y métodos.

### **4.1 Materiales**

El microcontrolador elegido posee versiones de bajo voltaje que hubieran permitido el empleo de menos pilas; sin embargo dichas versiones no están disponibles en Argentina ni siquiera bajo pedido a los distribuidores oficiales. Esto

generó la necesidad de emplear un mayor número de pilas que el contemplado inicialmente, por lo que se eligió pilas tipo AAA y no AA, debido al menor peso de las primeras.

Las primeras teclas elegidas para el teclado del aparato, no pudieron conseguirse más que para la construcción de un prototipo. Estas tenían muy buenas características de solidez y operación mecánica, pero lamentablemente están discontinuadas en la producción mundial, y no logramos dar con ningún depósito de éstas.

Dada esta situación se buscaron reemplazos, y se consiguieron teclas similares a las del primer prototipo pero de menor calidad mecánica. Esto derivó en la necesidad de fijación adicional a la carcasa mediante pegamento, pues la robustez mecánica de la trabas de presión laterales no es suficiente para soportar el golpeteo continuado propio de su uso.

Otro detalle sobresaliente en cuanto a estas teclas, fue su elevado precio y su disponibilidad bajo pedido. El conjunto de teclas necesario para un aparato constituye alrededor del 17% del costo de manufactura total. Para comparación cabe mencionar que dos teclas de este tipo tienen un costo aproximado al de un teclado de una computadora personal.

Las pilas recargables elegidas para alimentar el aparato no son de bajo costo, y representan alrededor del 12% del costo total de manufactura.

## **4.2 Métodos**

Un inconveniente de la producción de las carcasas, mediante termoformado, es que los troquelados de la superficie plástica se deben realizar con técnicas manuales, que impedirían una industrialización masiva.

Debido a que el diseño del cargador es sencillo, este no posee avisos de finalización de carga ni corte automático, por lo que requiere por parte del usuario, cronometrar y controlar el periodo de carga.

El código braille presenta varios niveles de complejidad dependiendo del uso. Los niveles superiores al básico son complejos pues dependen de la interpretación del contexto por parte del lector. Por ello, aunque el aparato almacena todos los símbolos braille que se escriban en él, la necesaria traducción en la computadora que recibe esta información, se limita al braille básico de nivel 1, es decir el alfabeto en mayúsculas y minúsculas, los números y símbolos de uso general.

## **5 Síntesis de los resultados logrados**

En Argentina no se dispone de máquinas baratas, livianas, sencillas para escritura braille. Por ello se propuso un anotador braille electrónico con estas pautas de diseño en mente.

Los resultados de nuestra propuesta han sido más que satisfactorios. Uno de nuestros principales objetivos era poder realizar un aparato con la funcionalidad esencial de un anotador con teclado braille de costo accesible para nuestro país.

Esto se logró con creces, dado que empleamos tecnología electrónica de fácil acceso y bajo precio para Argentina, permitiendo la construcción de un anotador completo por un costo de alrededor del 10% del valor de un aparato de importación.

Aún con un bajo costo de producción, fue posible incorporar detalles de ergonomía necesarios para hacer del anotador braille, un aparato cómodo y liviano.

Los resultados de las pruebas realizadas con personas ciegas en el ámbito educativo, validaron la pertinencia de la funcionalidad del prototipo, y lo convierten en una solución integral del problema planteado en primera instancia.

A pesar del limitado objetivo original, pudimos entrever alternativas de aplicación a otra serie de necesidades de la comunidad de ciegos, que deberemos explorar mediante otros proyectos o emprendimientos.

Esta experiencia nos hace vislumbrar que estrategias de solución similares son aplicables a una gran diversidad de problemas y necesidades tecnológicas de nuestra sociedad, gracias a actividades de fomento y políticas de apoyo a la investigación académica como la presente, que posibilitan el desarrollo de la industria nacional.

**Agradecimientos.** Sin lugar a dudas, agradecemos a todos los integrantes del CUDAR (Centro Universitario de Automación y Robótica - UTN FRC), y en especial a los siguientes:

- Director y Codirector del CUDAR, Ing. Luis Candiani e Ing. Rodolfo Cavallero, respectivamente, por el apoyo brindado para realizar este proyecto en las instalaciones y con los recursos del centro; en particular al Ing. Candiani por aceptar este trabajo como proyecto final, y al Ing. Cavallero que sugirió presentarlo a la convocatoria *Apoyo a grupos de investigación de reciente formación* de la mencionada *Agencia*, gracias a lo cual pude llevarlo adelante.

- Ing. Sergio Olmedo y Ing. Juan Luzuriaga, quienes sugirieron las plataformas básicas de hardware y software, y aportaron sus semillas sobre las cuales desarrollamos el resto del proyecto; también por corregir algunos errores y orientarnos en su búsqueda y solución.

- Ing. Darío Chans, por su colaboración en la verificación del diseño de las primeras versiones de prueba de la placa de circuito impreso (PCB).

- Daniel Durán y Gaspar Acevedo, próximos ingenieros electrónicos, quienes colaboraron en el diseño de los PCBs, en sus distintas versiones, y a este último por pruebas modulares.

- Ing. Sergio Tita, por la provisión de materiales electrónicos esenciales y el diseño original del PCB.

- Federico Paredes y Esteban Pereyra, próximos ingenieros electrónicos, por su ayuda en el diseño de circuitos de fuentes de alimentación, carga de baterías, señalización analógica y comunicación.

- Ing. Mec. Sergio Carrara y Sergio Farchetto, por la ayuda con el primer diseño del gabinete del anotador braille.

Vayan los agradecimientos también al personal de:

- Instituto Helen Keller, en particular, a las profesoras Cecilia Calvo y Ana Andenmatten, por sugerencias de diseño y la colaboración prestada con pruebas realizadas, y al director, Sr. Prof. Adrián Nelson Demaría;

- Centro de Rehabilitación para ciegos Julián Baquero, y a la directora Sra. Sonia Hurtado;
- Biblioteca Provincial para Discapacitados Visuales de Córdoba, y en especial al profesor Aldo Ceballos, quien nos enseñó a escribir en braille.

Por último agradecemos especialmente a Natalia Armando, con quien discutimos la génesis de este proyecto e inspiró su creación.

## Apéndice A: Análisis de costos

A continuación se presenta un análisis de costos para la construcción de un prototipo de anotador braille.

---

### *ANÁLISIS DE COSTOS del Anotador Braille*

Cantidad	Descripción	Precio total
<b>Comunicación serie</b>		
4	Capacitor 1uF/16V	\$ 0.55501
1	Cable serie RS232 extensión macho-hembra	\$ 11.90400
<b>Alimentación</b>		
1	Conector hembra de 2 pines recto p/ cable alim.	\$ 0.13440
4	Pilas recargables AAA 1,2V 1000mAH	\$ 27.54560
1	Portapilas p/ 4 pilas AAA con cable	\$ 1.38778
1	Transformador 9V 500mA con ficha postiza	\$ 16.51200
1	Conector hembra plug p/ jack mono con inversor	\$ 1.28000
<b>Detector carga baterías</b>		
1	Diodo Schottky 1N5819	\$ 0.16384
1	Transistor PNP BJT BC327	\$ 0.41638
1	R 1/8W 100k	\$ 0.05120
1	R 1/8W 10k	\$ 0.05120
1	Capacitor 47uF/16V	\$ 0.14874
<b>Memoria</b>		
1	Memoria i2c 24XX512	\$ 14.08000
1	Zócalo DIP8	\$ 0.11405
2	Capacitor 100nF	\$ 0.37658

1	R 1/8W 2k2	\$ 0.04352
---	------------	------------

**Procesador**

	Microcontrolador Microchip	
1	PIC16F876A	\$ 23.04000
1	Zócalo DIP16	\$ 0.25280
1	Zócalo DIP28	\$ 0.41626
0.3	Cable plano x 30 cm	\$ 1.53101
0.12	Cable alim. bipolar rojo y negro x 10 cm	\$ 0.09216
	Conector macho jack mono para trafo	
1	ficha postiza	\$ 0.98560
1	Placa hecha 5x10 cm	\$ 9.60000
1	R 1/4W 1k	\$ 0.03840
1	R 1W 12R	\$ 0.24320
1	Transistor PNP BJT BC337	\$ 0.43520
1	Diodo Zener 2,7V 1/2W	\$ 0.35840
0.07	Abrojo fijación portapilas	\$ 0.44800
1	Pack de resistencias 9x100k	\$ 0.83200
1	Cristal 4MHz	\$ 1.35782
9	R 1/8W 100R	\$ 0.46080
4	Capacitor 1uF/16V	\$ 0.55501
2	Capacitor 100nF	\$ 0.37658
2	Capacitor 18pF	\$ 0.24960
	Conector macho IDC16 recto p/ placa	
0.1	(tira)	\$ 0.12489
	Conector hembra IDC16 recto p/ cable	
1	plano	\$ 0.93670
	Conector macho de 2 pines recto p/	
1	placa	\$ 0.12800

**Gabinete y otros**

1	Estuche/caja	\$ 15.36000
1	Caja cartón	\$ 1.28000
1	Manual impreso (tinta y Braille)	\$ 5.00000
	CD con programa recepción y	
1	documentación	\$ 0.89600
3	Mano de obra	\$ 30.00000
1	Cubierta de policarbonato	\$ 20.48000
1	Gabinete plástico	\$ 35.62240
9	Teclas Cherri con tapa	\$ 51.85152
4	Gomas para base	\$ 2.04800
3	Gomas para placa	\$ 1.53600
0.1	Pegamento instantáneo p/ teclas	\$ 1.66400
0.01	Pegamento de contacto p/ goma batería	\$ 0.06323



1	Parlante piezoeléctrico diám. 20mm	\$ 0.96640
	Cavidad resonante p/parlante	
1	piezoeléctrico	\$ 0.19200
	Llave plástica de encendido de 1 punto	
1	negra	\$ 1.26733

---

***TOTAL*** **\$ 285.45359**