



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UNA IMPRESORA DE  
CÓDIGO BRAILLE**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO  
PRESENTAN :

ALETHYA LILIANA GARCÍA QUINTANA

ISMAEL OLIVARES VALENTÍN



DIRECTOR DE TESIS: DR. JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ

MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis Padres

Ismael Olivares Victoria

Carmen Valentín Quintino

y a mi hermano Abraham:

Gracias por todo su apoyo, comprensión y paciencia. He aquí los frutos de tantos años de esfuerzos y desvelos.

Alethya Liliana:

Princesa, gracias por permitirme compartir este trabajo contigo y te agradezco enormemente el tiempo que hemos estado juntos.

Montserrat Valentín Buenrostro:

Pequeña, te dedico este trabajo con todo mi cariño y con la esperanza de que te motive a seguir adelante, teniendo siempre presente a Dios y el ejemplo de tus padres.

Al Lic. Miguel A. Valentín Q. †

Por siempre haber tenido palabras de aliento y por su compañía, en donde quiera que se encuentre.

A mis familiares y amigos:

Gracias por haberme enseñarme el camino.

Al Dr. Jesús M. Dorador G.:

Le agradecemos todo su apoyo y tiempo dedicado a este trabajo.

Ismael Olivares Valentín

A mi mamá: Alicia Quintana Romero quien me ha querido y apoyado siempre.

A mi compañero, amigo y novio: Ismael Olivares Valentín, con todo mi cariño; por su comprensión, apoyo e infinita paciencia en todo este tiempo que llevamos juntos y, sobretodo, durante la realización de este trabajo.

A mis abuelos que me dedicaron tiempo y cariño:

Arturo Quintana Moreno †  
Gladys Romero de Quintana

Jorge P. García Ortega  
Julia Méndez Vega

A mis padrinos, por abrirme las puertas de su casa y de su corazón:

Javier A. Soria Alvarado  
Haideé Soria Alvarado

Georgina Díaz de Venegas  
Antonio Venegas Mejía

A mis familiares y amigos que han estado siempre a mi lado.

Les dedico este trabajo con especial cariño a:

Rosendo Fuentes Hidalgo  
Elvira Velásquez de Fuentes

Al Dr. Jesús Manuel Dorador González por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A todos los profesores que hicieron posible mi formación profesional.

Alethya Liliana García Quintana.

# ÍNDICE

TEMA	página
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
CAPÍTULO I	
1. LA CEGUERA	5
1.1 DEFINICIÓN MÉDICA	5
1.2 DATOS ANATÓMICOS DEL GLOBO OCULAR	5
1.3 APARATO DE LA VISIÓN	6
1.3.1 Agudeza Visual	7
1.4 CAUSAS DE LA CEGUERA	10
1.5 GRADOS DE CEGUERA	16
1.6 REHABILITACIÓN	17
CAPÍTULO II	
2. EL SISTEMA BRAILLE	20
2.1 MÉTODOS DE LECTURA TACTIL ANTERIORES AL BRAILLE	20
2.2 ORIGEN DEL SISTEMA BRAILLE	23
2.3 GENERACIÓN DEL CÓDIGO BRAILLE	25
2.4 MEDIOS DE IMPRESIÓN EN CÓDIGO BRAILLE	29
CAPÍTULO III	
3. DISEÑO	33
3.1 DEFINICIÓN	33
3.2 PROCESO DE DISEÑO	34
3.2.1 Reconocimiento de la necesidad	35
3.2.2 Análisis del problema	36
3.2.3 Definición del problema	36
3.2.4 Diseño Conceptual	37
3.2.5 Diseño de Configuración	38
3.2.6 Diseño de Detalle	38
3.2.7 Fabricación y Ensamble	39
3.2.8 Pruebas	40

TEMA	página
CAPÍTULO IV	
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	42
4.1 CONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD	42
4.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	42
4.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	45
4.3.1 Investigación	46
4.4 DISEÑO CONCEPTUAL	49
4.4.1 Sistema de Impresión	49
4.4.2 Sistema de Alimentación	53
4.4.3 Estructura de Soporte	56
4.5 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS	56
4.6 DISEÑO DE CONFIGURACIÓN	59
4.7 DISEÑO DE DETALLE	64
Planos	66
CAPÍTULO V	
5. ENSAMBLE Y PRUEBAS	79
5.1 FABRICACIÓN	79
5.2 ENSAMBLE	80
5.3 PRUEBAS	84
CAPÍTULO VI	
6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	93
6.1 RESULTADOS	93
6.2 CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96

## INTRODUCCIÓN

El sistema Braille permite a las personas ciegas la lectura de documentos o publicaciones, a través de la yema de los dedos, del dedo índice principalmente, por lo que estos documentos están traducidos e impresos de una forma especial para que sea posible la lectura de esta manera.

Estos documentos y publicaciones son actualmente impresos en centros especiales para ello y están disponibles en bibliotecas públicas y algunas asociaciones civiles donde las personas pueden asistir para su lectura o consulta. En estos centros también se dispone del servicio de captura e impresión, donde las cuotas por documento son relativamente bajas y las personas ciegas pueden imprimir documentos de carácter personal o escolar.

Las máquinas en donde se realizan las impresiones son conocidas como impresoras Braille y son dispositivos en su mayoría importados de Europa y EUA, que si bien realizan su función de manera destacada, su precio en el mercado, aún de las más básicas que no están consideradas para la impresión de grandes volúmenes de hojas, está fuera del alcance de la mayor parte de la población ciega de México.

Es por ello que el presente trabajo tiene la finalidad de diseñar una impresora de caracteres Braille para permitir que las personas ciegas del país tengan acceso a un dispositivo que cubra sus necesidades inmediatas de impresión de documentos personales y escolares en código Braille de una manera económica y más rápida y sencilla que la escritura braille a mano con punzones.

Se pretende que esta impresora tenga un costo menor al de las impresoras disponibles en el mercado, que sea manufacturada con tecnología nacional y que tenga la capacidad de conectarse a cualquier computadora personal para comodidad del usuario. Esto último con la finalidad de que la persona no tenga que trasladarse al centro de impresión o que deba adquirir un producto cuyas características de impresión sean superiores a sus necesidades, lo cual se reflejaría en el precio de dicho producto.

Asimismo, se desea aportar una herramienta accesible a las instituciones dedicadas a la educación de las personas ciegas.

La presente tesis inicia, en el primer capítulo con una introducción sobre la ceguera, sus causas y algunos datos estadísticos en México, posteriormente en el capítulo 2 se explica el origen del código Braille, sus características más relevantes y algunos dispositivos para su impresión.

El capítulo 3 aborda el marco teórico de la metodología de diseño a seguir y se explica cada una de las etapas que conforman el proceso de diseño, para posteriormente en el capítulo 4 hacer la descripción del desarrollo del proyecto y como se fueron abordando cada una de estas etapas, para dar origen a nuestra propuesta.

El capítulo 5 describe brevemente algunos aspectos importantes de la fabricación del prototipo funcional de la impresora, su ensamble y las pruebas a que fue sometido.

Finalmente en el capítulo 6, se reportan los resultados obtenidos de estas pruebas para dar paso a las conclusiones y observaciones acerca de este proyecto.



## **OBJETIVO**

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos principales:

- Diseñar una impresora de código Braille con tecnología nacional y que emplee materiales disponibles dentro el país o, en su defecto, de fácil adquisición.
  
- Fabricar un prototipo funcional de una impresora de código Braille.
  
- Desarrollar los sistemas electrónicos y de computación para comprobar la funcionalidad de la impresora, dejando la optimización de los mismos a personas especializadas en el área de electrónica y computación.

# **CAPÍTULO I**

## **LA CEGUERA**

## 1. LA CEGUERA

### 1.1 DEFINICIÓN MÉDICA

*Ceguera.* Del latín *ceocitas*, de *ceocus*, ciego. Privación total de la vista.

La ceguera puede ser parcial, con pérdida de solamente una parte de la visión o también puede ser total, en cuyo caso la persona no tiene ninguna percepción de la luz. Las personas con una visión inferior a 20/200 bajo la escala de Snellen se consideran ciegos en términos legales. Desde el punto de vista funcional, pueden considerarse como débiles visuales aquellos que poseen una capacidad visual suficiente para ver la luz, orientarse por ella y emplearla con propósitos funcionales.

### 1.2 DATOS ANATÓMICOS DEL GLOBO OCULAR

El globo ocular está protegido por los anexos oculares que son los párpados, pestañas y sistema lagrimal.

Está constituido por tres capas que, de la más externa a la más interna, son las siguientes:

-Primera capa: **Esclerótica** (porción blanca del ojo). En su parte más anterior está constituida por una estructura transparente y con gran capacidad óptica como es la córnea. La porción posterior de la esclerótica está atravesada por las fibras del nervio óptico, encargado éste del transporte de impulsos nerviosos recibidos en la retina hacia el cerebro.

-Segunda capa: **Coroides**. Es la capa vascular (donde se encuentran la mayoría de los vasos sanguíneos del ojo).

-Tercera capa: **Retina**. Es la capa sensorial propiamente dicha, es decir, la que al estimularse por la luz origina los impulsos nerviosos que se enviarán al cerebro.

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

En el globo ocular existen dos tipos de líquidos: en la parte anterior del cristalino se encuentra el humor acuoso y en la parte posterior rodeando la retina se encuentra el humor vítreo.

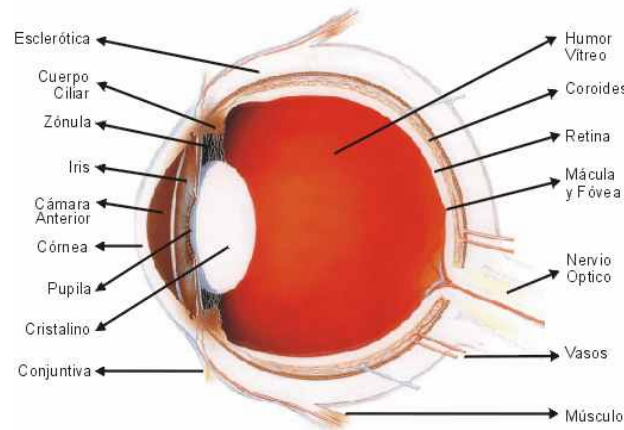


Figura 1.1 Esquema del Ojo Humano

### 1.3 APARATO DE LA VISIÓN

Se puede comparar el ojo con una cámara fotográfica que tendría aproximadamente unas 59 dioptrías de potencia (de las cuales 43 corresponderían a la córnea, 15 al cristalino en situación de reposo y el resto al humor vítreo y acuoso). Las dioptrías corresponden al inverso de la distancia focal medida en metros. Por ejemplo, una lente de 1 dioptría tiene una distancia focal de 1 m, y una de 2 dioptrías tiene una distancia focal de 0,5 m. La relación entre la distancia focal y el diámetro de una lente determina su capacidad para recoger luz, o "luminosidad".

Las siguientes estructuras anatómicas se corresponderían con las partes de una cámara fotográfica:

-*Esclerótica*: sería la cámara oscura que impediría el paso de luz al interior del ojo.

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

-*Córnea y cristalino*: sería el sistema de lentes. El cristalino actuaría como el enfoque automático de la cámara fotográfica mediante la contracción o relajación del músculo ciliar. Este sistema va perdiendo eficacia con la edad dando lugar a lo que se llama presbicia o vista cansada.

-*Pupila*: sería el diafragma de la cámara fotográfica que permitiría un mayor o menor paso de luz al interior según las condiciones lumínicas. Sus movimientos serían dilatación pupilar (midriasis) o contracción pupilar (miosis).

-*Retina*: la película fotográfica donde se imprimen las imágenes.

-*Nervio óptico y cerebro*: sería el camino hacia el laboratorio (cerebro, lóbulo occipital) donde obtendríamos las fotos propiamente dichas.

### 1.3.1. AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual es la capacidad de un ojo para percibir los objetos. Si bien requiere el buen funcionamiento de todo el aparato visual, no representa la función visual en su totalidad; esto corresponde a la retina en su conjunto y se conoce con el nombre de **campo visual**.

La agudeza visual debe evaluarse, de ser posible, en todos los pacientes y un ojo por vez.

Debe diferenciarse la toma de la agudeza visual en el niño y en el adulto, de cerca y de lejos. En todos los casos en que el paciente use anteojos, la agudeza visual se tomará sin corrección y con ella.

#### ❖ Agudeza visual en el niño

El niño desarrolla paulatinamente su agudeza visual hasta los 4 años y su determinación es tarea del especialista; pero en el marco de la "atención primaria" debe evaluarse en todo niño preverbal el seguimiento a la luz con una linterna y lo

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

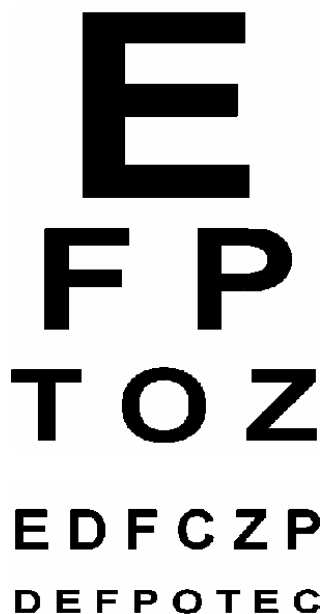
---

que se denomina nistagmo optoquinético; el cual consiste en el seguimiento de la mirada del niño al hacer girar un tambor con rayas verticales.

### ❖ Agudeza visual en adultos

Las pruebas que se utilizan requieren de la colaboración del paciente. Básicamente consisten en sentar al paciente a una distancia predeterminada y hacerle distinguir letras o figuras en un cartel de prueba. Se consigna como agudeza visual la hilera de letras más pequeñas que puede distinguir; lo normal es la capacidad de leer la última hilera.

Se ubica al paciente, se le tapa un ojo y se le pide que lea las letras comenzando por las más grandes. Luego esto se repite para el otro ojo. En la escala decimal se debe ubicar al paciente a una distancia de 5 m. del cartel; si el paciente ve la quinta hilera de esta escala, se debe anotar como "5/10".



*Figura 1.2 Cartel de Prueba*

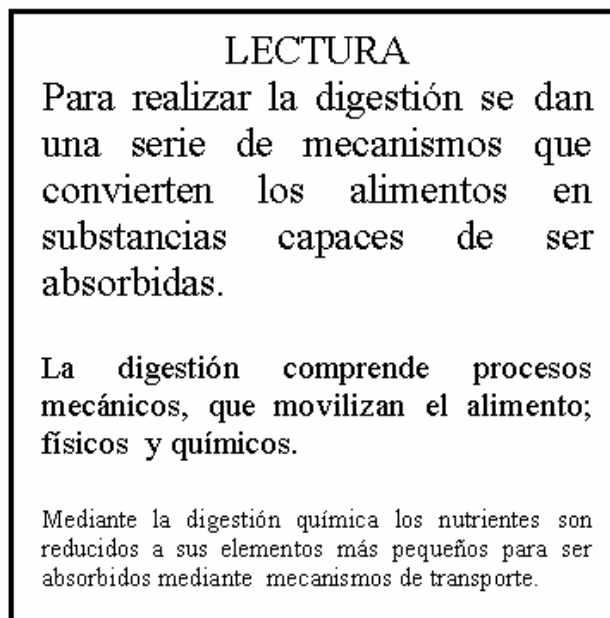
## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

### ❖ Agudeza visual para la visión cercana

Los métodos para evaluar esta agudeza visual son sencillos; consisten en la lectura, a una distancia de treinta y tres centímetros, de ciertas cartillas estandarizadas.

La siguiente cartilla es un ejemplo de las que se usan para la visión de cerca; tiene siete párrafos y se anota como agudeza visual el párrafo de letras más chicas que el paciente es capaz de leer.



*Figura 1.3 Cartilla de Prueba*

### ❖ Agujero estenoico y múltiple estenoico:

Al tomar la agudeza visual con estos elementos, se anula todo defecto refractivo; de modo que en un paciente con defecto óptico que presenta baja agudeza visual, con el agujero estenoico puede determinarse cuánto sería capaz de ver si tuviese la corrección de antejo adecuada. Si la agudeza visual no mejora con el estenoico, se debe sospechar que la causa no es sólo un defecto

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

refractivo sino que puede ser la opacidad de los medios o alguna patología del nervio óptico. El estenopeico múltiple es útil para determinar en forma bastante aproximada cuánto podría llegar a ver un paciente con cataratas si se operara.



*Figura 1.4 Agujero Estenopeico y Múltiple estenopeico*

### 1.4 CAUSAS DE LA CEGUERA

La ceguera se puede deber a una lesión, enfermedad o degeneración del globo ocular, del nervio óptico, de las vías nerviosas que conectan el ojo al cerebro o del propio cerebro.

En México, los factores que la desencadenan además de un accidente pueden ser enfermedades como: catarata, retinopatía diabética, glaucoma, leucomas corneales, retinopatía del prematuro, catarata y glaucoma congénitas, atrofia óptica, distrofia retinal y retinosis pigmentaria, entre otras.

Una **catarata** es una opacidad de la lente (cristalino del ojo), la cual normalmente es clara y transparente; puede compararse a una ventana que se escarcha con hielo o se empaña con vapor.

Unos síntomas comunes de las cataratas son:

- La visión se torna borrosa, sin dolor;
- Deslumbramiento o sensibilidad a la luz;
- Cambios frecuentes en la graduación de los lentes;
- Visión doble en un ojo;
- Necesidad de luz más intensa para leer;
- Visión nocturna muy pobre;
- Los colores se ven desvanecidos o amarillentos.



## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

El tipo más común de catarata está relacionado con el envejecimiento natural del ojo. Algunas otras causas de cataratas son:

- Herencia;
- Problemas médicos, tal como la diabetes;
- Lesiones en el ojo;
- Medicamentos, tales como esteroides;
- Exposición a largo plazo a los rayos del sol sin usar protección;
- Cirugía ocular previa.



*Figura 1.5 Ojo con catarata*

La **retinopatía diabética** es el daño a los vasos sanguíneos de la retina. Si una persona que padece diabetes mellitus su cuerpo no utiliza ni almacena el azúcar de forma apropiada, el alto nivel de azúcar en la sangre puede dañar los vasos sanguíneos de la retina (la capa de nervios en el fondo del ojo que percibe la luz y ayuda a enviar las imágenes al cerebro).



*Figura 1.6 Retinopatía Diabética*

Existen dos tipos de retinopatía diabética: la no proliferativa (RDNP) y la proliferativa (RDP).

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

### RDNP

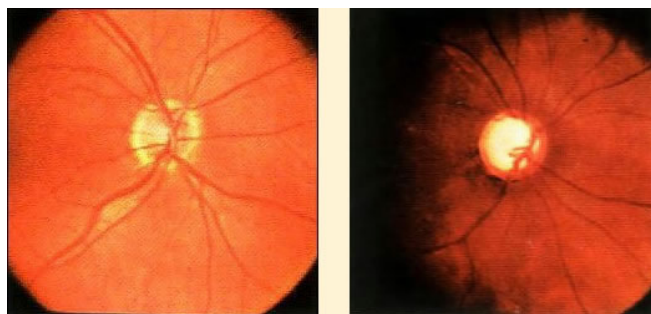
La RDNP, comúnmente conocida como retinopatía de fondo, es una fase inicial de la retinopatía diabética en la que los pequeños vasos sanguíneos de la retina pierden sangre o líquido. Esta fuga de fluido provoca la inflamación de la retina.

### RDP

La RDP está presente cuando nuevos vasos sanguíneos anormales (neovascularización) comienzan a aumentar en la superficie de la retina o del nervio óptico. La causa principal de RDP es el cierre generalizado de los vasos sanguíneos, lo que impide un riego adecuado de sangre. La retina responde con nuevos vasos sanguíneos. Desgraciadamente, estos vasos no proporcionan un riego normal de sangre, y con frecuencia los acompaña un tejido fibroso que puede causar un desprendimiento o arrugamiento de la retina.

El **glaucoma** es una enfermedad ocular en la que hay un daño en el nervio óptico, producido principalmente por una presión intraocular elevada.

Esta lesión en el nervio óptico se traduce en una pérdida del campo visual. En fases avanzadas de la enfermedad, cuando el nervio óptico queda atrofiado, conlleva una pérdida de visión irreversible. Este aumento de la presión intraocular se produce porque hay una dificultad en el drenaje del líquido que circula dentro del ojo.



*Nervio óptico de un ojo sano.      Nervio óptico con daño glaucomatoso.*

*Figura 1.7 Glaucoma*

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

En general, el glaucoma no tiene una causa conocida; sin embargo afecta a los miembros de una sola familia. Si los canales de salida están abiertos, el trastorno recibe el nombre de glaucoma de ángulo abierto. Si los canales están bloqueados por el iris, la enfermedad se denomina glaucoma de ángulo cerrado.

El glaucoma produce una pérdida de la visión periférica o puntos ciegos en el campo visual.

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

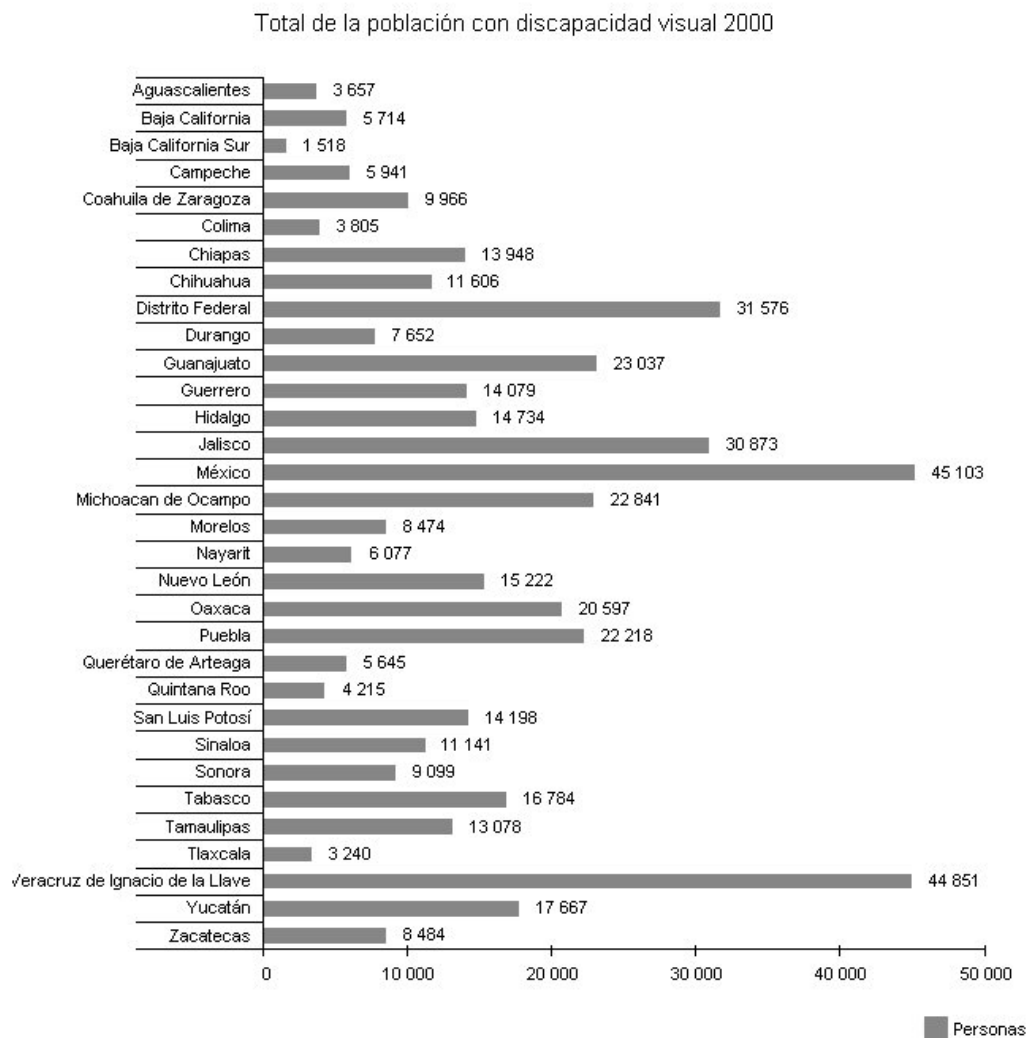
La siguiente Tabla, nos muestra la cantidad y distribución de la población que padece ceguera en nuestro país.

Estado	Población Total	Población total con discapacidad visual
Estados Unidos Mexicanos	97,483,412	467,040
Aguascalientes	944,285	3,657
Baja California	2,487,367	5,714
Baja California Sur	424,041	1,518
Campeche	690,689	5,941
Coahuila de Zaragoza	2,298,070	9,966
Colima	542,627	3,805
Chiapas	3,920,892	13,948
Chihuahua	3,052,907	11,606
Distrito Federal	8,605,239	37,576
Durango	1,448,661	7,652
Guanajuato	4,663,032	23,037
Guerrero	3,079,649	14,079
Hidalgo	2,235,591	14,734
Jalisco	6,322,002	30,873
México	13,096,686	45,103
Michoacán	3,985,667	22,841
Morelos	1,555,296	8,474
Nayarit	920,185	6,077
Nuevo León	3,834,141	15,222
Oaxaca	3,438,765	20,597
Puebla	5,076,686	22,218
Querétaro	1,404,306	5,645
Quintana Roo	874,963	4,215
San Luis Potosí	2,299,360	14,198
Sinaloa	2,536,844	11,141
Sonora	2,216,969	9,099
Tabasco	1,891,829	16,784
Tamaulipas	2,753,222	13,078
Tlaxcala	962,646	3,240
Veracruz	6,908,975	44,851
Yucatán	1,658,210	17,667
Zacatecas	1,353,610	8,484

Tabla 1.1 Población en México con discapacidad Visual<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI) de México, existen en el país más de 250 mil personas con ceguera total y medio millón que tienen disminuidas sus facultades visuales.

## CAPÍTULO I LA CEGUERA



INEGI

Figura 1.8 Población con Discapacidad Visual

### 1.5 GRADOS DE CEGUERA

Cuando tanto en niños como en adultos la agudeza visual, es lo suficientemente baja como para que el paciente no vea las letras más grandes de la escala, hay que tratar de ubicarlo en uno de los siguientes grupos:

-Visión cuenta dedos a medio, uno, dos o tres metros: según sea capaz de contar los dedos de la mano que se le muestren.

-Visión bulto: cuando el paciente no alcanza a ver lo suficiente como para contar los dedos pero sí para distinguir si la mano, ubicada a menos de un metro de distancia, está quieta o se mueve.

-Visión luz: cuando el paciente sólo es capaz de percibir una luz que se enfoca a su ojo. Ésta se denomina "luz con proyección" cuando el paciente puede distinguir de qué dirección viene la luz, el caso contrario se denomina visión "luz sin proyección".

-Visión entóptica: para determinarla se requiere un transiluminador, que es un instrumento semejante a una linterna pero de punta mucho más delgada, su luz es puntual, de modo que es posible apoyarla en el párpado. Se debe hacer mirar al paciente hacia el lado interno y pedirle que en esa posición cierre los ojos, así ubicado se debe apoyar el transiluminador en el párpado superior, en el lado temporal o externo del ojo haciendo una leve presión, a modo de masaje sobre el ojo. El paciente debe responder si ve unas líneas que describen un dibujo como "ramas secas de un árbol" o "una pared resquebrajada". Esta imagen está determinada por los vasos sanguíneos de la retina y es un importante signo para pensar que la retina está en su lugar y no se ha desprendido. Si el paciente tiene esta visión, se consigna "visión entóptica positiva".

La visión entóptica se utiliza cuando, por catarata o hemorragia vítrea, no se puede observar el fondo de ojo.

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

La tabla que se muestra a continuación representa las categorías de alteración visual adaptado de la clasificación internacional de enfermedades, de la Organización Mundial de la Salud.

Categoría de Impedimento Visual	Visión	Condición Visual
0	20/20 a 20/60	Normal o aceptable
1	20/70 a 20/200	Deterioro visual (baja visión)
2	20/200 a 20/400	Deterioro visual severo
3	20/400 a 5/300 campo visual 10 – 5°	Ceguera
4	5/300 a percepción de luz Campo visual < 5°	
5	No hay percepción de luz Ceguera total	

Tabla 1.2 Categorías de Alteración Visual <sup>[2]</sup>

### 1.6 REHABILITACIÓN

Que una persona padezca de ceguera no implica obligatoriamente incapacidad: el ajuste individual va a depender de la edad en que se presenta, el temperamento de la persona, su educación y recursos socioeconómicos, entre otros.

En las personas jóvenes el impacto social o profesional es, en muchos casos, una tragedia, mientras que las personas mayores pueden aceptarla con mayor facilidad.

<sup>[2]</sup> [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo\\_IV/archivospdf/22prev\\_ceguera.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/archivospdf/22prev_ceguera.pdf)

## CAPÍTULO I LA CEGUERA

---

Lo mismo sucede en aquellas personas ciegas de nacimiento o que la pérdida visual es gradual, donde la aceptación es más fácil que aquellas que han perdido la visión en forma súbita.

El principal objetivo de la rehabilitación es que estas personas sean capaces de llevar una vida lo más normal posible. Para ello, debe diseñarse una rehabilitación totalmente individualizada.

La enseñanza debe ser adaptada a la capacidad visual de la persona, estimulando el resto de los sentidos como el tacto, el olfato y el oído, que favorecerán el conocimiento y la relación con su medio ambiente, reconocimiento de los distintos objetos y ubicación y diferenciación de los sonidos.

El proceso de alfabetización de un niño ciego comenzará desde la edad escolar en instituciones especializadas reservando, de ser posible, la educación en estos centros para aquellos que sufren de ceguera irreversible. Los que presenten una ceguera no total pueden integrarse a escuelas comunes, complementando su enseñanza con lectura Braille, la cual es indispensable en los casos de ceguera total.



# **CAPÍTULO II**

## **EL SISTEMA**

### **BRAILLE**

## **2. EL SISTEMA BRAILLE**

### **2.1 MÉTODOS DE LECTURA TACTIL ANTERIORES AL BRAILLE**

La historia de los ciegos es tan antigua como la historia de la humanidad. De hecho se tienen noticias de la existencia de hombres y mujeres ciegos en las más ancestrales civilizaciones, como Grecia, Egipto y Mesopotamia, por no llegar más lejos en nuestra retrospectiva hasta los albores de la humanidad, donde también se encuentran vestigios claros de su presencia.

En algunos casos se trataba de individuos que hacían valer su falta del sentido de la vista para proyectar su influencia en los demás y adoptaban posturas de adivinos, rapsodas o magos. Sin embargo, en la mayor parte de los casos la ceguera va asociada a actividades de limosneo, y son excepcionales los casos en que han ejercitado diversas profesiones alcanzando cierto realce social.

La literatura, la religión y la sabiduría popular nos hablan de ciegos que se hicieron célebres por sus habilidades extraordinarias. Se trata, en todos los casos, de destrezas o conocimientos en los que no intervenía el dominio de la escritura y la lectura. En este sentido, podría afirmarse que la historia de los sistemas de lectura para ciegos tiene apenas ciento setenta y seis años de vida, puesto que fue en torno a 1825 cuando se inventó el sistema táctil que ha permitido desde entonces el acceso de los ciegos a los medios que posibilitan la información, la formación y la comunicación de unos hombres con otros para ser en su conjunto y entre sí útiles a la sociedad.

El camino hacia la alfabetización de los ciegos puede decirse que empezó en 1786 en París, y que la primera piedra la puso Valentín Haüy, un filántropo francés que sintió el impulso de liberar de la mendicidad a los muchos

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

---

marginados ciegos que se ganaban la vida pidiendo limosna o tocando música por las calles de la capital francesa a finales del siglo XVIII. La ceguera no debía asociarse obligatoriamente a la ignorancia y la dependencia de los demás.

El primer colegio para ciegos lo fundó Valentín Haüy, y en éste se impartían clases a sesenta niños ciegos instruyéndoles en las diferentes asignaturas confiando a la transmisión oral y la memorización la adquisición de los diferentes conocimientos.

Haüy desarrolló, no obstante, el primer método de impresión de libros para ciegos que consistía en presionar una cartulina mojada sobre caracteres de gran tamaño hechos de plomo. Los libros resultantes eran enormes y muy pesados. Cada volumen pesaba alrededor de nueve kilos. Por otra parte su lectura era excesivamente lenta, debiendo recorrer con la yema del dedo cada carácter hasta reconocerlo y poder seguir con el siguiente, de forma que al final de una palabra difícilmente recordaban sus primeras letras. Por otra parte, el método de Valentín Haüy hacía posible la lectura, pero en ningún caso la escritura por parte de los ciegos.

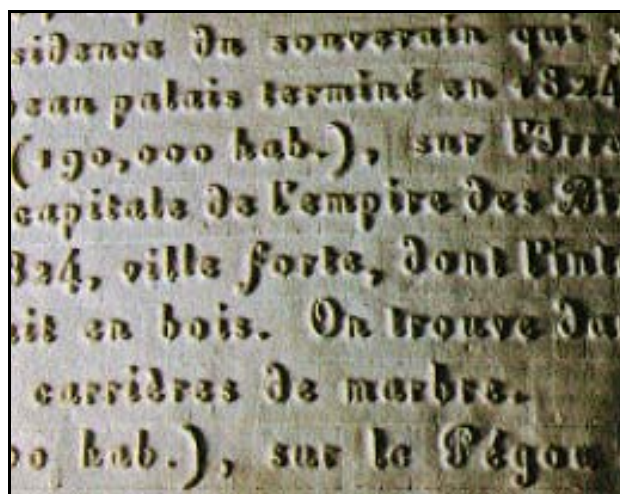


Figura 2.1 Ejemplo del Método de Valentín Haüy

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

Un avance cualitativamente importante fue la propuesta de Charles Barbier, un militar que había inventado un modo de escritura y lectura basado en puntos y rayas en relieve con el fin de que los soldados pudiesen descifrar por la noche consignas secretas, y lo presentó en el colegio de la Institución Real para Niños Ciegos de París donde se encontraba internado Louis Braille, quien contaba ya con poco más de diez años.

El nuevo método se llamaba Sonografía, y se basaba en diversas combinaciones de puntos y rayas formando signos que representaban los diferentes sonidos del lenguaje, no las letras del alfabeto.

	1	2	3	4	5	6
1	•• ○○ ○○ ○○ ○○ ○○	•• ○• ○○ ○○ ○○ ○○	•• ○• ○• ○○ ○○ ○○	•• ○• ○• ○• ○○ ○○	•• ○• ○• ○• ○• ○○	•• ○• ○• ○• ○• ○•
	a	i	o	u	é	è
	•• •○ ○○ ○○ ○○ ○○	•• •• ○○ ○○ ○○ ○○	•• •• ○• ○○ ○○ ○○	•• •• ○• ○• ○○ ○○	•• •• ○• ○• ○• ○○	•• •• ○• ○• ○• ○•
	an	in	on	un	eu	ou

Figura 2.2 Fragmento del método Sonografía de Charles Barbier.

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

Para escribirlo se usaba una especie de regla con siete surcos poco profundos y una pinza que se deslizaba verticalmente siguiendo los renglones. En la pinza había una especie de ventanitas donde podían formarse los signos presionando con un punzón sobre la hoja de papel que se colocaba entre la pinza y la regla.

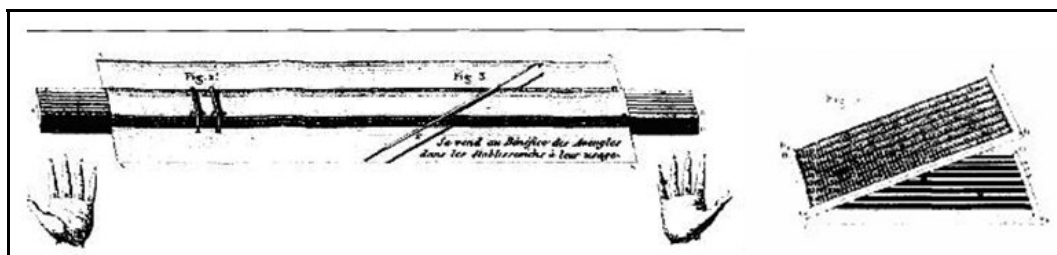


Figura 2.3 Regla para la Sonografía

La Sonografía tenía problemas importantes: se trataba de un código basado en el sonido del lenguaje, pero no permitía el deletreo de las palabras, la acentuación de las vocales, los signos de puntuación de un texto, ni tampoco preveía la realización de operaciones matemáticas o la escritura de partituras musicales.

### 2.2 ORIGEN DEL SISTEMA BRAILLE

El último tramo en la creación de un sistema de lectura y escritura para ciegos lo puso un chico entre sus trece y catorce años: Louis Braille, ciego debido a un accidente que sufrió a los 3 años de edad, sobresaliente en inquietudes y capacidad de trabajo, quien comunicó a Barbier las deficiencias de la sonografía, el cual se sorprendió de que los ciegos aspirasen a utilizar un alfabeto completo, incluso con signos matemáticos y musicales, pues consideraba que los ciegos debieran conformarse con un sistema de comunicación basado, como el suyo, en una tabla de signos según los sonidos de las palabras. Por lo tanto Louis Braille decidió abordar la tarea de simplificar el método sonográfico de Barbier y

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

---

completarlo en los aspectos que resultarían imprescindibles para disponer de un auténtico alfabeto.

Unos meses más tarde ya había encontrado un medio de formar todas las letras, los acentos, los signos de puntuación y los signos matemáticos utilizando sólo seis puntos y algunas rayas horizontales que más adelante eliminaría.

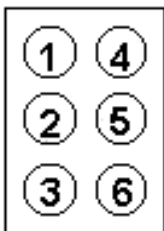
El resultado no es solamente una modificación del método de Barbier sino que supone un cambio esencial de su propio planteamiento. El hecho de que Louis Braille fuera ciego le permitió experimentar personalmente sus investigaciones, y esta característica explica la perfecta acomodación de la forma y el tamaño de los signos a la naturaleza del tacto en la yema del dedo para facilitar su rápida identificación en el mínimo tiempo y con el menor movimiento. Al final, después de largas investigaciones, el nuevo sistema de lecto-escritura consistía exclusivamente de seis puntos, con los que se podrían formar 63 signos diferentes.

Entre los años 1827 y 1828 se transcribieron manualmente los primeros libros al nuevo sistema. En 1829 se publicó también a mano el "Método para escribir palabras, música y canciones sencillas mediante puntos, para uso de ciegos y especialmente diseñado para ellos" escrito por Louis Braille. La primera obra hecha en una imprenta para la producción de libros en el nuevo sistema fue "Una Historia de Francia" publicada en tres tomos en 1837.

Por primera vez en la historia de la humanidad los ciegos podían leer y escribir, tomar notas, copiar apuntes, escribir y recibir cartas que podían leer personalmente. Había terminado la época del analfabetismo forzado de los ciegos.

### 2.3 GENERACIÓN DEL CÓDIGO BRAILLE

El sistema Braille se compone de 63 signos, cada uno de los cuales está formado por la combinación de seis puntos en una matriz de 3x2, es decir, que son puntos arreglados en tres renglones por dos columnas y que, variando las diferentes posiciones de los puntos se va generando un caracter específico. Para facilitar la descripción de los signos por separado, se enumeraron los puntos convencionalmente en dos columnas.



*Figura 2.4 Matriz numerada*

La letra “A” es el punto 1; “B”, los puntos 1-2; “C” los puntos 1-4 y así sucesivamente. Las diez primeras letras están formadas por los cuatro puntos de arriba, las diez siguientes se forman con las diez primeras, repetidas, más los puntos tres y seis. La división de los 63 signos sigue una simetría parecida, hasta llegar a formar siete grupos de signos.

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

En base a mediciones de diferentes sistemas de impresión, la separación más común entre cada punto es de 2.5 mm entre sí; la separación entre cada carácter es de 4 mm y entre cada renglón es de 6 mm; el diámetro de cada punto es de 1 mm y la altura del relieve de 1 mm aproximadamente (considerando también el espesor del papel).

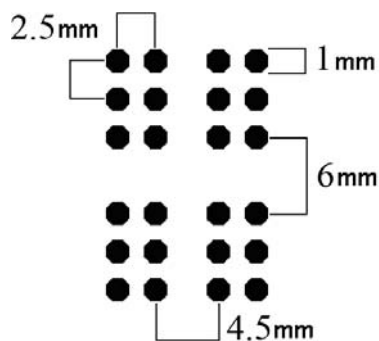


Figura 2.5 Medidas entre caracteres y puntos

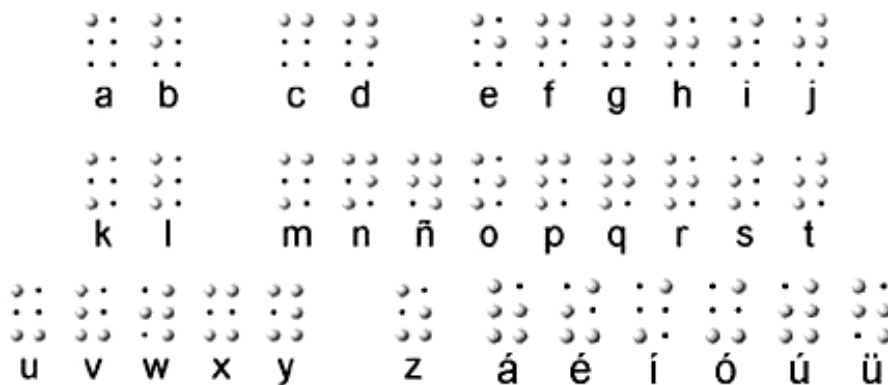
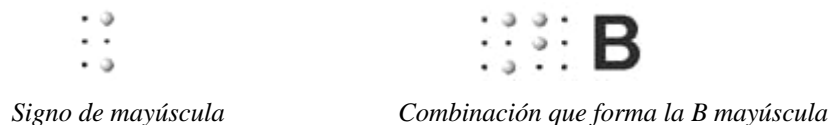


Figura 2.6 Alfabeto Braille



Signo de mayúscula

Combinación que forma la B mayúscula

Figura 2.7 Formación de una letra mayúscula



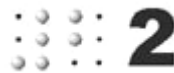
## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

---

Los números se representan por medio de las diez primeras letras precedidas de un signo numeral.



*Signo de número*



*Combinación que forma el número 2*

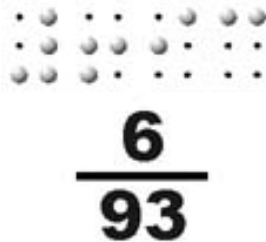
*Figura 2.8 Formación de un número*

Mostramos a continuación algunos ejemplos de distintos números:



*Figura 2.9 Ejemplos de Números en Braille*

El caso de los números fraccionarios tiene la particularidad en que el numerador se representa con el mismo conjunto de puntos que el número normal, pero utilizando los cuatro puntos de abajo.



*Figura 2.10 Ejemplo de número fraccionario*



*Figura 2.11 Signos de puntuación*

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

---

Para cierto número de lenguas se han establecido dos “grados” de Braille. En el Grado 1, todas las palabras se escriben letra por letra, como en la escritura visual. El Grado 2 es la forma de uso diario para fines generales: revistas de Braille, libros y escritura de cartas. Comprende un número más o menos grande de signos abreviados, para la expresión de conjunciones, preposiciones, pronombres, prefijos, sufijos, repitiéndose con frecuencia grupos de letras y palabras corrientes. Su propósito principal consiste en reducir el volumen de los libros de Braille, lo cual supone una economía en los gastos de producción y distribución, así como de espacio para su almacenamiento. Al mismo tiempo ahorra al braillista algunos esfuerzos en la lectura y la escritura.

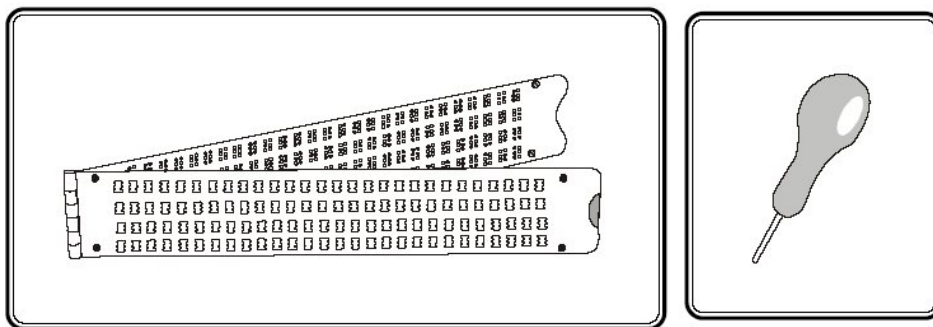
El Braille se aplica a otros diversos fines prácticos: para expresar signos matemáticos y símbolos químicos, marcar los relojes, los metros, los termómetros y los naipes, adaptándose también para el trazado de mapas geográficos y planos de ciudades y edificios.

Otros países adoptaron la transcripción de Louis Braille, pero gradualmente fueron surgiendo diferencias. Una conferencia internacional celebrada en París en 1929 bajo los auspicios de la American Foundation for Overseas Blind, llegó a un acuerdo general sobre una transcripción uniforme. Los intentos para modificar el alfabeto culminaron en un despliegue de cooperación internacional dirigido por un grupo de trabajadores de la UNESCO, que en 1951, adoptaron un alfabeto Braille internacional que se usa en la actualidad.

## 2.4 MEDIOS DE IMPRESIÓN EN CÓDIGO BRAILLE

Existen diferentes dispositivos para la impresión en código braille, todos ellos se basan en la deformación del papel para generar los caracteres. Estos dispositivos se pueden clasificar como manuales, mecánicos y electrónicos.

**Los procedimientos manuales** son aquellos en los que el ciego tiene que realizar todo el trabajo, introduciendo la hoja de papel en un bastidor cuyos lados verticales presentan unos orificios en los cuales se inserta el papel. Este instrumento consiste en una regleta en la que aparecen perforadas unas líneas de orificios rectangulares que se corresponden con las celdillas.



*Figura 2.12 Regleta y punzón para escritura Braille manual*

El sujeto escribe presionando con un punzón en las posiciones correspondientes de cada celdilla que identifican el signo que se pretende escribir. Este procedimiento exige que la escritura se realice de derecha a izquierda, y que cada signo deba escribirse rotado 180 grados respecto a su posición cuando se lee.

Es decir, los signos aparecen en espejo en la lectura respecto a su posición en la escritura.

## CAPÍTULO II EL SISTEMA BRAILLE

---

Dentro de **los dispositivos mecánicos** se encuentra la máquina Perkins que es una máquina de escribir que dispone de una tecla para cada uno de los seis puntos que constituyen cada signo y de otra que actúa como espaciador. Los puntos aparecen de abajo hacia arriba en el papel sobre el que se escribe, pero el sujeto, para poder palparlos, precisa desplazar su mano desde el teclado hacia la parte posterior del ‘carro’ de la máquina. Cada signo se escribe presionando simultáneamente las teclas correspondientes al signo o letra que se quiere escribir.



*Figura 2.13 Máquina Perkins*

### **Dispositivos Electrónicos**

En la actualidad, con la existencia de Impresoras Braille electrónicas, como la Index (fig. 2.14), conectadas a una computadora, este procedimiento es mucho más rápido y sencillo además de que se cuenta con traductores de texto al código Braille como el “Jaws”.



*Figura 2.14 Impresora Index*

El procedimiento de impresión del Braille resulta caro, encargándose casi totalmente de su ejecución organizaciones privadas, a menudo con ayuda de subsidios del Estado.

En la Tabla 4.1 del capítulo 4 se puede revisar una clasificación de impresoras de código Braille comerciales.

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO**

### 3. DISEÑO

#### 3.1 DEFINICIÓN

Diseño, palabra derivada del latín *designare* que significa crear, es un proceso creativo de toma de decisiones dirigido a satisfacer las necesidades humanas, siendo éste uno de los propósitos esenciales de la ingeniería.

Según el diccionario Webster's New Collegiate, *ingeniería* se define como “la aplicación de ciencia y matemáticas mediante las cuales las propiedades de los materiales y las fuentes de energía en la naturaleza son empleadas por los seres humanos en estructuras, maquinas, productos, sistemas o procesos”.<sup>[3]</sup>

Por lo tanto, el diseño en ingeniería o diseño mecánico es la manera intelectual de satisfacer ciertas demandas de la mejor manera posible mediante la toma de decisiones. Es una actividad de la ingeniería que repercute en casi cualquier esfera de la vida humana, depende de descubrimientos y leyes de la ciencia, y crea las condiciones para aplicar estas leyes a la manufactura de productos útiles.

En el diseño mecánico, el ingeniero además aplicar los conocimientos científicos, técnicos, y la experiencia, debe desplegar en el proceso creativo del mismo una gran dosis de imaginación que le permita encontrar la mejor solución a un problema específico después de haber plasmado, al menos a nivel de boceto, algunas de sus ideas. Asimismo, debe atender a una metodología basada en principios científicos relacionados con la técnica y sus procedimientos, tomando en cuenta tres factores a destacar: funcionalidad, costo y tiempo.

---

<sup>[3]</sup> Webster's New Collegiate Dictionary

### 3.2 PROCESO DE DISEÑO

El diseño en ingeniería mecánica es un proceso que consiste en aplicar distintas técnicas y principios científicos con objeto de elaborar en diferentes etapas los conceptos, configuraciones, planos, listado de materiales y la documentación necesaria para poder fabricar, montar, transportar, poner en marcha y mantener posteriormente una máquina, mecanismo o dispositivo capaz de desempeñar una determinada función.

Existen varias propuestas sobre procesos o métodos de diseño que difieren entre sí por el número de actividades a realizar si bien en su esencia son muy parecidos porque finalmente su objetivo es permitir la obtención de un producto y/o solución específica.

Este tipo de procesos o metodologías, son importantes ya que nos ayudan a resolver problemas, aún cuando no implica que lo hagan en su totalidad, sí nos proporcionan pautas para obtener progresivamente, a medida que se van superando las etapas del diseño, soluciones más concretas y precisas.

El proceso de diseño no necesariamente es una secuencia lineal de actividades para obtener un resultado, sino que debe existir una interacción entre las etapas del proceso para tener una visión completa y precisa de la solución que se está generando y en su caso hacer las correcciones necesarias.

El diseño y fabricación de esta impresora estará basado en la metodología de diseño tradicional descrita a continuación con el fin de que sea un proceso del cual se obtenga un producto final con las características requeridas, teniendo como premisa que sea un producto de costo competitivo, tomando como referencia los productos actualmente disponibles.





El reconocimiento de esa necesidad puede partir de cualquier persona involucrada en una determinada actividad. La idea no tiene porque ocurrírsele al profesional que en principio se encargará del posible diseño.

Dentro de una empresa, los responsables de la fabricación y el propio personal encargado de la misma pueden proponer ideas que permitan, con la introducción de un determinado mecanismo o máquina, mejorar un determinado proceso.

### **3.2.2 Análisis del problema**

El objetivo de este punto es reconocer todos y cada uno de los aspectos que caracterizan y determinan el problema, individualizándolos para facilitar el estudio del mismo, pero también para conocerlo desde un punto de vista general, teniendo presente las fronteras del problema para poder determinar los alcances del proyecto.

### **3.2.3 Definición del problema**

El primer paso de la planeación de un proyecto es preparar un enunciado breve del problema que se solucionará y de las restricciones y criterios que existen en su resolución. La definición del problema requiere de un entendimiento del problema y del entorno de éste. Para definir el problema es necesario entonces desarrollar un enunciado definitivo del problema por resolver, incluir una descripción de la situación actual, restricciones del problema y de las metas que se lograrán; así como determinar los objetivos y requisitos del sistema para el proceso de desarrollo y los productos finales.

Es también en este paso donde se definen las especificaciones que son las que establecen los parámetros y criterios con los que debe cumplir el diseño para que tenga éxito.

Algunas de las especificaciones que se deben tomar en cuenta en un proceso de diseño son:

- Desempeño
- Medio Ambiente
- Mantenimiento
- Costo objetivo
- Competencia
- Tamaño
- Peso
- Materiales
- Seguridad
- Calidad y confiabilidad

### **3.2.4 Diseño Conceptual**

Es en esta etapa del proceso de diseño donde se origina el concepto inicial de la solución. Es la parte del proceso de diseño en la que, mediante la abstracción para identificar la parte esencial del problema, el establecimiento de estructuras funcionales y la búsqueda de principios de solución apropiados y su combinación, se establece el camino básico hacia la elaboración de un concepto que solucione el problema.

El proceso de Diseño Conceptual, está compuesto de los siguientes pasos: <sup>[4]</sup>

- Especificación
- Abstracción para identificar los problemas clave
- Establecer estructuras funcionales: Función Global y Subfunciones
- Búsqueda de principios de solución para satisfacer las necesidades de las subfunciones (utilizando técnicas como la lluvia de Ideas)
- Combinar principios de solución para darle solución a la función global
- Seleccionar las combinaciones adecuadas
- Elaborar variaciones del concepto
- Escoger los conceptos de acuerdo a criterios técnicos y económicos. Se puede utilizar una matriz de decisión con el ánimo de seleccionar un enfoque para solucionar el problema clasificando las agrupaciones de acuerdo con criterios racionales (Matriz de decisión).
- Concepto Final

---

<sup>[4]</sup> Esta secuencia se puede revisar en el libro Engineering Design a systematic approach.

### **3.2.5 Diseño de Configuración**

Durante esta fase, el diseñador, a partir del concepto generado, determina el arreglo y las formas elaborando así un producto o un sistema técnico de acuerdo con las consideraciones técnicas y económicas previamente establecidas. Se trabaja sobre el concepto seleccionado hasta obtener un diseño final, en el cual se define el arreglo de las piezas y componentes, su forma, dimensiones y materiales.

A veces es necesario producir diversos arreglos para hacer modelos a escala de manera simultánea o sucesivamente, para poder obtener más información acerca de las ventajas y desventajas de las diferentes variantes y así preparar el terreno para una evaluación técnica y económica.

Frecuentemente la evaluación individual de las variantes puede llevar a la selección de una que parece particularmente prometedora pero de la cual sólo se puede obtener un beneficio si después es mejorada incorporando ideas y soluciones de las otras.

Mediante la combinación apropiada y la eliminación de eslabones débiles se puede obtener la mejor configuración. Esa configuración definitiva provee un diagnóstico de funcionamiento, fuerza, compatibilidad de espacio, etc., y es también al final de este estado que la viabilidad financiera del proyecto debe ser evaluada. Es importante señalar que durante ésta etapa del proceso se debe considerar el diseño de manufactura y para ensamble en el diseño de las piezas, para no incurrir en un caso de obtener un diseño inmejorable pero que no sea posible manufacturar o bien su ensamble sea sumamente complicado.

### **3.2.6 Diseño de Detalle**

No es posible determinar con precisión, donde finaliza la etapa de configuración y donde empieza esta otra. Tal vez se pueda indicar que en esta fase, y una vez que el ingeniero se ha decantado por lo que cree que puede ser la solución más satisfactoria en sentido global, ya pueden plasmarse a escala los mecanismos parciales de la máquina con detalle.

Esta es la fase del proceso en la que la configuración, forma, dimensiones, tolerancias y superficies de todas las partes individuales son finalmente asentadas.

Asimismo los materiales son especificados, su viabilidad técnica y económica es revisada, y todos los dibujos y otros documentos de producción son elaborados.

Se comenzará por el mecanismo principal de la máquina, aquel que se encargue de una forma directa de realizar el trabajo u objetivo esencial del proyecto.

Es importante que el diseñador no relaje su atención en este estado de tal manera que sus ideas o planes no sean alterados al grado de que lleguen a ser irreconocibles. Es un error pensar que el diseño de detalle representa un problema menor, relegando su importancia o interés. Las dificultades frecuentemente surgen por el descuido de los detalles. Frecuentemente, las correcciones deben ser hechas durante esta fase y los pasos anteriores deben ser rehechos, mediante la interacción entre las etapas el diseño sin atender más a la solución final que a las mejoras y el ensamble de los componentes.

### **3.2.7 Fabricación y Ensamble.**

La fabricación de un prototipo permite sacar muchas conclusiones a través de las cuales se puede garantizar no sólo el funcionamiento correcto del prototipo o modelo de prueba, sino también comprobar la viabilidad del proyecto, las posibilidades de fabricación, el costo aproximado de la fabricación en serie, el herramental y máquinas-herramienta, etc.

En la fabricación del prototipo no tiene por que incluirse todos los detalles que suponen una máquina terminada. El prototipo se puede limitar al mecanismo esencial y a los mecanismos auxiliares apoyados en una bancada provisional, los cuales pueden ser sometidos a pruebas de todo tipo. Se puede prescindir de componentes u órganos de la máquina, que al ser estáticos, o que

afectan simplemente a la presentación, se pueden diseñar a posteriori sin necesidad de pruebas de funcionamiento.

En las pruebas del prototipo pueden detectarse algunos fallos o errores que posteriormente podrán corregirse.

### **3.2.8 Pruebas**

Una vez ensamblada la máquina es conveniente someterla a un periodo prudente de prueba con algo de carga y después, de forma gradual, puede ir aumentándose ésta hasta llegar incluso a sobrecargarla durante tiempos no excesivamente prolongados, con objeto de observar el comportamiento y la respuesta ante las sollicitaciones previstas en las características de la máquina. En condiciones extremas puede estimarse el rendimiento, pueden tomarse temperaturas en determinadas zonas, así como, medirse la precisión en la parada, comprobar la inercia de las masas móviles, el ruido, las posibles vibraciones, etc.

Como puede observarse el prototipo arroja información suficiente, tanto a la oficina técnica como a la fabricación, y si las pruebas son satisfactorias, a preparar el proceso siguiente de rectificación de algunos planos y adaptación del diseño a la fabricación en serie de las máquinas. Si por el contrario las pruebas no convencen puede integrarse una nueva configuración o diseño, retrocediendo una o varias etapas para cumplir con los requerimientos y especificaciones del proyecto.

**CAPÍTULO IV**

**DESARROLLO**

**DEL PROYECTO**

## **4. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **4.1 CONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD**

La educación, cultura e incluso el entretenimiento deben estar al alcance de todos sin que exista discriminación por ninguna causa.

En esta época es un poco difícil conseguir la integración al mundo actual ya que la tecnología avanza rápidamente y en ocasiones no es posible mantenerse actualizado, en especial para personas con alguna discapacidad. Como ejemplo tenemos a las personas ciegas en nuestro país; que en su mayoría no poseen medios electromecánicos de impresión de textos en código Braille accesibles, económicamente hablando, pues son productos de importación que si bien son relativamente sencillos de conseguir debido al número de distribuidores que existen a nivel mundial, su precio unitario es alto. Existen centros de impresión en los que, por más bajo que sea el costo de un escrito no está realmente al alcance de todos; además de que la persona tiene que trasladarse al lugar, esperar a que capturen su escrito, lo codifiquen y lo impriman y, para muchos, esto a veces no es posible.

### **4.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

El costo de las impresoras disponibles actualmente en el mercado es alto en comparación con las posibilidades económicas de la mayor parte de la población ciega del país. Se requiere entonces diseñar y fabricar una impresora que sea manufacturada en México con tecnología del país y materiales que sean de fácil adquisición, lo que representaría una disminución considerable en el costo, tanto de la unidad, como de su distribución convirtiéndola en un producto más accesible al sector de la población al que está destinada.



## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

Ahora bien, se deben establecer las fronteras de nuestro problema para tener una visión de inicio de lo que se quiere obtener; entonces, las fronteras que acotan nuestro problema son:

<b>Hoja en “blanco” – Sistema – Hoja Impresa con caracteres Braille</b>
---

Se llevó a cabo una investigación basada en la revisión de documentos relacionados con el Braille y las impresoras existentes, y se llegó a la conclusión de que el conjunto de sistemas de las impresoras se compone de los siguientes sistemas principales:

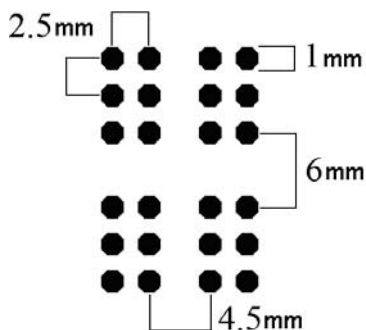
- Sistema de Arrastre y Alimentación de Hojas: Es el que contiene las hojas en “blanco”, arrastra una de éstas a través de la máquina y después de ser impresa la desaloja y almacena.
- Sistema de Impresión: Es quien conforma la hoja para obtener los relieves que darán origen a las letras del alfabeto Braille y, con ello, a las palabras y oraciones.
- Sistema Estructural: Es el encargado de dar soporte a los dos sistemas antes mencionados y a los sistemas que controlarán el funcionamiento de la impresora.
- Sistema de Comunicación: Es el que corresponde a la conexión de la impresora con la computadora, la cual se encarga de traducir el documento al código Braille.
- Sistema de Control: Es el encargado del movimiento de los dispositivos de la impresora y el que interpreta el documento en código Braille para ajustarlo al espacio disponible y controlar los dispositivos mecánicos para que éste sea impreso.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

Estos dos últimos sistemas no están contemplados dentro del diseño mecánico de esta impresora, su desarrollo corresponde al área de la electrónica; sin embargo, se tomarán en cuenta para que las dimensiones y alcances de la máquina se encuentren dentro de las posibilidades de dichos sistemas.

Esta impresora debe cumplir con ciertos requisitos conocidos como especificaciones, que establecen los parámetros y criterios a seguir para que nuestro diseño sea el adecuado para el proyecto en cuestión. Dichas especificaciones son las siguientes:

- Debe tener un costo menor por unidad, tomando como referencia los precios de las impresoras disponibles actualmente (ver Tabla 4.2).
- Su voltaje de trabajo debe ser de 127 V de CA 60Hz.
- Su velocidad de impresión debe ser la mayor posible (aproximadamente 1 página por minuto).
- El papel de trabajo debe tener las siguientes dimensiones: 21.5 cm de ancho por 28.0 cm de largo y un espesor cercano al grosor del papel Braille, se recomienda el papel Ledger mediano ya que es más fácil de conseguir y más barato que el papel Braille, que es el que se usa normalmente en centros de impresión.
- Las dimensiones del signo generador que da origen a los lugares para las deformaciones en el papel, formando así las letras del código Braille, son:



El relieve de la deformación generada debe ser de 1 mm.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

- El espacio físico disponible de trabajo y número de caracteres deben ser los siguientes:
  - Márgenes: 2.5 [cm] por los cuatro lados desde borde de la hoja.
  - Área de Impresión: 165 [mm] ancho por 230 [mm] de largo.
  - Número de Caracteres por renglón: 26 (ya considerando el margen derecho e izquierdo).
  - Número de Caracteres por columna: 21 (ya considerando los márgenes superior e inferior).
- Debe poder ser operada por personas ciegas y también debe ser segura para las mismas.
- Debe poder conectarse a cualquier computadora convencional.
- Debe ser un producto confiable y de mantenimiento sencillo.
- Debe producir un nivel de ruido bajo.

### 4.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a todo lo anterior y conforme al alcance del presente trabajo, se tienen entonces tres subsistemas principales a desarrollar. Los tres constituirán la parte mecánica del proyecto y se encargarán del conformado y recorrido de la hoja durante el proceso de impresión.

Debemos entonces, concentrarnos en tres problemas principales a resolver:

- Un sistema de impresión que genere el relieve en la hoja para formar el caracter del alfabeto Braille en cuestión, sin que ésta se rompa, fracture o quede conformada de manera deficiente (con escaso relieve).

- Un sistema que contenga la hoja en “blanco”, la arrastre para colocarla en posición para que sea conformada, la sujete durante este proceso y, una vez impresa en su totalidad, la desaloje del sistema de impresión al contenedor final de donde podrá ser recogida por el usuario.

- Una estructura donde se puedan alojar los subsistemas que se han descrito anteriormente para darles soporte y que proporcione a la impresora una estructura en su conjunto.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

Estos serán los tres problemas en cuestión y nos enfocaremos en su diseño partiendo de considerar los sistemas actuales y reuniendo conceptos que han de dar forma a nuestro proyecto.

Cabe mencionar que esta impresora está pensada para que, aún cuando se requiera de otras herramientas para poder capturar y traducir al Braille su escrito, la persona cuente con una forma más sencilla de imprimir el documento en su casa u oficina sin tener que asistir a un centro de impresión o tenga que adquirir un producto que le representaría una inversión muy fuerte y que en muchos casos rebasa sus expectativas de uso, pues algunas de estas impresoras están pensadas para imprimir grandes volúmenes de hojas, lo que se ve reflejado en su costo. Por lo tanto, se debe mencionar que ésta máquina no está pensada para grandes volúmenes, pero sí para que satisfaga las necesidades inmediatas de las personas ciegas que deseen imprimir documentos personales o de oficina cuyo volumen sea moderado.

### **4.3.1 Investigación**

Actualmente, se cuenta con distintos medios de impresión como ya se ha mencionado en el capítulo 2: las regletas con punzón las cuales son empleadas en forma manual, la máquina Perkins que sería el equivalente a una máquina de escribir manual y cuyo mecanismo se basa en una serie de levas que acomodan los punzones para formar la letra a imprimir, todo en forma mecánica y las máquinas comerciales que observamos en el cuadro 4.1 las cuales, en su mayoría, accionan martillos que impactan punzones en contra de una regleta de manera mecánica pero cuyo control está dado por dispositivos electrónicos que permiten una mayor rapidez de impresión.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO






Especificación/ca-racterísticas	IMPRESORA				
	BASIC S	JULIET PRO-60	BASIC D	EVEREST	INDEX 4X4 PRO
Principio de impresión	Función de un solo paso; 6 martillos	Se ajusta para 6 u 8 puntos, hasta para la impresión interpuntos.	Función de doble paso o interpunto; 13 martillos	Función de doble paso o interpunto; 13 martillos	Función de doble paso o interpunto; 13 martillos
Velocidad de Impresión[PPH/cps] [PPH]= páginas por hora, [cps]= caracteres por segundo	170/50	ND/60 (interpuntos), (40 lado único)	340/100	340/100	400/130
Buffer	512 KB Aprox. 400 pág. Braille	--	512 KB Aprox. 400 pág. Braille	512 KB Aprox. 400 pág. Braille	Un máximo de 200 páginas de Braille
Papel	Forma continua Cualquier tamaño	Forma continua u hojas sueltas Ancho de 1.5"-15" Largo de 3"-14"	Forma continua Cualquier tamaño	Papel independiente. Ancho de 6"-12" Largo de 6"-14"	Papel independiente. Ancho de 5.9"-11.6" Largo de 16.5"-17.5"
Gráficos; distancia entre puntos [mm]	2.5, 2.0, 1. 6	--	2.5, 2.0, 1. 6	2.5, 2.0, 1. 6	2.0
Caracteres por línea	42 espacio interpunto. 48 espacio interlinea	40	42 espacio interpunto. 48 espacio interlinea	--	18-39
Interfaz	USB, Ethernet, Paralela, Serial	Serial	USB, Ethernet, Paralela, Serial	USB, Ethernet, Paralela, Serial	USB, Ethernet, Paralela, y Serial
Características eléctricas	100-240 V, 50-60 Hz	105-130 V, 210-260, 50-60 Hz	100-240 V, 50-60 Hz	100-240 V, 50-60 Hz	110-115V, 220-240V, 50-60 Hz
Tablas de códigos Braille	20	--	20	20	20
Garantía	1 año	-	1 año	1 año	1 año
Tamaño [in]	20.2x10x5	24.6x11.5x8.6	20.2x10x5	22x17x7	263x11.8x22.4
Peso [lb]	16	51	16	30	30.8
Manejo	Panel frontal etiquetado en Braille y tinta confirmación mediante voz.	--	Panel frontal etiquetado en Braille y tinta confirmación mediante voz.	Panel frontal etiquetado en Braille y tinta confirmación mediante voz.	Panel frontal etiquetado en Braille y tinta confirmación mediante voz.
Costo por impresión	Ligeramente arriba de impresión láser	--	Ligeramente arriba de impresión láser	--	Ligeramente arriba de impresión láser
Nivel de Ruido[dB]	60	68	60		60 (con gabinete)
					

Tabla 4.1 Tabla comparativa de algunas impresoras existentes en el mercado actual

**ANÁLISIS DE PRECIOS**

INDEX Braille Embossers (impresoras)	
La entrega de los productos Index nos toma 30 días o menos	
Descripción	Precio M.N.
<u>INDEX 4X4 Profesional 17"</u>	\$ 85,352.00
<u>INDEX BASIC-S para impresión en un solo lado</u>	\$ 31,047.00
<u>INDEX BASIC-D para impresión en ambos lados</u>	\$ 39,100.00
<u>INDEX Everest para impresión en ambos lados</u>	\$ 48,490.00
<u>Gabinete acústico para impresora "BASIC"</u>	\$ 10,105.00
<u>Cubierta acústica para la impresora Everest</u>	\$ 7,846.00
Máquina Perkins	\$10,580.00
Caja de 3000 hojas continuas para Braille	\$1,600.00
Paquete con 100 hojas Braille carta	\$254.00
Paquete con 100 hojas oficio	\$310.00

*Tabla 4.2 Precios de las impresoras en el D.F.* <sup>[5]</sup>

Esta información nos muestra un panorama sobre el mercado actual, los sistemas y principios de impresión que ya existen, así como las alternativas de solución con las que podemos iniciar nuestro diseño, respetando las ideas originales.

<sup>[5]</sup> ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA ATENCIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL  
Institución de Asistencia Privada

#### **4.4 DISEÑO CONCEPTUAL**

Después de analizar la información que obtuvimos de los sistemas que se han diseñado y que se fabrican actualmente, sabemos que este tipo de máquinas, están conformadas en su parte mecánica por tres sistemas principales: Alimentación/Salida de Papel, Impresión y la Estructura de Soporte; que son los sistemas que se van diseñar en este trabajo.

Los tres sistemas cumplen una función en forma individual pero también interactúan entre sí, para que al final del proceso se obtenga una hoja con relieves del alfabeto Braille.

Las ideas que fueron propuestas en esta etapa del proceso de diseño como posibles soluciones, son descritas a continuación.

##### **4.4.1 Sistema de Impresión**

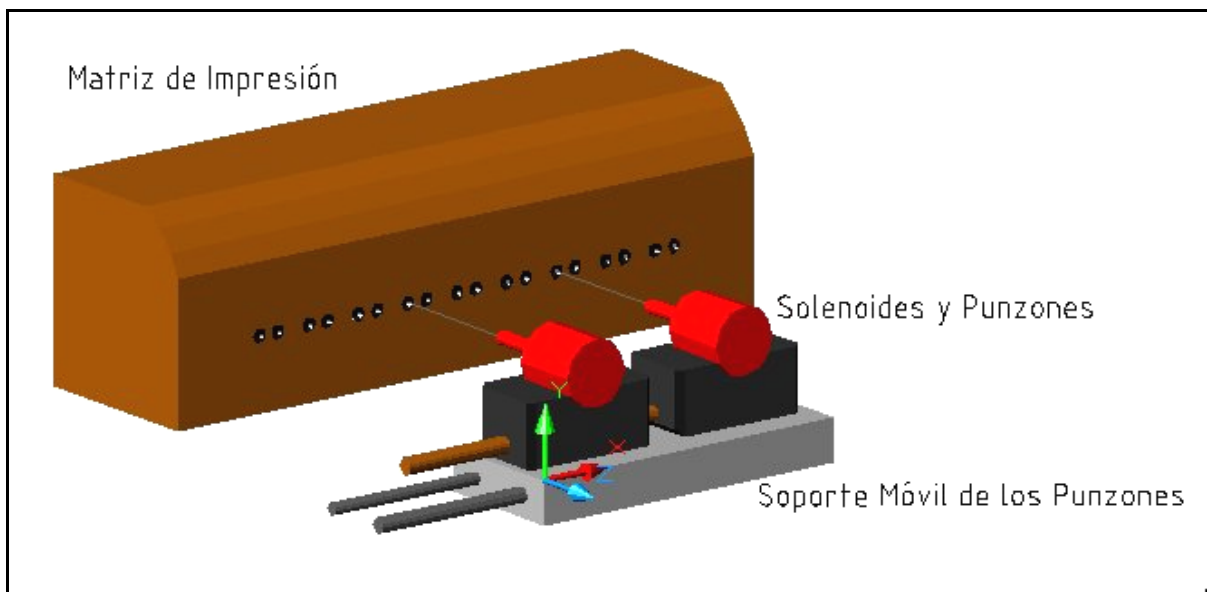
Actualmente, el Braille se escribe, de manera manual, presionando un punzón contra una hoja que está soportada en una cama que contiene los orificios que ayudan a que el papel quede conformado y con el relieve que se necesita para poder “leerlo” con el dedo. Es importante que se tome en cuenta este principio, pues las máquinas e impresoras que actualmente están en el mercado basan su funcionamiento eléctrico-mecánico en la forma básica de la escritura del Braille.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

Después de la generación de ideas para darle el relieve a la hoja, tenemos que, basándonos en el movimiento mecánico que se hace para conformar la hoja, las propuestas que han de tener seguimiento serán:

- Uso de punzones acoplados a un solenoide que, al recibir una señal del sistema de control impactarían la hoja en contra de una matriz similar a la plantilla utilizada por los ciegos en la escritura manual.



*Figura 4.1 Punzones y solenoides sobre soporte móvil*



## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

- Mediante un sistema de levas, cuyo principio de funcionamiento sería que las levas impulsaran y acomodaran tres punzones a través de una rejilla, que serviría como guía y que tendría las dimensiones del signo generador, para que según la combinación que existe en el arreglo de puntos para determinada letra, una matriz impacte contra los punzones que han sido levantados para poder conformar la hoja y así imprimir de un sólo paso la mitad del signo generador.

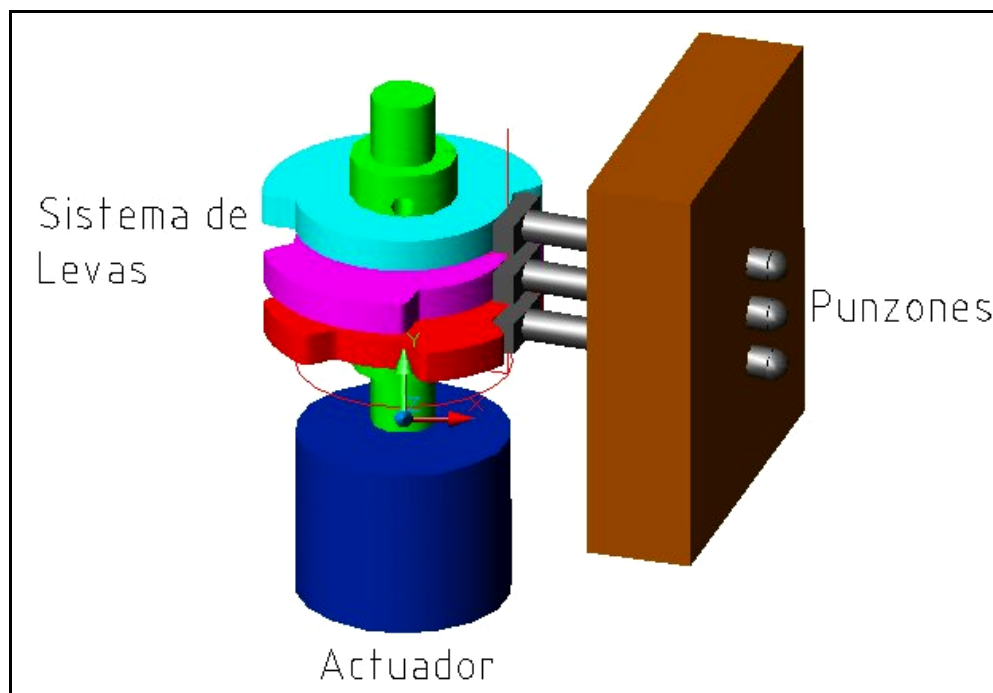
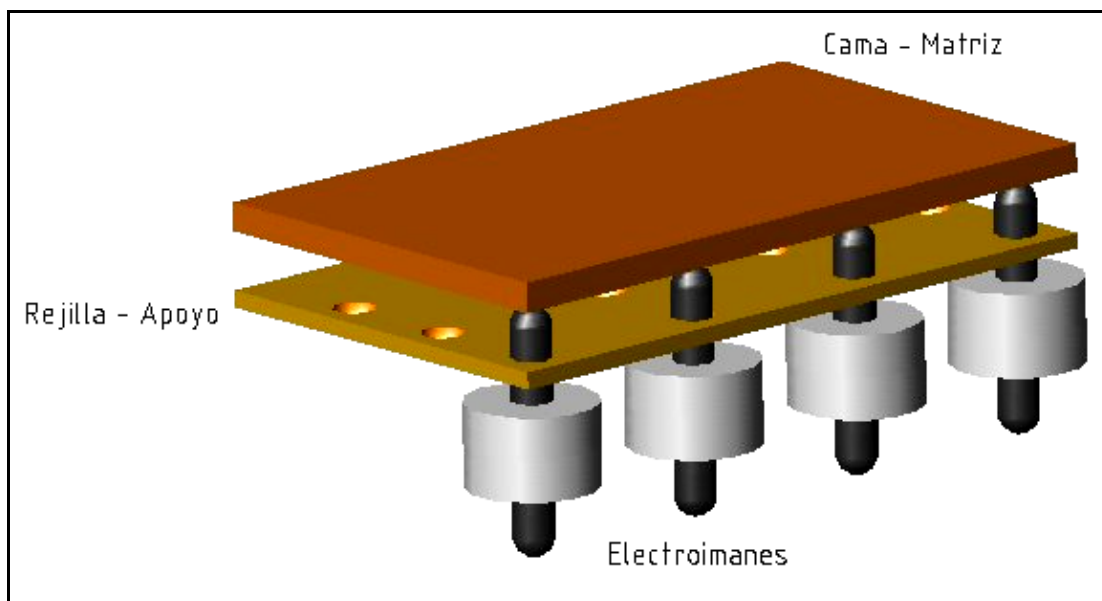


Figura 4.2 Sistema de levas y punzones

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

- Mediante un sistema de pequeños electroimanes que en un extremo del núcleo tendrían un punzón. Al activar su salida mediante un impulso eléctrico, se mantendría esa posición elevada por encima de una cama-rejilla de la cual sobresaldrían los punzones para entonces bajar la matriz-contramatriz, y generar así toda una página de un escrito en Braille en un solo movimiento.



*Figura 4.3 Cama de electroimanes con punzones*

Estas son sólo tres posibles soluciones del grupo de ideas que se generaron y que a nuestro criterio tendrían mayor futuro en su seguimiento y desarrollo.

#### **4.4.2 Sistema de Alimentación**

El principio que hemos identificado después de analizar los distintos sistemas que existen tanto en impresoras comerciales de inyección de tinta, láser o en las de Braille, es que la hoja tiene un recorrido sobre rodillos y es alimentada generalmente por medio de gomas que la arrastran.

Se han propuesto varias soluciones, de las cuales tres son las principales a considerar: el de arrastre de papel desde una posición vertical (figura 4.4), el arrastre de papel desde una posición horizontal (figura 4.5) y un sistema alternativo que es el de utilizar un vacío para succionar la hoja (figura 4.6). Cabe señalar, que se ha descartado el uso de hoja continua para comodidad del usuario y por los requerimientos del diseño.

La posición del contenedor de hojas en “blanco” y del que contiene las hojas ya impresas así como la forma de sujetar una hoja al tiempo que será impresa, son factores a considerar ya que este sistema trabajará en conjunto con el sistema de impresión de forma alternada.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

En el arrastre por medio de rodillos la hoja sería jalada del contenedor inicial por una goma, de donde sería llevada a los rodillos que la arrastrarían para que fuera impresa y finalmente la desalojarían a un contenedor.

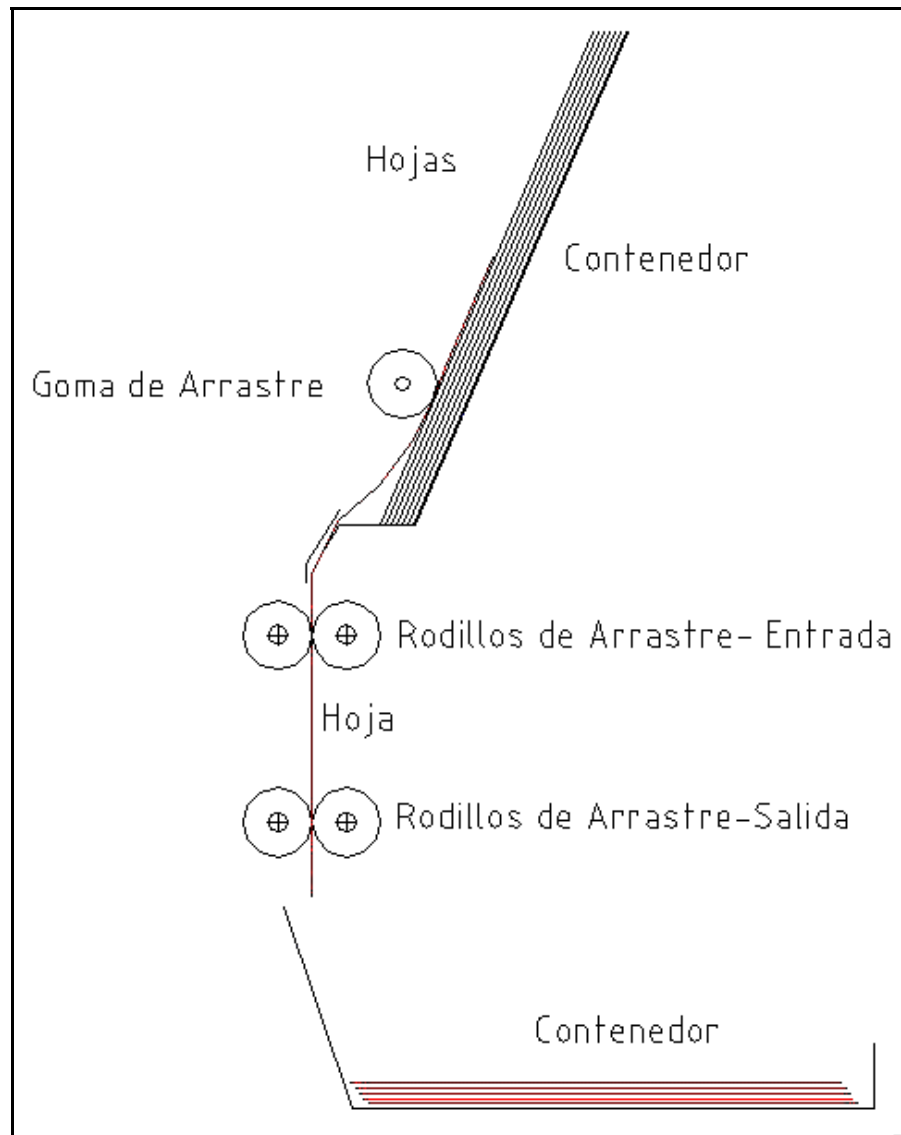
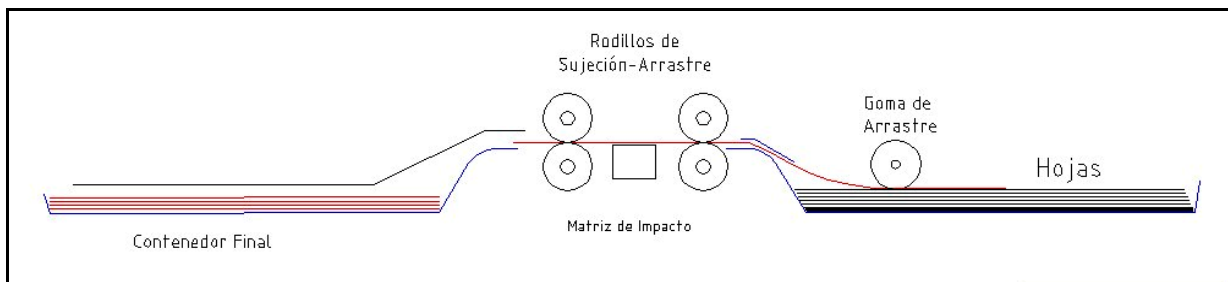


Figura 4.4 Alimentación y arrastre por rodillos

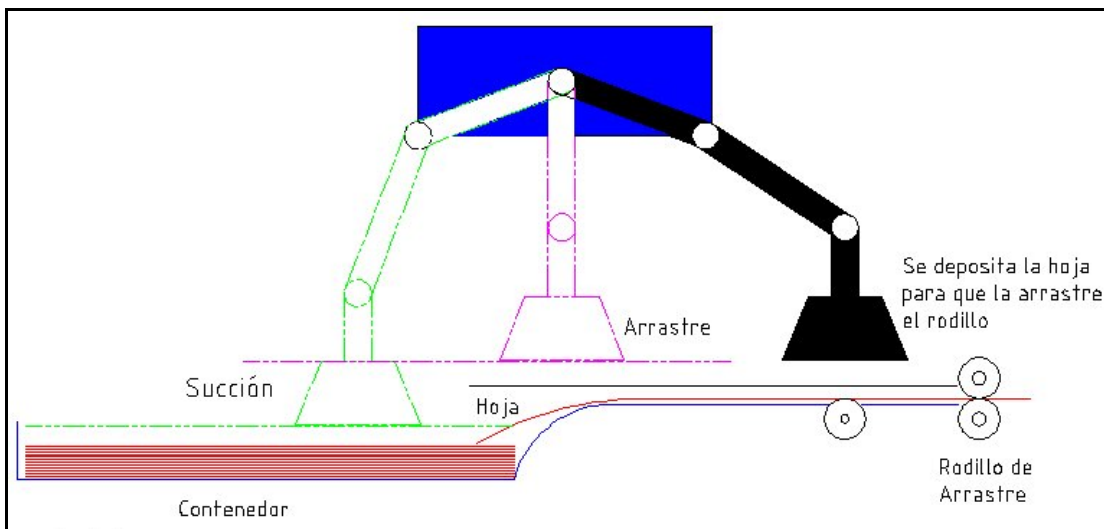
## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el segundo sistema, las hojas serían acomodadas en forma horizontal para que una charola móvil en la parte inferior las presionara contra la goma de arrastre y ésta impulsara una hoja hacia los rodillos que la sujetarían durante el conformado y, al finalizar la impresión, la desalojarían del sistema al contenedor final.



*Figura 4.5 Alimentación horizontal por rodillos*

Para el sistema alternativo, es decir, el de vacío se propuso que la hoja fuera succionada y llevada por un mecanismo a la posición en la cual los rodillos la arrastrarían y sujetarían para que fuera impresa y, al finalizar la impresión, la desalojarían del sistema al contenedor final.



*Figura 4.6 Alimentación por vacío*

### **4.4.3 Estructura de Soporte**

En este caso, el sistema de soporte, deberá contener y mantener en posición todos los subsistemas que hemos analizado, por ello su desarrollo ha de basarse en las propuestas de diseño finales que se tengan para los tres sistemas principales, es decir, conforme se seleccionen las configuraciones finales de los sistemas, la estructura donde serán alojados ha de tomar forma para saber si es compatible con las demás propuestas o si es necesario ajustar el diseño de la estructura para que todos los componentes trabajen adecuadamente. Asimismo, se parte de la premisa de que la estructura de soporte debe ser lo más simple posible por lo que, fabricar una estructura con placas rígidas es, a nuestra consideración, lo más viable y fácil de adaptar a las necesidades de los otros sistemas.

## **4.5 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS**

Una vez que se han establecido las propuestas de solución para el diseño de los sistemas, tenemos que seleccionar uno de cada apartado con el fin de llevarlo al plano físico es decir, desarrollarlo; buscando que sea el que menos errores pueda presentar y que no tenga un proceso de diseño con demasiadas iteraciones. Ahora bien, esto se hace en base a criterios que hemos establecido ya sea en las especificaciones, la disponibilidad de los materiales, herramientas y otros dispositivos o bien en base al alcance mismo del proyecto.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

A continuación se presentan los criterios que hemos propuesto de acuerdo a lo anterior:

**Funcionalidad:** Que los sistemas cumplan con su función y objetivo de forma sencilla y amigable para el usuario.

**Viabilidad económica:** Que los sistemas en forma individual y en su conjunto acusen un bajo costo de fabricación, siendo éste uno de los criterios principales para el diseño de esta impresora.

**Durabilidad:** Que tanto los sistemas como los materiales a utilizar en la impresora tengan un periodo de vida útil aceptable.

**Mantenimiento:** Que el servicio de mantenimiento a los dispositivos o sistemas se lo menos frecuente posible.

Para el sistema de impresión se eligió el sistema de *punzones y solenoides sobre soporte móvil*, ya que resultó la forma más económica de llevar a cabo el presente proyecto debido a que se dispone de una amplia gama de solenoides en el mercado y adquirirlos es relativamente fácil. Una vez adquiridos los solenoides, es necesario diseñar los soportes que los albergarán.

No se eligió el *sistema de levas y punzones* porque su diseño y manufactura eran complicados, aunque en los demás puntos cumplieran con los criterios mencionados en el apartado 4.5.

En el sistema *cama de electroimanes con punzones* se generó la duda ya que no pudimos encontrar en el mercado actual unos que se pudieran adaptar a los requisitos que exigen las distancias requeridas para un carácter de código Braille, otro problema del sistema es que la impresión de una hoja completa en un solo paso requeriría de un número muy elevado de electroimanes de acuerdo con las medidas estándar de una hoja impresa en código Braille, y además, la cercanía

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

entre ellos podría causar una interferencia en la generación del campo electromagnético, lo que pensamos que degeneraría en una mala impresión. Por otro lado, la cantidad de energía necesaria para mover este elevado número de electroimanes y, sobre todo, para mantener su posición elevada obligaba al diseño de un mecanismo que nos permitiera mantener la posición que se les ordenó a los electroimanes (unos dentro y otros fuera) y poder desenergizarlos para llevar a cabo la impresión sin el consumo excesivo de energía durante el proceso.

En cuanto a la durabilidad no se tendría una gran diferencia entre los tres sistemas; sin embargo el *sistema de levas y punzones* y el de *cama de electroimanes con punzones* requerirían más atención en su mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Para el sistema de alimentación se eligió el de *alimentación y arrastre por rodillos* debido a los problemas que podrían presentar los otros dos sistemas.

El sistema llamado *alimentación por vacío* se descartó debido a que se tendría que contar con un sistema de succión, lo que representaría la necesidad del diseño de un mecanismo para llevar la hoja a los rodillos de arrastre a la entrada; así como la introducción al sistema de más elementos con la consecuente posibilidad de fallas y, además, la elevación del costo del aparato.

Los dos primeros sistemas de alimentación tanto vertical y horizontal son muy similares en su principio de funcionamiento por lo que los criterios resultan bastante parecidos en ambos casos; sin embargo, el sistema de *alimentación horizontal por rodillos* se descartó debido a que, al contar con un sistema de alimentación, uno de impresión y uno de salida de las hojas, se requeriría de un gran espacio y obligaría al usuario a moverse lateralmente para recibir la hoja impresa, lo que no ocurre en el sistema de *alimentación y arrastre por rodillos*.



Para el sistema Estructural, se ha considerado el uso de placa rígida de acero, calibre 16 con dimensiones y formas de acuerdo a la configuración de los sistemas de Impresión y Alimentación; con el respectivo espacio para poder alojar a los sistemas de Control y Transferencia de Datos.

#### **4.6 DISEÑO DE CONFIGURACIÓN**

Seleccionadas las alternativas a desarrollar, se procede, dentro del diseño, a establecer las configuraciones que tendrán los sistemas en base a los conceptos que fueron aceptados para que posteriormente se haga el detalle de las partes que los constituyen.

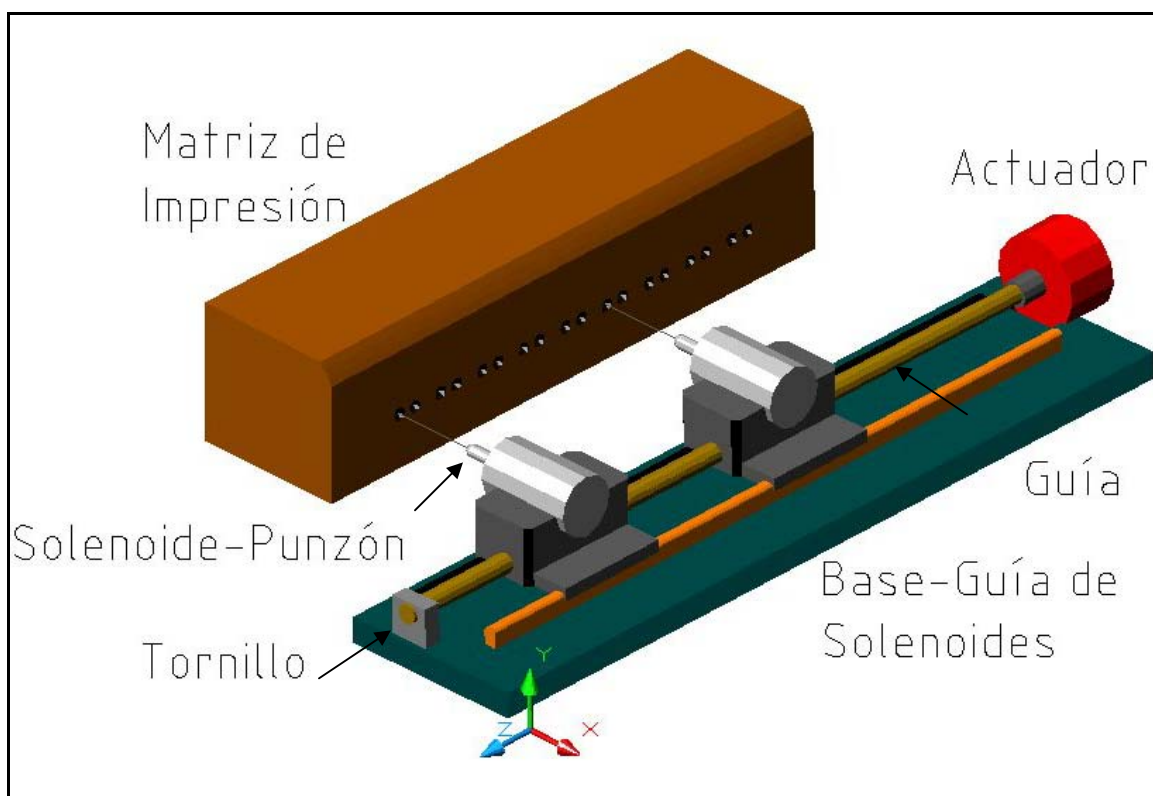
El sistema de impresión estará basado en un sistema que consta de dos solenoides que, montados en una estructura de soporte común, irán conformando la hoja.

Cuando el sistema de alimentación haya entregado la hoja, los solenoides serán llevados a su posición por los elementos de transmisión que son un actuador y un tornillo para deformar dicha hoja. Una vez en posición, impactarán y deformarán la hoja, siempre y cuando ese punto del signo generador deba ser impreso, de otra forma esperarán una nueva posición dada por el tornillo y el actuador, donde, de nuevo, deformarán o esperarán una nueva posición y así sucesivamente de acuerdo a los puntos del signo generador del caracter a imprimir.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

Este movimiento se repetirá a lo ancho de la hoja, imprimiendo el signo generador por línea en forma horizontal; es decir, que al término de tres líneas se tendrá el caracter completo ya impreso.

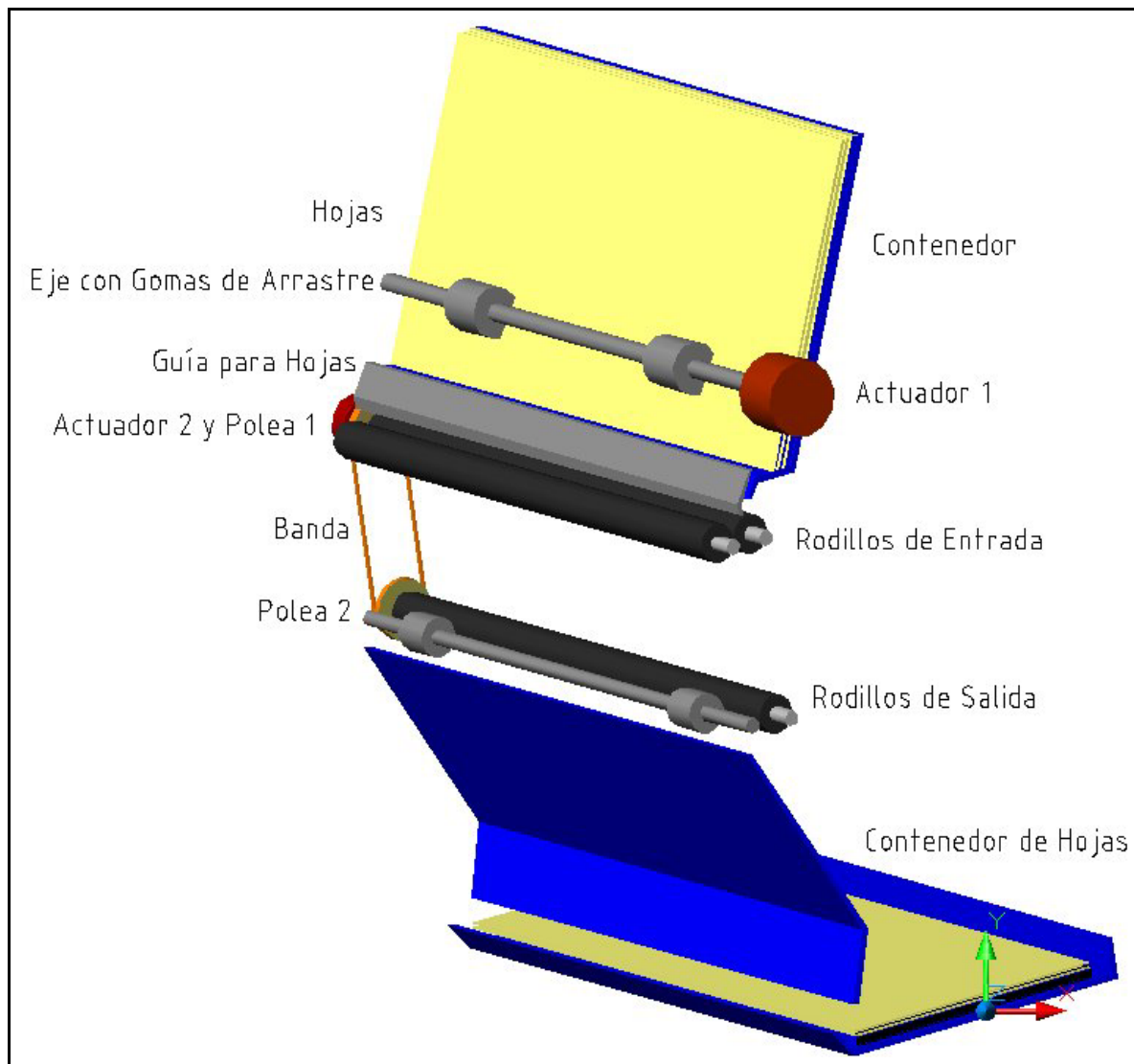
La configuración de este sistema se muestra en la siguiente figura:



*Figura 4.7 Configuración del sistema de Impresión*

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

Los sistemas de alimentación de papel, de sujeción mientras es conformado y el de desalajo del mismo tendrán la siguiente configuración y funcionamiento:



*Figura 4.8 Configuración del Sistema de Alimentación*

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

Las hojas son acomodadas en el contenedor por el usuario, por la parte superior de la impresora, colocadas en posición vertical; los resortes que están en la parte posterior de la superficie móvil del contenedor y que también soportan las hojas, se sueltan automáticamente e impulsan el soporte móvil, presionando las hojas ligeramente contra el eje por medio de las gomas de arrastre, que con un movimiento giratorio impulsará las hojas hacia los rodillos paralelos de entrada que trabajan en forma sincronizada con los rodillos inferiores por medio de una banda para poder guiar y mantener sujeta la hoja, formando un ángulo de 90° respecto a los punzones. En ese momento la hoja se encuentra lista para que el sistema de impresión forme los relieves para dar origen a las letras en alfabeto Braille.

Una vez que se ha impreso la hoja, se desaloja del sistema por medio de los rodillos inferiores que la impulsan a las rampas de salida para llegar a un contenedor especial que se encuentra en la parte inferior de los dos sistemas anteriormente descritos.

La estructura de la impresora estará conformada por medio de placas rígidas de acero, calibre 16, con las dimensiones y forma que se detallarán en el siguiente apartado del diseño.

## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

La siguiente figura muestra la configuración de ambos sistemas (Alimentación/Salida de Papel, Impresión) que darán forma a la impresora.

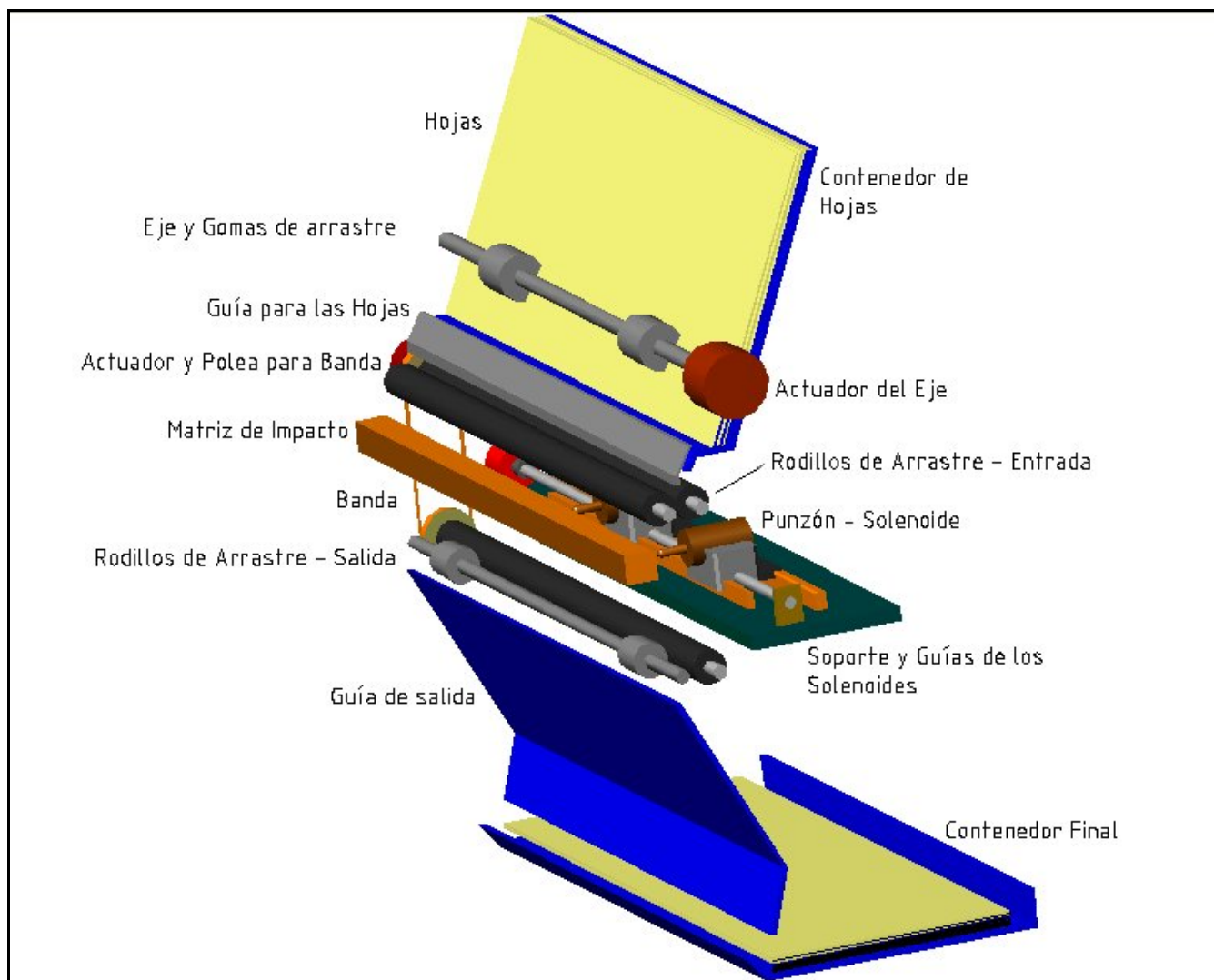


Figura 4.9 Configuración del Sistema de Impresión-Alimentación

#### **4.7 DISEÑO DE DETALLE**

En esta etapa del proceso se detallan las formas, dimensiones y perfiles de los distintos componentes de los sistemas que constituyen la impresora.

Se hizo la selección de algunos componentes como los solenoides y motores atendiendo a las características, precio y disponibilidad que ofrecían tiendas nacionales o internacionales por medio de la World Wide Web.

Los solenoides que fueron seleccionados son productos provenientes de EUA debido a la casi nula oferta nacional y a que los disponibles en México excedían o no cumplían con el tamaño y fuerza necesarios para deformar el papel, así como el hecho de que los solenoides requeridos deben empujar su núcleo al ser energizados y la mayoría de los existentes en México lo que hacen es retraerlo.

Los solenoides utilizados se seleccionaron en base a los siguientes puntos:

- Cuentan con un relativo bajo costo y una disponibilidad casi inmediata además de que son de fácil adquisición.
- La fuerza de impacto, dependiendo de la distancia entre el solenoide y el objetivo, es variable de manera que se puede acoplar a las necesidades del diseño cumpliendo ampliamente con nuestras expectativas en cuanto a la deformación del papel se refiere.
- Su tamaño es el adecuado, tienen un peso aceptable y la misma compañía ofrece los resortes de regreso adecuados para cada solenoide.

Así mismo, se seleccionaron motores a pasos debido a que los motores eléctricos o de corriente directa no contaban con la fuerza requerida para mover los mecanismos de la impresora y los servomotores presentan el problema de que sólo pueden girar 180° y los movimientos que necesitamos son de 360° y de manera cíclica.

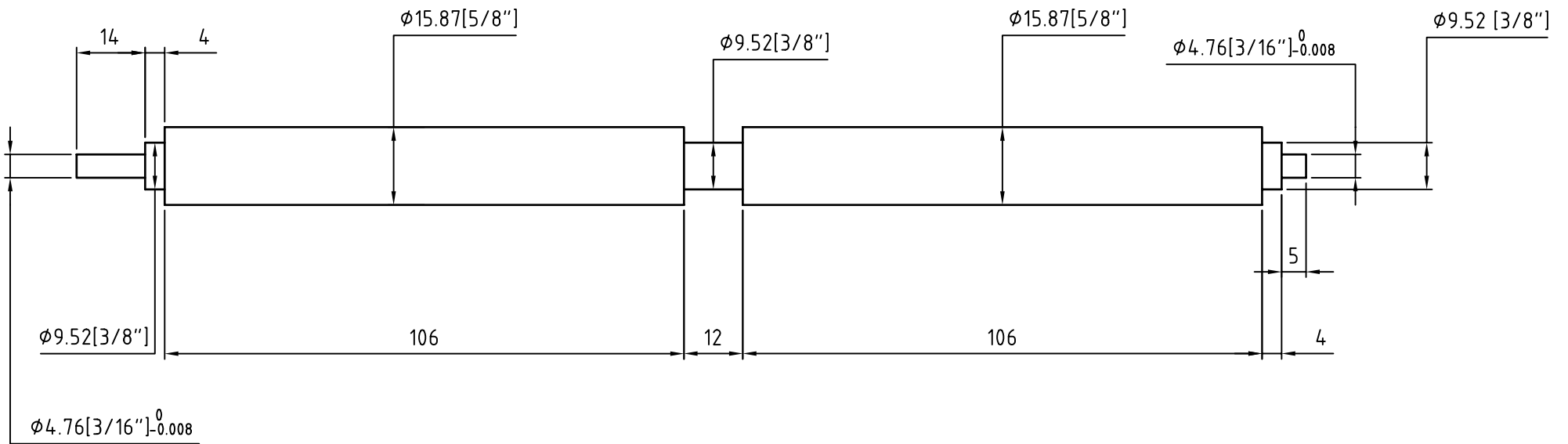
## CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO

---

Los motores utilizados se seleccionaron en base a los siguientes puntos:

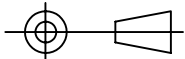
- Son de fácil adquisición, cuentan con disponibilidad inmediata y su costo es accesible.
- Cuentan con el par adecuado para el trabajo a realizar, una velocidad controlable y una precisión adecuada a nuestras necesidades.
- Su tamaño es el apropiado para las dimensiones del diseño y tienen un peso aceptable.

Los planos que se muestran a continuación detallan algunas de las piezas necesarias para la fabricación del prototipo funcional.

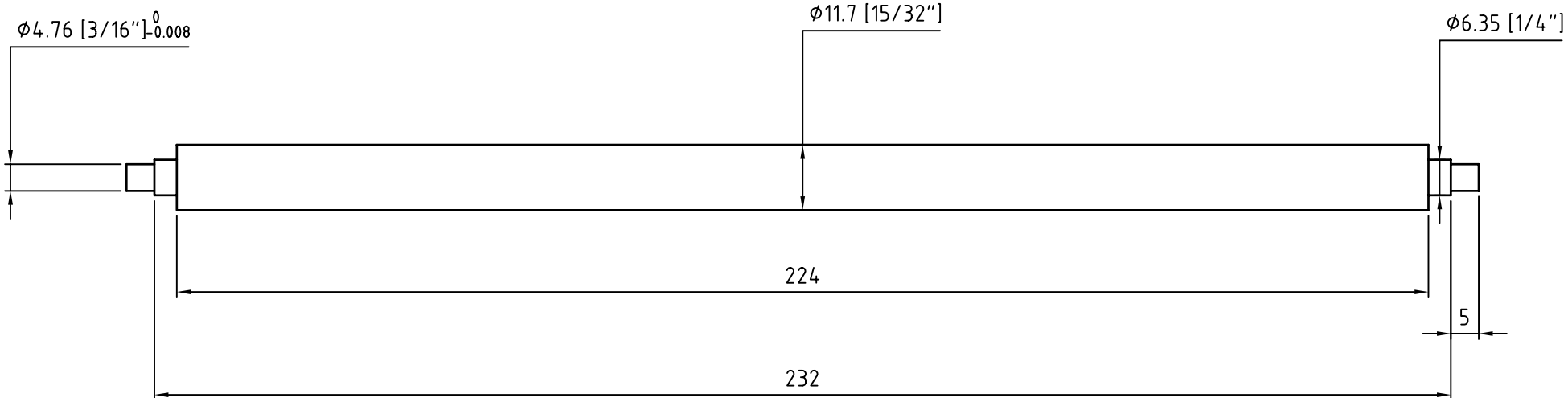


Materiales  
 Eje: Acero  
 Goma: Neopreno

Tolerancias no Especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Rodillo de Arrastre - Entrada	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAA 01

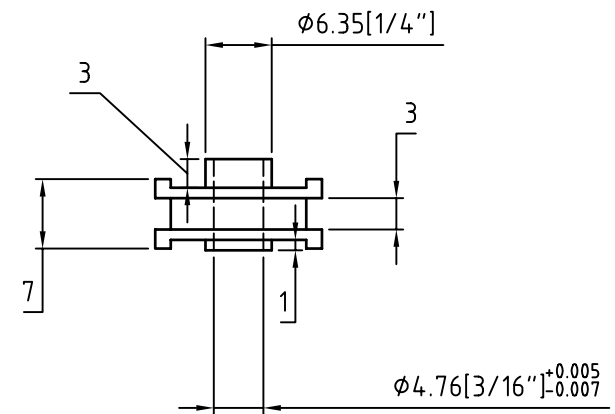
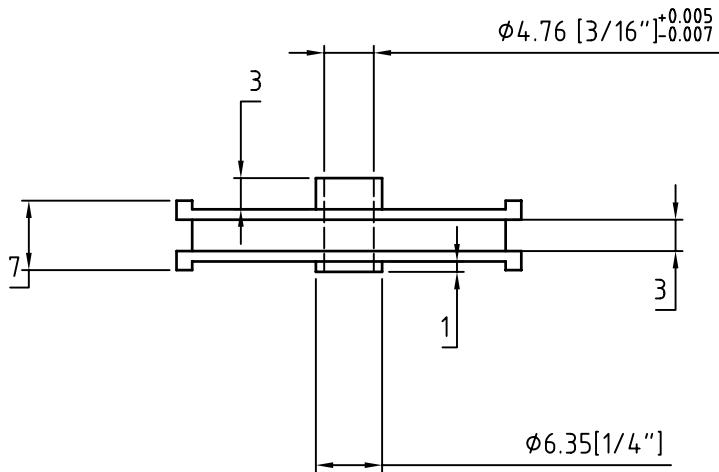
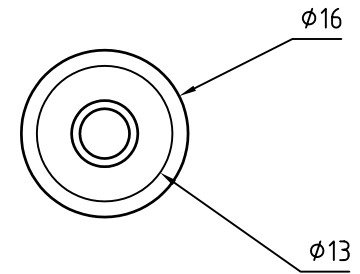
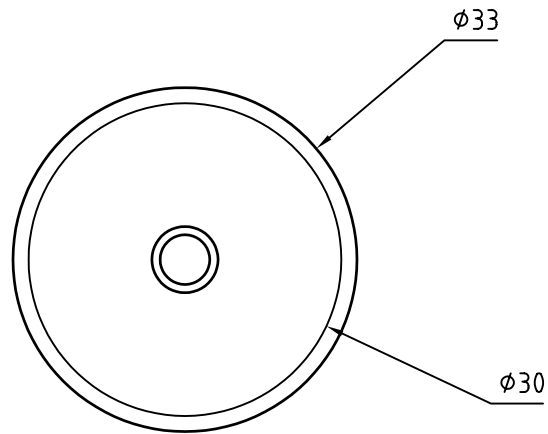




Materiales  
 Eje: Acero  
 Goma: Neopreno

Tolerancias no especificadas: +/- 0.1[mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Rodillo de Apoyo - Entrada	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAA 02



Material: Nylamid

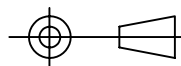
Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería

Impresora Braille

19/Abril/2005

Dibujó: OVI, GQAL

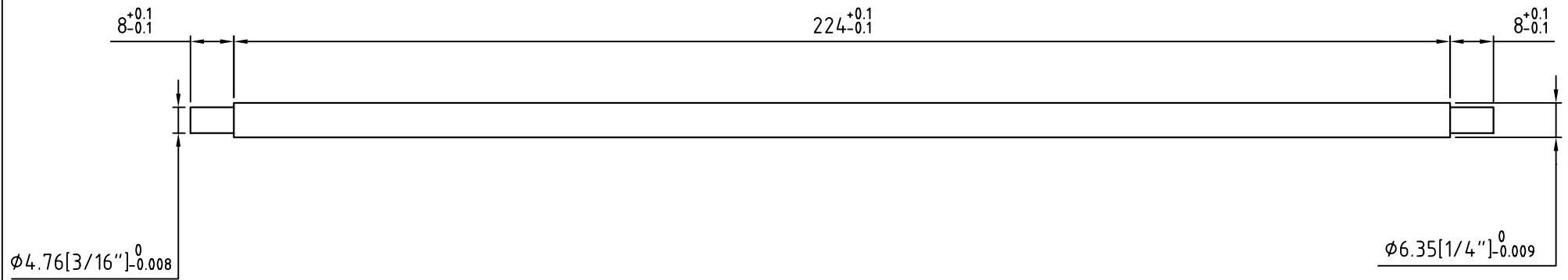


Poleas de los Rodillos

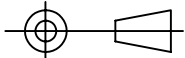
S/E

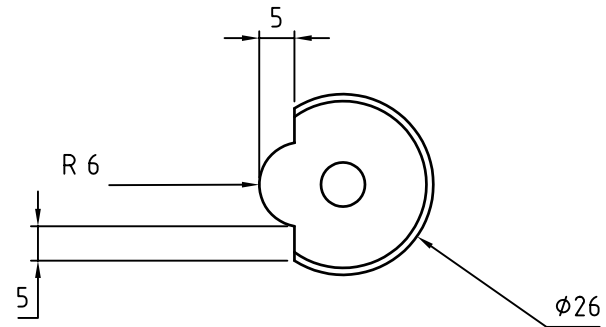
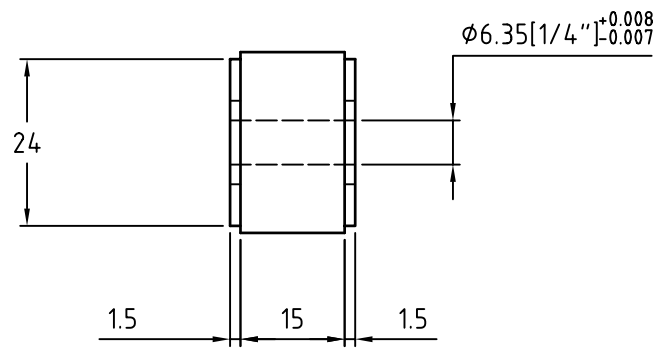
Dimensiones: [mm]

PIB - SAA 03



Material: Acero

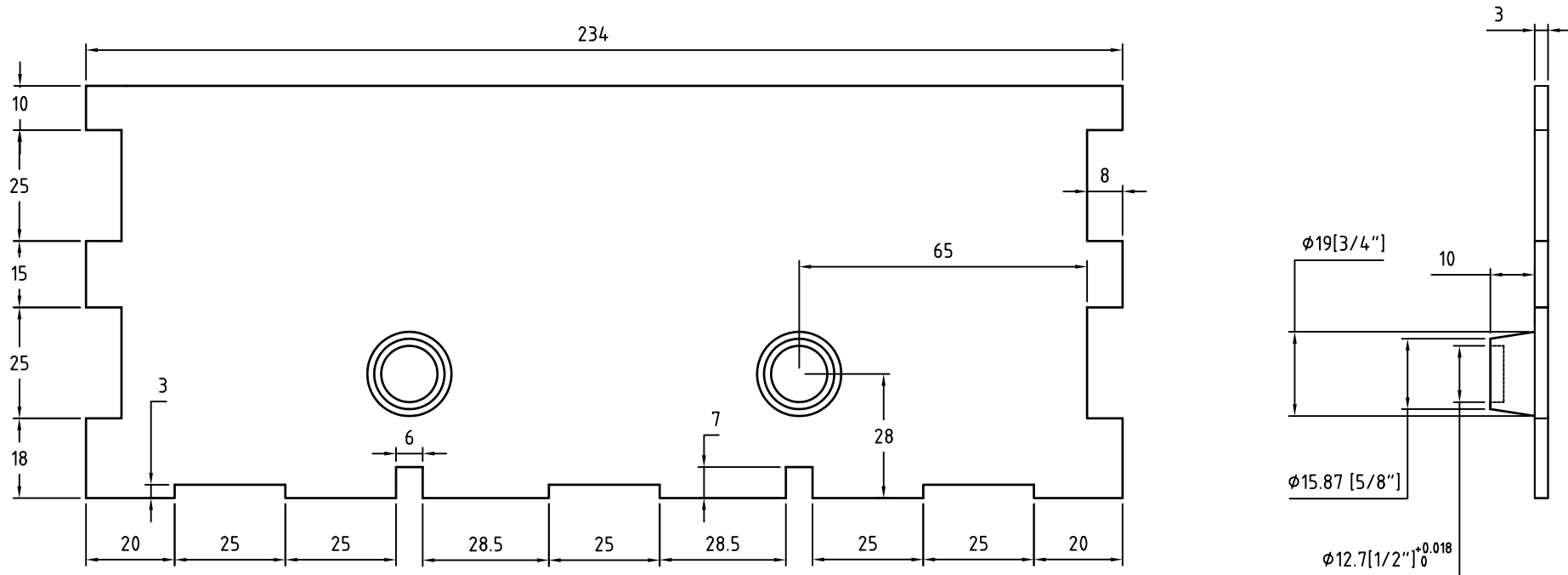
Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Eje de las Gomas de Arrastre	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAC 01



Material: Refacción Comercial

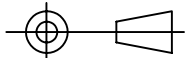
Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

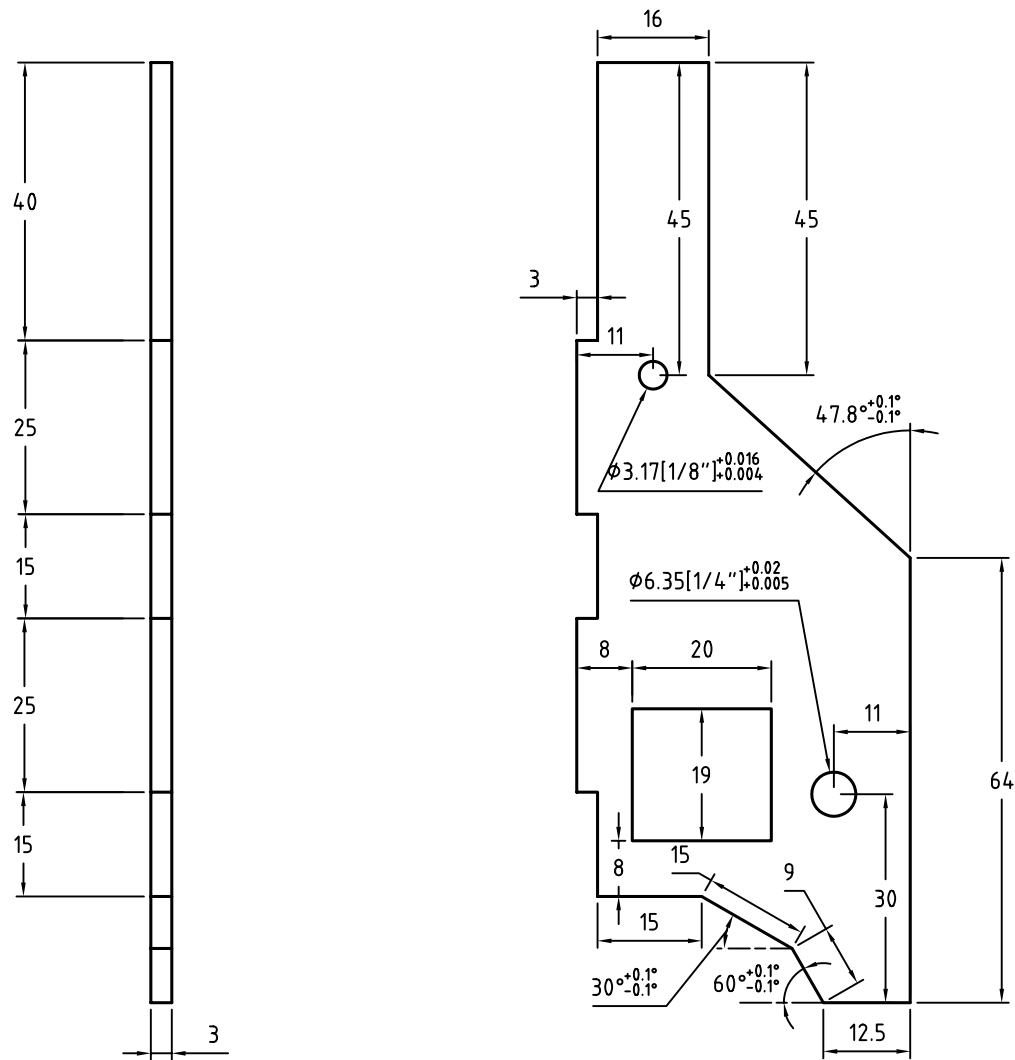
Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Gomas de arrastre del contenedor	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAC 02



Material: Acrílico

Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

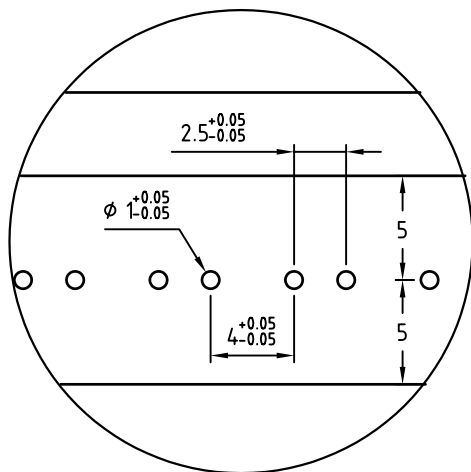
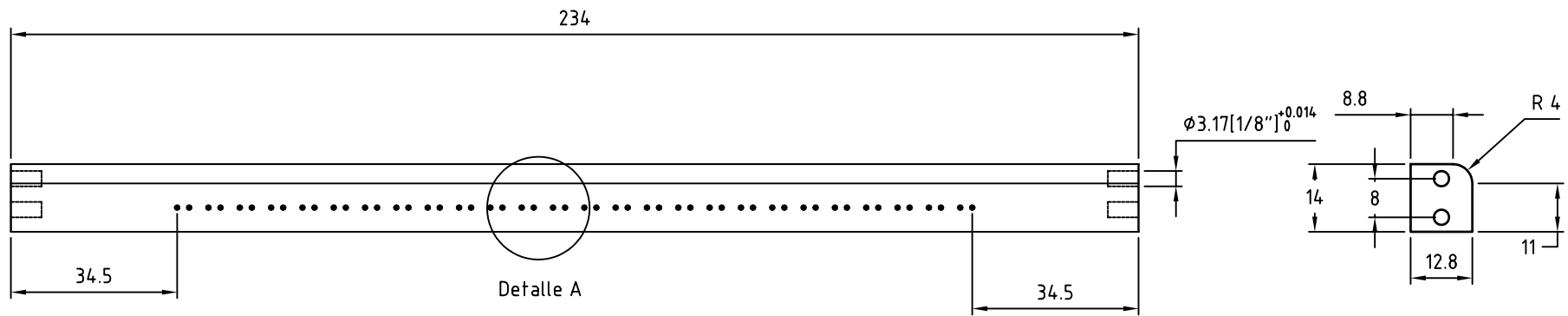
Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Soporte Fijo del Contenedor	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAC 03



Material: Acrílico

Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Soporte Lateral del Contenedor Lado Izquierdo	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB - SAC 02

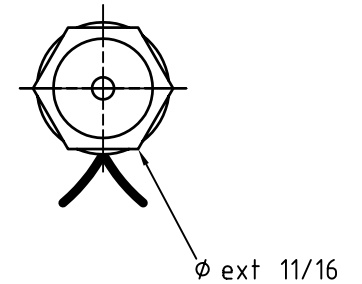
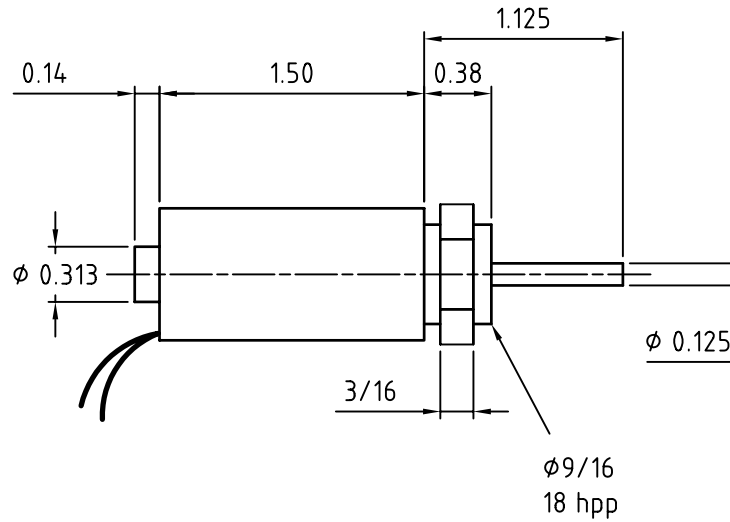
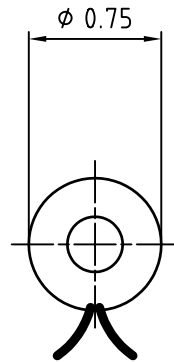


Detalle A

Material: Acero

Tolerancias no Especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería		
Impresora Braille		
19/Abril/2005	Matriz de Impresión	S/E
Dibujó: OVI, GQAL		Dimensiones: [mm]
		PIB- SI 01



Electromechanics Online  
 Modelo: SOTUHO19038

L = Pulso Largo (25%)

Máximo tiempo energizado = 30 [s]

Potencia aproximada de Entrada = 32 Watts

Fuerza a 0.05" (1.3 mm) Golpe: 51.0 Oz (1446 gr)

Fuerza a 0.25" (6.4 mm) Golpe: 19.0 Oz (539 gr)

Fuerza at 0.50" (12.7 mm) Golpe: 6.0 Oz (170 gr)

Fuerza a 0.75" (19.1 mm) Golpe: 1.5 Oz (43 gr)

Voltaje de trabajo: 12 V

Tolerancias no especificadas: +/- 0.010 [in]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería

Impresora Braille

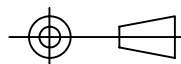
19/Abril/2005

S/E

Dibujó: OVI, GQAI

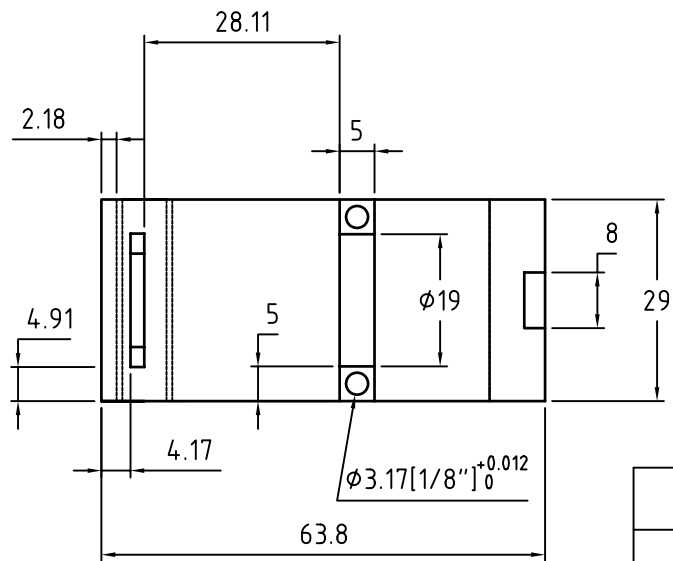
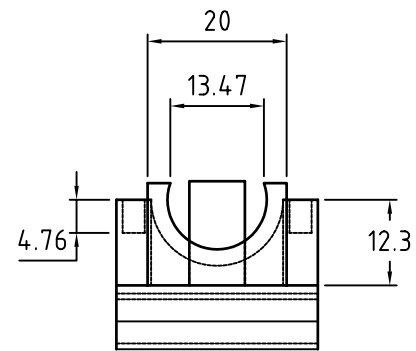
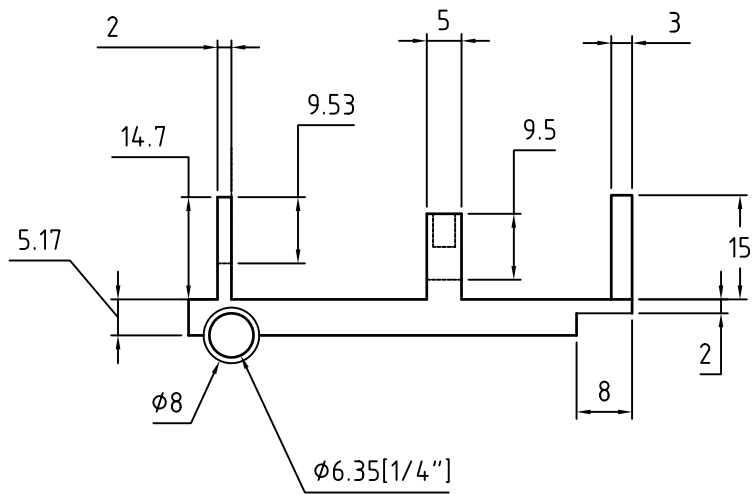
Solenoides

Dimensiones: [in]



PIB - SI 02





Material: Aluminio

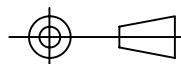
Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería

Impresora Braille

19/Abril/2005

Dibujó: OVI, GQAL

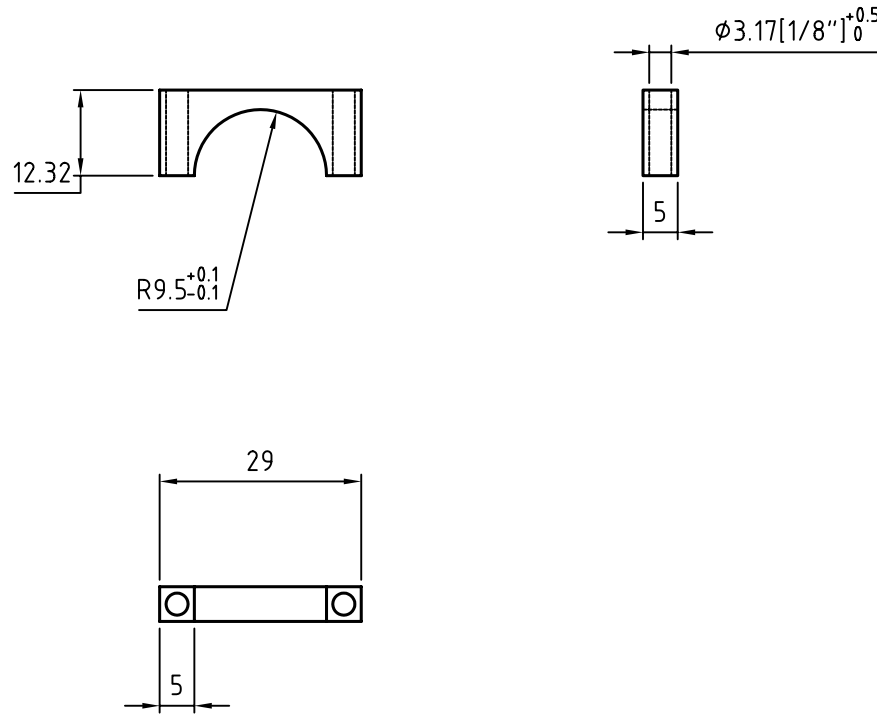


Soporte Móvil de Solenoides

S/E

Dimensiones: [mm]

PIB - SI 03



Material: Aluminio

Tolerancias no especificadas: +/- 0.1 [mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería

Impresora Braille

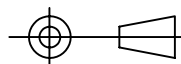
19/Abril/2005

S/E

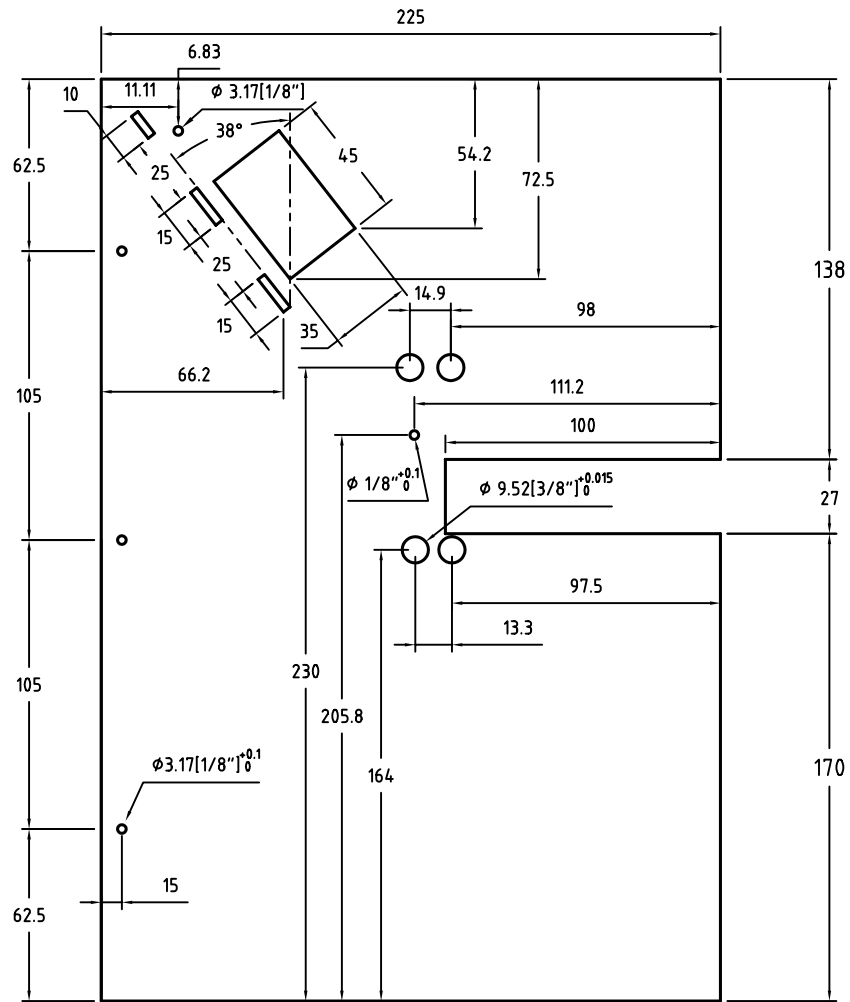
Dibujó: OVI, GQAL

Seguro del soporte móvil  
de los solenoides.

Dimensiones: [mm]



PIB - SI ##



Material: Lámina negra

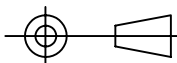
Tolerancias no especificadas: +/- 0.1[mm]

Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería

Impresora Braille

19/Abril/2005

Dibujó: OVI, GQAI



Placa Lateral Derecha  
de la Estructura

S/E

Dimensiones: [mm]

PIB - SE 01

**CAPÍTULO V**  
**ENSAMBLE Y**  
**PRUEBAS**

## 5. ENSAMBLE Y PRUEBAS

### 5.1 FABRICACIÓN

Los materiales que se utilizaron para fabricar el prototipo funcional fueron: lámina esmaltada calibre 16, barra de aluminio de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro, lámina de acrílico de 3 mm de espesor y acrílico en polvo para hacer ciertas piezas del sistema de alimentación. También se hizo uso de piezas comerciales como: rodillos para impresora, solenoides, gomas de arrastre, engranes y motores a pasos.

Las máquinas herramientas que se utilizaron para la fabricación de los componentes del prototipo funcional fueron: torno manual, fresadora, cizalla y la rectificadora multipro o Moto tool, como le llamaremos de ahora en adelante.

El torno manual se utilizó para obtener el redondeo de la punta del punzón y los diámetros requeridos en los extremos de los rodillos.

Se utilizó una cizalla para cortar la lámina esmaltada obteniéndose así dos láminas que se utilizaron para formar las piezas laterales de la estructura de soporte y una lámina adicional para la parte posterior de la misma.

Con la fresadora se hicieron, en ambas láminas, las perforaciones necesarias para montar los rodillos, el sistema de alimentación y demás componentes.

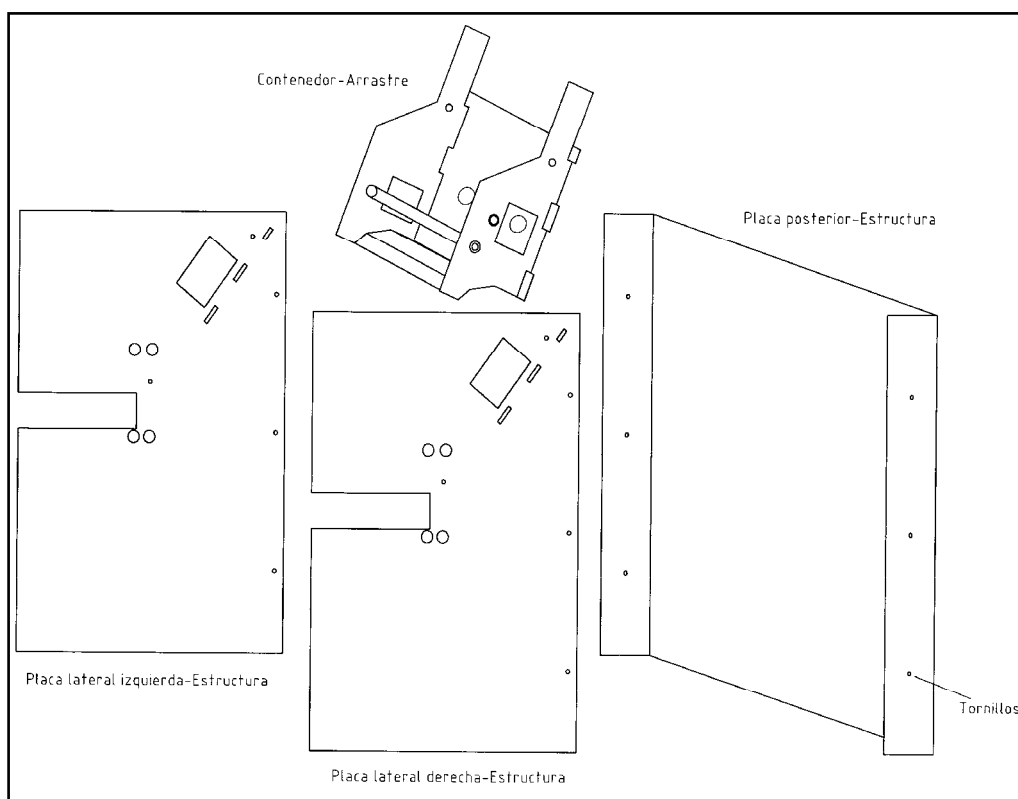
El contenedor de hojas que forma parte del sistema de alimentación, se fabricó con la lámina de acrílico, por ser más fácil su maquinado.

Se hizo una revisión de las partes manufacturadas y comerciales previa al ensamble, para comprobar que los elementos no presentaran defectos y que las dimensiones concordaran con lo propuesto en los planos. El Moto tool se utilizó para eliminar defectos del maquinado y para el ajuste en las dimensiones de las piezas.

## 5.2 ENSAMBLE

El ensamble de las piezas se inició con la estructura de soporte, uniendo las placas mediante tornillos que van colocados en las perforaciones de los costados de las placas (ver en la figura 5.1).

Al mismo tiempo se colocó en su posición el contenedor de hojas el cual previamente se armó con las piezas detalladas en el capítulo 4 y que constituye una sola pieza en el ensamble.

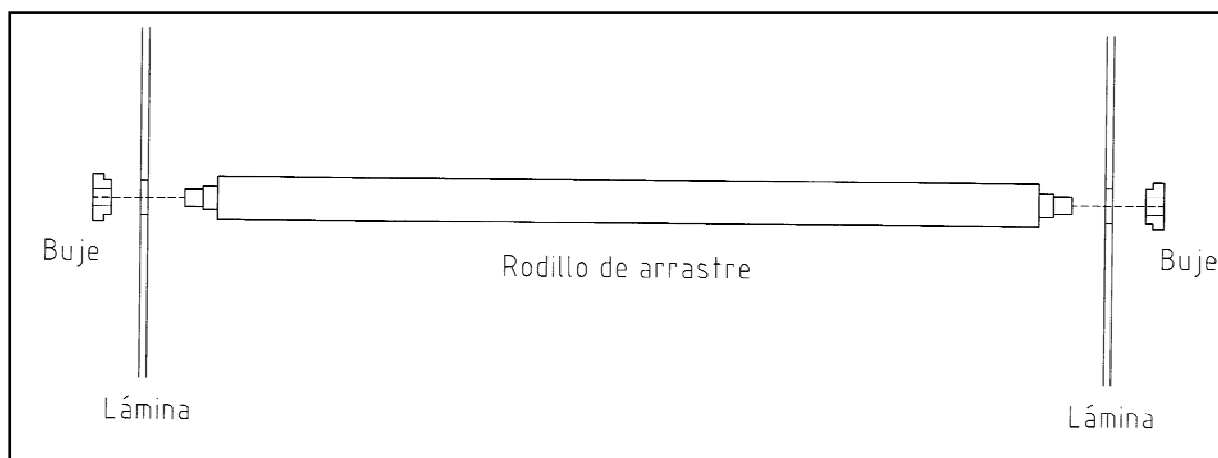


*Figura 5.1 Ensamble de la estructura y del contenedor de hojas*

## CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

Una vez armada la estructura y colocado el contenedor-alimentador de hojas, se colocó la matriz de impacto, fijándola con tornillos en los extremos de la misma.

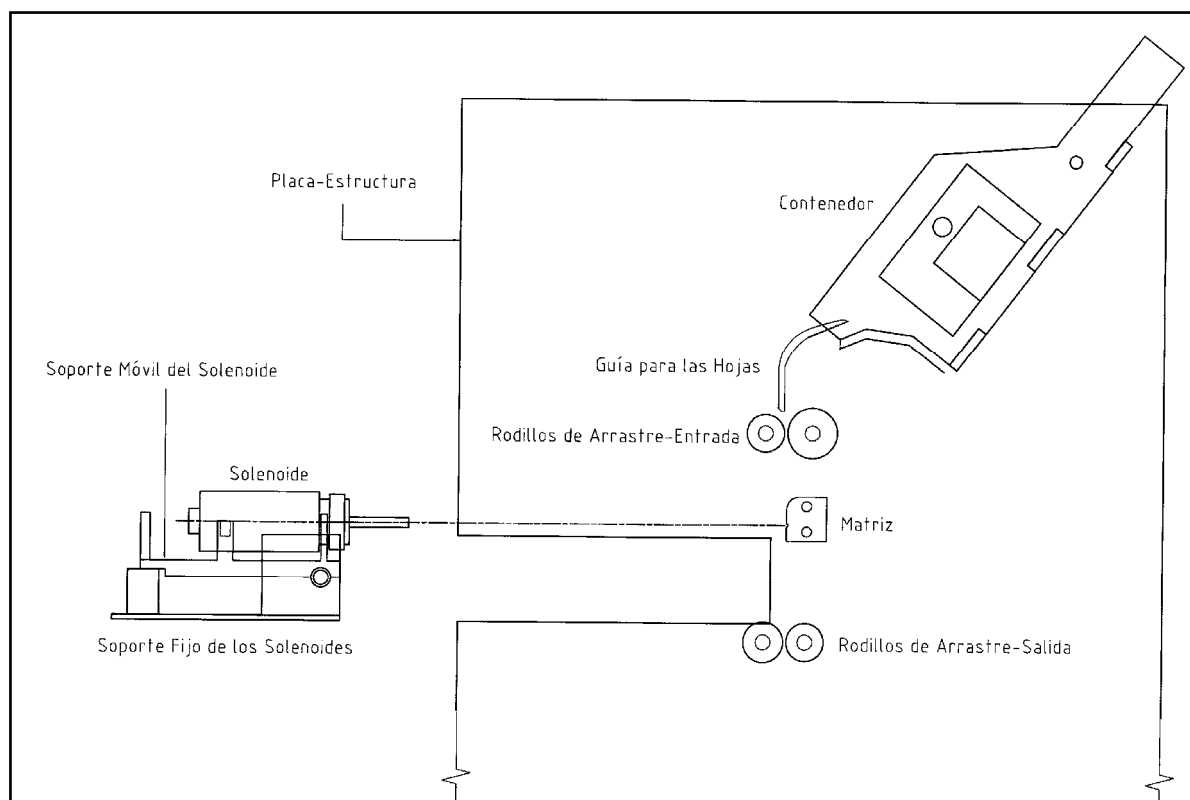
Posteriormente se colocaron los rodillos y se pasó un extremo cada rodillo por el orificio de la placa correspondiente, se acomodó cada rodillo en posición horizontal y se acoplaron los bujes en los extremos para que los ejes de los rodillos de arrastre puedan girar. Esta operación se llevó a cabo tanto en los rodillos de entrada como en los de salida.



*Figura 5.2 Ensamble del rodillo*

Asimismo, se colocó la guía de entrada de las hojas (ver Fig. 5.3) y se ajustó su posición, para permitir que la hoja que ha sido entregada por el sistema de gomas del contenedor llegue a los rodillos de entrada en una posición vertical y éstos logren arrastrarla para ser impresa manteniéndola en posición.

Posteriormente se hizo el ensamble de la base fija de los solenoides, la cual soporta la base móvil y a los solenoides mismos, cuidando su posición y alineación respecto a la matriz de impacto para evitar que peguen fuera de los orificios destinados al conformado.

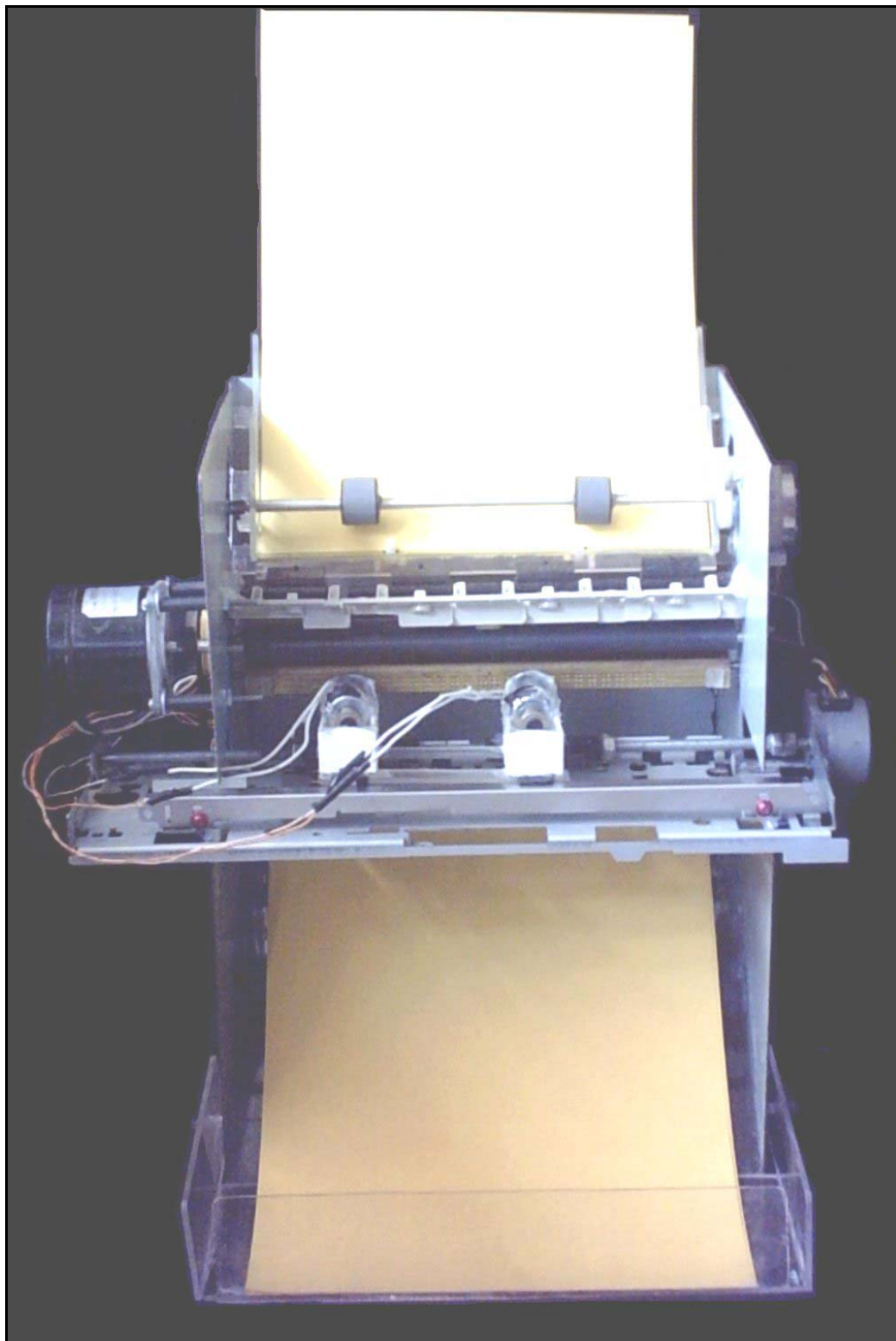


*Figura 5.3 Montaje de solenoides*

Finalmente se colocaron los motores que darán movilidad a los sistemas de impresión, alimentación de hojas y aquel que mueve los rodillos de arrastre en los espacios considerados para ello.

En este proceso se hizo uso de desarmadores, pinzas y el Moto tool.





*Figura 5.4 Prototipo Funcional*

### 5.3 PRUEBAS

Una vez ensambladas las piezas que conforman el prototipo funcional, se hicieron pruebas a cada sistema por separado para asegurar su buen funcionamiento.

Después de asegurar el funcionamiento individual de cada sistema se hicieron pruebas de los tres sistemas para comprobar que cada uno actuara a su tiempo, es decir que el arrastre de la hoja comience cuando la alimentación ha terminado y que la impresión comience cuando el posicionamiento de la hoja haya concluido; así como que la expulsión de la hoja comience cuando la impresión ha terminado.

Para el sistema de alimentación se hicieron pruebas para saber cuantos pasos del motor eran necesarios para que éste entregue una hoja y vuelva a quedar en posición para entregar la siguiente.

Al finalizar con las pruebas del sistema de alimentación se revisó que la hoja quedara en posición, mediante la colocación de la guía de hojas, para ser arrastrada por los rodillos.

Respecto al arrastre, se había utilizado una polea que hiciera que ambos pares de rodillos giraran al mismo tiempo, pero esto arrugaba la hoja por lo que se utilizó una polea más pequeña para el par de rodillos inferior y con esto se logró que la hoja no sólo no se arrugara sino que quedara ligeramente tensa para tener una mejor deformación y al mismo tiempo esto ayudó a que la hoja permaneciera pegada a la matriz evitando la pérdida de fuerza del punzón al tener que empujar la hoja hacia la matriz antes de poder embutirla.

En el sistema de impresión se hizo también un pequeño cambio ya que, debido a la configuración que se tenía, no se podían dar las distancias adecuadas para que los solenoides realizaran su trabajo así que, en vez de utilizar una banda dentada para mover los solenoides como se hizo en un principio, se utilizó un tornillo largo y una tuerca para cada una de las camas que soportan y transportan a los solenoides, obteniendo una distancia de avance menor por paso del motor.

## CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

---

Con estas modificaciones, la velocidad de impresión del prototipo es de 1.6 líneas por minuto aproximadamente, con el circuito que se presenta en la figura 5.5 y que fue desarrollado únicamente para probar el principio de funcionamiento del prototipo funcional por lo que se requiere la elaboración de un circuito que permita la comunicación con la computadora y la traducción de un archivo de texto a código Braille para enviarlo directamente a la impresora.

Es importante mencionar que todos estos cambios fueron simples ajustes del diseño y no afectaron a la configuración inicial, es decir, no hubo que hacer modificaciones de peso en el espacio o la configuración de ninguno de los sistemas.

A continuación se presenta el programa de cómputo empleado:

```
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>
#include<dos.h>
#include<conio.h>

int port=0x378;
int vel1=60;
int vel2=40;
int vel3=15;

void linea(int var);
void alimmot(int velocidad1, int distance1);
void movpagemot(int velocidad2, int distance2);
void movsolesmotcw(int velocidad3, int distance3);
void movsolesmotccw(int velocidad3, int distance4);
void sole1(void);
void sole2(void);

void main (void){
    clrscr();
    printf("inicio\n");
    getch();
    printf("alimentaciϕn\n");
    alimmot(vel1,13);
    printf("fin de alimentaciϕn\n");
    delay(1000);
    printf("posicionamiento\n");
    movpagemot(vel2,180);
    printf("fin de posicionamiento\n");
    delay(1000);
    clrscr();
    printf("inicia impresiϕn\n");
    delay(2000);
```

CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

---

```
linea(0);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(1);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(2);
movpagemot(vel2,10);
delay(2000);
linea(3);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(4);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(5);
movpagemot(vel2,10);
delay(2000);
linea(6);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(7);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(8);
movpagemot(vel2,10);
delay(2000);
linea(9);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(10);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(11);
movpagemot(vel2,10);
delay(2000);
linea(12);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(13);
movpagemot(vel2,4);
delay(2000);
linea(14);
delay(2000);
movpagemot(vel2,26);
sole2();
delay(2000);
movsolesmotccw(vel3,770);
printf("\nfin de impresin\n");
printf("salida de la hoja\n");
movpagemot(vel2,800);
printf("FIN");
getch();
```



## CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

```

        printf("G ");
        movsolesmotcw(vel3,39);
    }

    else{
        printf("p");
        movsolesmotcw(vel3,23);
    }
}
delay(3000);
movsolesmotccw(vel3,24);
printf(" pi\n");
}
else
{
    outportb(0x37a,0x00);
    while(l1>=l3)
    {
        if(a[reng][l2]==1)
        {
            sole1();
            printf("1");
            l1=l1--;
        }
        else
        {
            printf("0");
            l1=l1--;
        }
        if(a[reng][l1]==1)
        {
            sole2();
            l2=l2--;
        }
        else
        {
            l2=l2--;
        }
        y= div(l1,2);
        if((y.rem!=0)&&(l1<52)&&(l1>26))
        {
            printf("G ");
            movsolesmotccw(vel3,39);
        }
        else{
            printf("p");
            movsolesmotccw(vel3,23);
        }
    }
    delay(2000);
    movsolesmotcw(vel3,23);
    printf(" pd\n");
}

```

CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

---

```
    }  
  
void alimmot(int velocidad1, int distance1)  
{  
    outportb(0x37a,0x05);  
    while(distance1>=0)  
    {  
        outportb(0x378,0x03);  
        delay(velocidad1);  
        outportb(0x378,0x01);  
        delay(velocidad1);  
        outportb(0x378,0x00);  
        delay(velocidad1);  
        outportb(0x378,0x02);  
        delay(velocidad1);  
        distance1--;  
    }  
    outportb(0x37a,0x04);  
}  
  
void movpagemot(int velocidad2, int distance2)  
{  
    outportb(0x37a,0x06);  
    while(distance2>=0)  
    {  
        outportb(0x378,0x0C);  
        delay(velocidad2);  
        outportb(0x378,0x04);  
        delay(velocidad2);  
        outportb(0x378,0x00);  
        delay(velocidad2);  
        outportb(0x378,0x08);  
        delay(velocidad2);  
        distance2--;  
    }  
    outportb(0x37a,0x04);  
}  
  
void movsolesmotcw(int velocidad3, int distance3)  
{  
    outportb(0x37a,0x00);  
    while(distance3>0)  
    {  
        outportb(0x378,0x30);  
        delay(velocidad3);  
        outportb(0x378,0x10);  
        delay(velocidad3);  
        outportb(0x378,0x00);  
        delay(velocidad3);  
        outportb(0x378,0x20);  
        delay(velocidad3);  
        distance3--;  
    }  
}
```

CAPÍTULO V ENSAMBLE Y PRUEBAS

---

```
    outportb(0x37a,0x04);
    delay(1000);
}

void movsolesmotccw(int velocidad3, int distance4)
{
    outportb(0x37a,0x00);
    while(distance4>0)
    {
        outportb(0x378,0x00);
        delay(velocidad3);
        outportb(0x378,0x10);
        delay(velocidad3);
        outportb(0x378,0x30);
        delay(velocidad3);
        outportb(0x378,0x20);
        delay(velocidad3);
        distance4--;
    }
    outportb(0x37a,0x04);
    delay(1000);
}

void sole1(void)
{
    outportb(0x378,0x40);
    delay(1500);
    outportb(0x378,0x00);
    delay(1000);
}

void sole2(void)
{
    outportb(0x378,0x80);
    delay(1500);
    outportb(0x378,0x00);
    delay(1000);
}
```



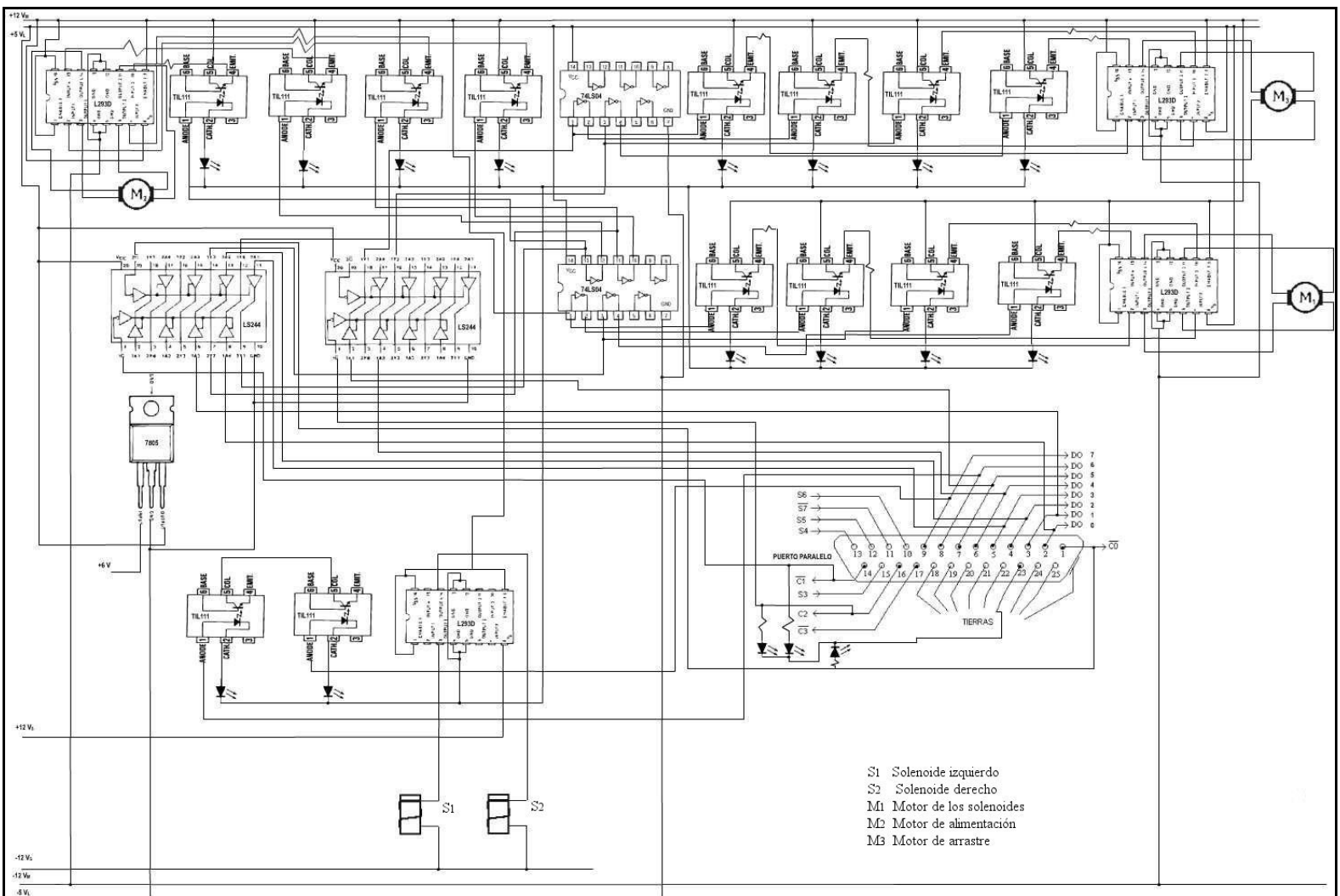


Figura 5.5 Circuito de prueba.

**CAPÍTULO VI**

**RESULTADOS Y**

**CONCLUSIONES**

## **6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **6.1 RESULTADOS**

Los resultados de las pruebas que se hicieron a los sistemas para conocer su funcionalidad tanto en forma individual como en conjunto, fueron satisfactorios logrando comprobar el principio de funcionamiento de nuestro diseño en el prototipo funcional.

De acuerdo al objetivo planteado para este proyecto, se obtuvieron los resultados esperados en el desarrollo del diseño de un prototipo que cumpla con los requisitos de proporcionar al usuario una maquina de fácil manejo, que no produzca un ruido excesivo y, sobre todo, que económicamente sea accesible para las personas a las que está destinada.

Se tuvieron que hacer ajustes en el sistema de impresión para lograr un mejor resultado, sin embargo se consiguió respetar el sistema que originalmente se había propuesto en el diseño, obteniéndose un buen desempeño del prototipo y una buena relación de trabajo entre los componentes de la impresora, a un bajo costo respecto a la oferta actual de las impresoras braille.

El espacio que ocupa el prototipo que se presenta no es mayor, en volumen, a impresoras laser y de color, existentes en el mercado actualmente lo cual es una ventaja más para el usuario ya que puede colocar dicha impresora casi en cualquier lugar.

La velocidad del presente aparato nos parece satisfactoria aún cuando no es la que se mencionó en las especificaciones del capítulo 4, sin embargo, ésta puede mejorar si el circuito electrónico y el programa que controlan los motores y solenoides son optimizados por especialistas del área de electrónica y computación.

La siguiente figura, muestra la hoja en código braille que se obtuvo del prototipo funcional de la impresora:



*Figura 6.1 En código Braille impreso con el prototipo funcional de la impresora:*

*Universidad Nacional  
Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Centro de Diseño y  
Manufactura*

## **6.2 CONCLUSIONES**

Con el seguimiento de la metodología tradicional del diseño y la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera, donde están incluidas técnicas de manufactura, se logró diseñar y fabricar un sistema de impresión de caracteres braille con el objetivo de aportar una propuesta que pueda tener seguimiento y ,en un futuro, se le puedan realizar mejoras con el fin de obtener un sistema mas eficiente a un costo competitivo, para que la mayor parte de la población ciega en el país pueda tener acceso a una impresora de código Braille.

Se obtuvo un diseño de una impresora Braille, cumpliendo con el primer objetivo de este trabajo, y asimismo, se logró fabricar un modelo para hacer las pruebas donde se observó que el principio de funcionamiento del diseño propuesto satisfizo los requerimientos planteados, en conjunto con el circuito electrónico para el control de los componentes.

El desempeño del prototipo funcional es bueno, obteniendo líneas impresas en código Braille de una forma sencilla y amigable para el usuario. Su velocidad de impresión es muy baja en comparación con las velocidades que actualmente manejan las impresoras comerciales, aún la más sencilla, sin embargo debemos señalar que esta velocidad fue obtenida con el circuito y sistema de control que se muestran en el capítulo anterior, y que no es el definitivo. Tomando en cuenta la capacidad de respuesta de los solenoides y motores, es muy probable que utilizando un circuito electrónico diseñado específicamente para el control de esta impresora y su comunicación con la computadora, se llegue a una velocidad de 8 líneas por minuto, haciendo más atractivo su desempeño.

Este programa y sistema electrónico para el control de la impresora, fueron desarrollados para comprobar el funcionamiento del prototipo, y es posible su optimización para el aprovechamiento de las capacidades de la impresora por los sistemas de control.

Deseamos, con este trabajo, sentar un precedente para que se desarrollen nuevos diseños y sistemas de impresión de textos en sistema braille aprovechando los adelantos de la tecnología y la facilidad de acceso a los componentes. Esperamos un seguimiento en futuros trabajos para actualizar los sistemas y una vez optimizados, su posible introducción ya como un producto de mercado. Esto con la finalidad de proporcionar a los ciegos en nuestro país, herramientas para su desarrollo personal, escolar y en muchos casos profesional.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. DIETER, George  
"Engineering Design"  
Mc Graw-Hill  
E.E.U.U., 1983
2. NFM ROOZENBURG J. Eekels.  
Product design: Fundamentals and methods.  
Ed. Wiley and Sons Ltd.  
Great Britain 1995.
3. OROS, Juan Carlos y Montes.  
Impresoras: Matriciales, chorro de tinta y láser.  
Paraninfo.  
Madrid, 1991.
4. OCHAÍTA Esperanza.  
Lectura braille y procesamiento de la información táctil.  
Instituto Nacional de Servicios Sociales.  
Madrid, 1988.
5. PAHL, G.; BEITZ, W.  
"Engineering Design, a systematic approach"  
The Design Council  
Londres, 1988
6. SALGADO, Enrique  
Semiología neuro-oftalmológica en la práctica.  
1926.

---

## REFERENCIAS

- [1] Base de datos del Simbad (INEGI), año 2000.
- [2] [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo\\_IV/archivospdf/22prev\\_ceguera.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/archivospdf/22prev_ceguera.pdf)
- [3] Webster's New Collegiate Dictionary
- [4] Engineering Design a systematic approach, G. Pahl, W. Beitz, Ed. The Design Council, United Kingdom 1988, pp. 57, 166.
- [5] ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA ATENCIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL  
Institución de Asistencia Privada Calle de Psi, N° 15 - locales F, G y H bis; Col. Romero de Terreros, Delegación Coyoacán. México, Distrito Federal

## PÁGINAS DE INTERNET

1. <http://www.fbraille.com.uy/alfabeto/>
2. <http://www.asac.org.ar/CodigoBraille/codigobr.htm>
3. [http://www.cirugiaocularcr.com/faq\\_retinopatia.htm](http://www.cirugiaocularcr.com/faq_retinopatia.htm)
4. [http://www.msd.com.mx/content/corporate/press/mx\\_glaucoma/mx\\_tenotencia01.html](http://www.msd.com.mx/content/corporate/press/mx_glaucoma/mx_tenotencia01.html)
5. <http://www.snof.org/histoire/hauy.html>
6. C:\Documents and Settings\Alethya\Escritorio\ale\ImpresoraBraille\internet\((SIMBAD)-Total-Por Entidad.htm