



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ESMERILADORA DE VIDRIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

FERNANDO BECERRIL NAVARRETE



DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ULISES M. PEÑUELAS RIVAS

MÉXICO D.F.

Octubre de 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## AGRADECIMIENTOS

*A mí madre por sus consejos, su compañía y el gran apoyo moral que  
contribuyó a mí formación.  
Y a Gloria por ser parte fundamental de mi vida y un gran apoyo para terminar  
la carrera.*

## Índice

	Página
I. Introducción.....	1
II. Problema.....	2
III. Objetivo.....	3
1. Antecedentes del proceso.....	4
2. Descripción de la máquina.....	12
2.1. Operación de la máquina.....	17
3. Descripción del sistema de control.....	18
4. Etapa de potencia.....	21
4.1. Señales de control.....	21
4.2. Tipos de actuadores.....	22
4.3. Selección de los elementos de la fase de potencia.....	32
5. Medición y acondicionamiento de señales.....	37
5.1. Acondicionamiento del encendido de motores.....	44
6. Interfase usuario máquina.....	45
7. Control principal.....	50
Conclusiones.....	52
Anexo 1: Programa del microcontrolador 1.....	53
Anexo 2: Programa del microcontrolador 2.....	72
Anexo 3: Diagramas.....	79
Bibliografía.....	87
Anexo 4: Hojas de especificaciones.....	88

## I. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se describe a detalle el proceso de diseño, fabricación e implementación de un sistema de control automático para una máquina esmeriladora de vidrio. Dicha máquina fue mostrada en una visita realizada a una microempresa dedicada a la realización de procesos de vidrio, tales como biselados, pulidos, canteados y esmerilados.

La máquina a la cual refiere esta tesis fue fabricada en la misma empresa de procesos de vidrio, con el fin de llevar a cabo su tarea de la mejor forma posible. La operación de la misma se realizaba sólo de forma manual, un operador se colocaba frente a ella y apretaba los botones de encendido de los motores secuencialmente según se estuviera llevando a cabo el proceso. Al observar esto durante la visita, se le propuso al dueño de la microempresa la automatización del proceso, lo cual fue aceptado con agrado.

Así que a continuación se describe, brevemente, cómo se fue realizando el proceso. En el primer capítulo se hace una recopilación de los antecedentes del proceso de esmerilado de vidrio, desde quien lo inventó hasta qué es lo más avanzado con respecto a este. En el segundo capítulo se presenta una descripción detallada de la máquina a la cual se le realizó el sistema de control automático.

En el tercer capítulo se describe como está configurado el sistema de control; el cual está dividido en diferentes subsistemas, para cada uno de ellos se designa un capítulo con el fin de detallarlos lo mejor posible. El capítulo cuatro se refiere a la fase de potencia, es decir, al acoplamiento entre las señales de control y los diferentes actuadores con los que cuenta la máquina.

El capítulo cinco se refiere al modulo de medición y acoplamiento de señales, en donde se describen los sensores utilizados y la forma en que estos se conectaron con el microcontrolador central. En el capítulo seis se describe la interfase entre el usuario y la máquina, el eslabón con el cual el operador puede comunicarse y dar las instrucciones para que el proceso se lleve lo más apegado posible con los requerimientos de cada pieza.

En el capítulo siete se habla del control principal, es decir, el que realmente lleva acabo las rutinas que la máquina sigue para realizar su tarea. Y, por último, se tienen las conclusiones acerca de qué beneficios se observan en el proceso una vez instalado el sistema de control.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de esmerilado se llevaba a cabo en una cabina en donde se introducía el obrero y esmerilaba como si estuviera pintando. Este método no era muy apropiado, ya que ponía en riesgo la salud del obrero que estaba en constante contacto con la gran cantidad de polvo desprendido durante el proceso; asimismo, esta gran cantidad de polvo, en la cabina de esmerilado, disminuía la visibilidad y con ésta la calidad del proceso, lo que provocaba un vidrio esmerilado de mala calidad y una producción lenta.

Posteriormente, la microempresa incorporó una máquina similar en su apariencia a una fabricada en Italia por la marca Fratelli-Pezza, cuyos mecanismos fueron diseñados y fabricados por dicha microempresa, esta máquina carecía de un sistema de control automático, por lo que, era manejada manualmente: el operador se colocaba frente a ella y se encargaba de apretar los botones que encienden los motores de avance del vidrio y desplazamiento de las boquillas esmeriladoras.

Sin embargo, los costos de operación resultaban elevados debido a varias razones. Se tenía un operador dedicado sólo a este proceso que podía ser de hasta 8 horas seguidas. Debido a la gran cantidad de tiempo y lo monótono del trabajo el operador cometía errores a causa del aburrimiento, provocando rupturas en partes esenciales de los mecanismos como son las flechas o motores quemados; esto traía como consecuencia que la máquina tuviera mucho tiempo muerto por mantenimiento correctivo. Debido a las exigencias de la actualidad, los clientes requieren mayor calidad del producto terminado y en un menor tiempo, eso sin contar que se requiere minimizar los costos de operación, y debido al aumento de la competencia es cada vez más difícil mantener el proceso con un costo bajo.

El problema para una microempresa como esta es que al no poder adquirir una máquina con control numérico, debido a su alto costo, pierde clientes y les es imposible competir con otras grandes empresas que sí cuentan con recursos económicos. Debido a esta situación empresas pequeñas tienden a desaparecer y acaparan el mercado grandes empresas transnacionales. Por lo anterior resultaba necesario implementar un sistema de control automático que corrigiera los problemas señalados y que estuviera al alcance de microempresas como esta.

### III. OBJETIVO

Diseñar y construir un sistema de control automático para una máquina esmeriladora de vidrio; además, de mantener y mejorar el control manual de la misma.

Objetivos específicos:

- Tener un costo accesible.
- Ser un control robusto para que pueda trabajar en las condiciones del lugar.
- Ser lo suficientemente durable para poder trabajar al ritmo que se necesita que es de, aproximadamente, 8 horas diarias.
- Tener una interfase usuario-máquina sencilla<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Lo que se pretende es que cualquier persona pueda comprender y seguir el menú de instrucciones sin necesidad de ser un técnico.

## 1. ANTECEDENTES DEL PROCESO

El vidrio es uno de los materiales más utilizados en nuestros tiempos. Debido a su naturaleza cristalina y sus propiedades mecánicas está presente en todos los entornos en donde existan personas, desde obras civiles hasta medios de transporte. No todos los vidrios son exactamente iguales, si bien su componente principal es el mismo, este adquiere propiedades especiales debido a su forma, tamaño y a los procesos a los que haya sido sometido; así se tienen en las casas vidrios muy frágiles que se pueden romper con un simple impacto hasta vidrios blindados en los automóviles o vidrios en las cabinas de los aviones, que resisten grandes presiones de aire a gran velocidad sin afectar su integridad.

El principal ingrediente en casi todos los vidrios es la sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y forma parte de los minerales de cuarzo, de la arenisca y la arena sílica. El cuarzo se encuentra en la naturaleza como una sustancia cristalina, cuando se funde y se enfría forma la sílice vítrea. El vidrio de sílice tiene un coeficiente de expansión muy bajo y es, por tanto, resistente al choque térmico; estas propiedades son ideales para aplicaciones a temperaturas elevadas, por consiguiente, el pyrex y los utensilios de laboratorio, diseñados para calentar, se fabrican con altas proporciones de vidrio de sílice.<sup>1</sup>

El vidrio no es una exclusividad de nuestros tiempos a existido desde tiempos muy remotos. Los especímenes más antiguos datan de alrededor del 2500 a.C., se encontraron en Mesopotamia y Egipto, éstos consisten en artesanías de escultura en vidrio sólido. Transcurrieron miles de años para que se descubriera el proceso de soplado de vidrio. El soplado de vidrio se ejecutó por primera vez en Babilonia y más tarde en Roma. Los antiguos romanos mostraron gran habilidad en el uso de varios óxidos metálicos para colorear los objetos de vidrio; su tecnología es evidente en los vitrales coloreados de las catedrales e iglesias del medievo en Italia y el resto de Europa. Hoy en día se sigue practicando la técnica del vidrio soplado para artículos de consumo y se usan versiones automatizadas del proceso para fabricar envases de vidrio y bombillas para lámparas incandescentes.<sup>2</sup>

Como se mencionó en el párrafo anterior, el vidrio no sólo es utilizado para ventanas, también para una infinidad de artículos de consumo y para diferentes manifestaciones artísticas como los vitrales.

Existen una gran cantidad de procesos a los que puede ser sometido el vidrio, los más comunes son cortados, perforado, templado, emplomado, biselado, pulido o esmerilado, además existen otros procesos que son más sofisticados. En el presente trabajo sólo nos enfocamos a un proceso que es el esmerilado de vidrio. Este proceso es utilizado para opacar el vidrio y defractar la luz que pasa a través de él. Los vidrios esmerilados tienen una gran demanda en el

---

<sup>1</sup> **Groover**, Mikell P., *Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas*, Ed. Prentice Hall, México, 1997

<sup>2</sup> *Ibidem*

mercado actual, ya que son utilizados para el decorado de diferentes recintos, dentro de casas habitaciones como la sala, la cocina y el baño. Algunas empresas, los utilizan para imprimir sus logotipos o nombre de la empresa en bajo relieve en los vidrios colocados dentro de la misma.

Mediante este proceso también se realizan decorados muy sofisticados para recintos importantes como hoteles, restaurantes, etc. Este método de decorado es más barato que un vitral, por ejemplo, y se obtienen también obras de gran valor estético.

En la figura 1.1 se muestra la puerta de entrada a un colegio, en donde el logotipo esta pintado, pero el fondo del vidrio se encuentra esmerilado.



Figura 1.1 Puerta de entrada a colegio

En la figura 1.2 se muestra una división en un restaurante mediante madera y vidrio esmerilado.



Figura 1.2 División en madera y vidrio

La figura 1.3 nos muestra una mampara de baño, realizada mediante la técnica de esmerilado de vidrio con máscara de vinil, mostrada en una exposición de una tienda de decoración.



Figura 1.3 Mampara de baño

Las figuras anteriores nos muestran sólo algunos ejemplos de trabajos realizados mediante la técnica de vidrio esmerilado; como mencionamos anteriormente se pueden realizar trabajos con bastante calidad estética, de una forma relativamente simple e incluso automatizada. Diferente a la técnica de vitrales, la cual es más costosa, su elaboración lleva tiempo y es un proceso que no se puede automatizar, ya que cada vitral, es totalmente diferente y son en verdad obras de arte.

Los métodos para el opacamiento del vidrio y dar el aspecto que hoy se conoce como esmerilado ha ido cambiando a lo largo de la historia. El proceso se ha realizado de diferentes formas y aquí se mencionan algunas de las técnicas investigadas en orden de complejidad.

Una técnica muy sencilla por su poca sofisticación y que no requiere inversión consiste en frotar dos superficies de vidrio una contra la otra, agregando esmeril en polvo entre ellas; esta técnica si bien es sencilla en su realización, no es rentable por el esfuerzo físico que implica, la baja producción y una calidad muy variable en cada vidrio. Esta técnica es utilizada hoy en día en pequeños talleres.

El inventor de la técnica más utilizada y aceptada como la mejor hasta el momento es de Benjamín C. Tighman. Nacido en Philadelphia el 26 de octubre de 1821. Estudió en la Universidad de Bristol y más adelante en la Universidad de Pennsylvania en donde se graduó en leyes en 1839, profesión que nunca ejerció. Participó en el ejército durante la guerra civil americana como coronel y comandante de la 29a infantería voluntaria de Pennsylvania.

La leyenda cuenta que mientras participaba en el ejército, durante su estancia en el desierto, observó el efecto que causaba la arena y el viento, sobre el armamento que llevaba, esto lo inspiró para la invención del *sandblast*. Alrededor de 1870 inventó el proceso de *sandblast* y lo patentó en USA, (patente 104.408 en USA) detallando muchos de los usos para los cuales esta técnica servía, no solamente para el esmerilado de vidrio, sino también para remover toda clase de impurezas o recubrimientos de algunos materiales y prepararlos para la aplicación de nuevos recubrimientos, una vez limpiados por el proceso de *sandblast*.

Ese mismo año su patente fue publicada en el Reino Unido. Fue reconocido en 1871 en la 40ª exposición del Instituto Americano de la ciudad de Nueva York y le concedieron la medalla de honor por su invención. Poco después el Instituto Franklin también le concedió un reconocimiento.<sup>3</sup>

La palabra *sandblast* proviene del vocablo en inglés *Sand* (arena) y *Blast* (presión), es decir, arena a presión. El proceso no necesariamente emplea arena para su funcionamiento, por lo que, actualmente se puede definir como sistema de sopleteo con chorro de abrasivos a presión.

El dispositivo inventado por Benjamín C. Tilghman ha sido modificado a través del tiempo, pero el principio de funcionamiento es el mismo. En México este sistema comenzó a aplicarse, aproximadamente, en la década de los 50's siendo la gran mayoría de los equipos utilizados de importación.<sup>4</sup>

En el caso del esmerilado de vidrio se realiza con arena sílica, la cual es lanzada a presión sobre la superficie del cristal, provocando el desprendimiento de pequeñas partículas y opacando la superficie al mismo tiempo. Mediante mascarar de vinil adherible al vidrio, se pueden lograr diseños donde se combinan zonas de transparencia y opacidad, así como distintas profundidades resultando un cristal de bella apariencia.<sup>5</sup>

A continuación se hace una descripción paso a paso de los puntos más importantes de la técnica de esmerilar una figura en un cristal:

- 1) El diseño o dibujo que se va a realizar se deberá tener completamente definido.
- 2) El cristal sobre el cual se hará el grabado deberá de cubrirse o enmascararse completamente con un material que se adhiera perfectamente y que no se dañe al recibir el impacto de la arena.
- 3) El diseño deberá de ser dibujado sobre la cinta adherida en el cristal y con una navaja se delimitan los contornos del dibujo para poder ir desprendiendo la cinta, esta operación se repite a medida que se trabajan las figuras de distinta profundidad.
- 4) La primera cinta a retirar será aquella donde el dibujo habrá de tener más profundidad y donde se aplicará el chorro de arena a una presión de entre  $7 \text{ kg/cm}^2$  ( $100 \text{ lb/pulg}^2$ ) y  $10.55 \text{ kg/cm}^2$  ( $150 \text{ lb/pulg}^2$ ). Posteriormente, se repetirá el proceso con las siguientes partes del dibujo, hasta terminarlo. De esa manera, se logra dar una sensación tridimensional al diseño gracias a las diferentes profundidades en que se ha realizado; habrá que considerar sólo una precaución en el caso de cristal templado de menor espesor, donde el acabado *sandblast* no puede ser profundo, pues se llegaría a la fractura.

---

<sup>3</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin\\_Chew\\_Tilghman](http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Chew_Tilghman), consultado el 17/06/07

<sup>4</sup> [www.chipaxa.com](http://www.chipaxa.com), consultado el 15/06/07

<sup>5</sup> [www.Vitro.com](http://www.Vitro.com), consultado el 6/06/07

5) Finalmente, se retirará la cinta de las áreas que queden lisas y brillantes procediendo, por último, a limpiar la pieza.

El equipo necesario para trabajar el proceso de *sandblast* consiste en un compresor de aire, tanque de arena sílica, pistola de aire y un caballete para colocar el cristal. Todo esto requiere de una instalación que sea segura para el operador. Se recomienda la construcción de una cabina cerrada donde habrá de colocarse el cristal; esta cabina debe tener una mirilla para observar la operación, con dos aberturas donde el operador pueda introducir sus manos y tomar la pistola de presión con la se realiza el grabado.

El operador deberá de protegerse con guantes, lentes de seguridad y mascarilla. Siendo la cabina un lugar cerrado, la arena no se dispersa y es posible recuperarla para trabajarla una y otra vez, asegurando también la salud del operador.<sup>6</sup>

En el mercado existen varias marcas de cabinas para esmerilado de vidrio, que ya cuentan con todo lo necesario para realizar el proceso, incluyendo hasta extractores de polvo para evitar que la visibilidad dentro de la cabina pueda disminuir o llegue a ser nula.

En las siguientes figuras se tienen diferentes máquinas para esmerilado.

En la figura 1.4 se observa claramente la mirilla para que el operador observe el trabajo que se está realizando en el interior.



Figura 1.4 Cabina de esmerilado manual

En la figura 1.5 se observa el sistema de absorción de polvos en la parte posterior de la cabina y del lado izquierdo de la cabina se observa el depósito en donde se encuentran los filtros de polvo, para sacar el aire lo más limpio posible.

---

<sup>6</sup> *Ibidem*



Figura 1.5 Vista posterior de una cabina de esmerilado

En la figura 1.6 se observa una cabina de esmerilado sencilla vista de frente, en ella se puede ver la mirilla en la parte superior, los orificios para meter las manos en la parte frontal y el pedal en el piso para activar el chorro de arena.



Figura 1.6 Cabina de esmerilado vista de frente

Como podemos observar en las figuras anteriores se muestran diferentes cabinas de esmerilado, todas se parecen entre ellas y constan, prácticamente, de los mismos elementos. Una peculiaridad son sus dimensiones, ya que en

éstas sólo se pueden esmerilar vidrios de dimensiones pequeñas u otros objetos como vasos, tazas, etc.

Para el esmerilado de vidrio plano de dimensiones mayores, algunas empresas optan por la construcción de sus propias cabinas de esmerilado, en donde simplemente tienen un caballete para soportar el vidrio y dentro de la cabina se encuentra el operador, con un dispositivo que consta de un recipiente que contiene el esmeril y una pistola para atomizarlo. El trabajo del operador en este caso es más complicado, ya que al no tener forma de recuperar el esmeril automáticamente cada determinado tiempo el operador detiene el proceso para recoger el esmeril del piso y vaciarlo al recipiente. El operador está provisto de un traje especial que lo cubre totalmente con un casco provisto de una manguera que sale de la cabina de esmerilado por la cual puede respirar.

En la figura 1.7 y 1.8 se muestran dos dispositivos que se utilizan para esmerilar de esta forma, constan de un recipiente en forma de cilindro y la boquilla para ser manipulada por el operador. Estos dispositivos son vendidos en México por la empresa Bavelloni y fabricados por la marca italiana Fratelli Pezza.



Figura 1.7. Sander FP 101



Figura 1.8 Marker 101

La empresa Fratelli Pezza se dedica actualmente al desarrollo y fabricación de máquinas arenadoras tecnológicamente avanzadas. Ubicada en Clusone Italia, desde 1980, distribuye en todo el mundo sus máquinas con sistemas patentados. Al ser una empresa que sólo se dedica a la fabricación de arenadoras se mantienen en la vanguardia, dotando a sus máquinas de los elementos más modernos existentes, tal es el caso de las máquinas arenadoras automáticas provista de un control numérico.

En la figura 1.9 se muestra la máquina más moderna de control numérico producida por Fratelli Pezza.



Figura 1.9 Mistral 260V

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Para iniciar el desarrollo de un sistema de control lo más importante es conocer a detalle la planta, tanto físicamente como en su funcionamiento. En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la máquina esmeriladora de vidrio.

La máquina cuenta físicamente con las siguientes partes:

1. Cabina de esmerilado
2. Base transportadora de placa de vidrio
3. Sistema de recuperación de polvos
4. Extractor de polvos

La cabina de esmerilado es la parte principal de la máquina, consiste en un habitáculo de 3 m de altura, 1.5 m de largo y 1.5 m de ancho. Cuenta con dos aberturas laterales que permiten el paso de las bandas transportadoras hacia el interior de la cabina, por un lado, ingresa el vidrio transparente y, por el otro lado, la hoja sale con el acabado.

La cabina está construida en toda su estructura por PTR de 3/16" de 2X2" y recubierta por láminas de alucobon (lámina de aluminio con hule intermedio).

En el frente de la máquina se dispone de un espacio en donde se aloja un cajón con los circuitos eléctricos necesarios para encender los motores que mueven los diferentes mecanismos.

En la figura 2.1 se muestra la cabina con la puerta abierta, en ambos lados se encuentran los caballetes encargados de soportar el vidrio; en la parte inferior de los caballetes, se observan las bandas dentadas con los baleros que sostienen el vidrio durante todo su recorrido.



Figura 2.1 Cabina de esmerilado

La cabina cuenta con dos sellos de hule ubicados en la entrada y salida del vidrio, su función es permitir el paso de éste lo más libremente posible, pero no permitir el paso del esmeril y el polvo generado hacia el exterior.

En la parte frontal de la cabina se encuentra una puerta que da acceso a las partes internas de la máquina; asimismo, cuenta con una ventana que permite visualizar cómo se va realizando el esmerilado.



Figura 2.2 Puerta de la cabina

Los motivos más importantes para la existencia de la cabina son dos: primero, aislar el proceso lo más posible del exterior, para así no poner en riesgo la salud del operador; la segunda, albergar todos los elementos necesarios para realizar el trabajo, ya que en ella están montados todos los mecanismos y, por lo tanto, sirve también como soporte principal. Sin mencionar que el hecho de tener aislado el proceso permite la recuperación automatizada del esmeril que entre más eficiente sea más rentable se vuelve el proceso.

Dentro de esta cabina se encuentran:

- Boquillas esmeriladoras. El proceso del esmerilado de vidrio se lleva a cabo mediante la colisión de polvo de esmeril atomizado a alta velocidad contra la superficie del vidrio. Las boquillas son de carburo de tungsteno para que resistan el paso de la mezcla de esmeril y aire a alta presión (8 *bar*). Las tres boquillas se encuentran alineadas en una misma estructura de forma paralela con el plano horizontal; el operador tiene la posibilidad de encender independientemente cada boquilla y moverlas en un mismo montaje verticalmente, lo que permite trabajar con vidrio de distintas alturas.

En la figura 2.3 se muestra, del lado izquierdo, una boquilla esmeriladora y, del lado derecho, el portaboquilla.



Figura 2.3 Boquilla a la izquierda y porta boquilla a la derecha

Para que el sistema de boquillas funcione se tiene un arreglo de mangueras conductoras de aire y de mangueras de absorción de esmeril. Las mangueras conductoras de aire entran desde el exterior de la máquina con el fluido a presión, y las mangueras de absorción se encuentran conectadas a unos tubos colocados en un receptáculo situado en la parte inferior de la máquina, éstos se encargan de absorber el esmeril y mandarlo hasta las boquillas. Este proceso es posible debido a la baja presión que genera el aire al pasar por las boquillas a alta velocidad, de este modo se absorbe el esmeril.

En la figura 2.4 se observan las mangueras conductoras de esmeril en la parte superior de las boquillas y las mangueras conductoras de aire en la parte inferior. En la figura 2.5 se observan los tubos de absorción de esmeril, estos son los que van sumergidos en la charola de esmeril.



Figura 2.4 Montaje de boquillas

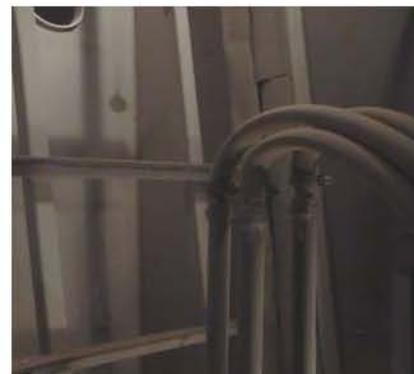


Figura 2.5 Tubos de absorción de esmeril

En la figura 2.6 se muestra un porta boquillas el cual posee un orificio en la parte posterior, por el cual entra el aire; en la parte superior se observa otro orificio de mayor diámetro por el cual el esmeril es absorbido.



Figura 2.6 Porta boquillas

- Extractor de polvo. Al momento en que el esmeril impacta con el vidrio, éste se desgasta soltando un fino polvo, las partículas al ser tan pequeñas y con la cabina inyectando aire a alta presión buscan cómo salir y se vuelve un factor de riesgo para la salud del operador de la máquina al ser respirado. Por lo que, es importante que el extractor de polvo este funcionando desde el inicio del esmerilado. El sistema de extracción de polvo tiene filtros, cuyo fin es sacar el aire lo más limpio posible; el sistema de filtros consta de una pequeña cabina, situada en la parte posterior de la cabina de esmerilado, a donde es llevado todo el polvo, una vez ahí existe una presión negativa que succiona el aire hacia el exterior y en la salida del aire se localizan los filtros, impidiendo así la salida del polvo.

En la figura 2.7 se muestra la cabina de recolección de polvos con la puerta abierta, dentro de ella se observa el filtro colocado en forma vertical. Es importante mencionar que el polvo no cae dentro del filtro en forma de bolsa, sino afuera y el aire que pasa al interior de la bolsa se filtra al entrar a ella para posteriormente ser sacado hacia el exterior de las instalaciones, mientras tanto el polvo se recolecta en una charola que se encuentra sobre el piso de la cabina de polvos, la puerta cierra casi herméticamente para no ocasionar contaminación en el ambiente de trabajo.

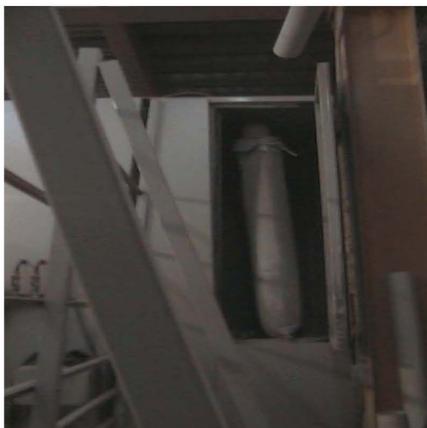


Figura 2.7 Cabina y filtro de polvos

- Sistema de recolección de esmeril. En la parte inferior de la cabina se encuentra un recipiente en forma de embudo, en donde se deposita el esmeril y de ahí es absorbido nuevamente por el sistema de boquillas para ser reutilizado. Para evitar el apelmazamiento del esmeril la tina tiene un sistema de vibración que facilita que el esmeril baje para poder ser absorbido. En la figura 2.8 se observa el recipiente de donde los tubos absorben el esmeril.



Figura 2.8 Receptáculo de esmeril y tubos de absorción

- Base transportadora de placa de vidrio. Cuenta con dos caballetes encargados de soportar y orientar la hoja de vidrio durante el esmerilado e ingresarlo y sacarlo de la cabina. El movimiento del vidrio a través de la base se realiza por medio de bandas dentadas y el sistema de soporte del vidrio en la parte inferior se hace por medio de baleros, como se puede observar en la figura 2.9.



Figura 2.9 Banda transportadora de placa de vidrio

## 2.1. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

El proceso de operación de la máquina consiste en montar el vidrio en la banda transportadora del lado derecho, se avanza el vidrio hasta posicionar el inicio de éste justo frente a las boquillas, en ese momento el operador enciende el chorro de esmeril, el mecanismo de vibración, el mecanismo de absorción de polvos y comienza a realizar el esmerilado. Mediante una palanca *switch* de intercambio de fases enciende el motor que mueve el mecanismo vertical para la elevación de las boquillas hasta el extremo superior del vidrio, el siguiente paso consiste en avanzar el vidrio aproximadamente dos centímetros, que es el ancho de abanico proporcionado por las boquillas; mediante un botón pulsador enciende el motor que mueve el mecanismo de desplazamiento horizontal de bandas dentadas. El siguiente paso es desplazar las boquillas mediante su mecanismo de traslado hasta la parte inferior del vidrio y nuevamente se vuelve a desplazar el vidrio horizontalmente dos centímetros, así sucesivamente hasta terminar completamente la placa de vidrio. En el momento de terminación el operador apaga los dispositivos de chorro de arena, absorción y vibración.



Figura 2.10 Operador trabajando

Al analizar a grosso modo el sistema tiene un funcionamiento parecido a una mesa de coordenadas, en donde el posicionamiento del órgano terminal (boquillas) se da a lo largo del eje Y, mientras que la posición X la otorga el movimiento del material a través de la cabina. Un ejemplo, de dispositivo automático que funciona de manera parecida es la impresora de inyección de tinta en donde la posición X se da a partir del movimiento del carro de impresión y la posición Y el movimiento del papel con ayuda del rodillo.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control está formado por diferentes subsistemas unidos, cuyo fin es controlar las salidas de un proceso. <sup>1</sup> El caso que nos ocupa es diseñar un control para una máquina esmeriladora de vidrio, a continuación se describen de forma breve los subsistemas con los que contará éste.

En un sistema de control es necesario tener una comunicación eficiente entre el operador y la máquina, ya que si este se lleva a cabo perfectamente, existe la posibilidad de tener el proceso controlado. Lo más importante para el usuario es poder dar instrucciones a la máquina y que ésta realmente las realice, esto es imposible si la máquina tiene un sistema deficiente de comunicación con el usuario, así que uno de los subsistemas es la *interfaz usuario máquina*.

La parte central del sistema de control esta dada por un microcontrolador, encargado de obtener la información proveniente de la interfaz usuario-máquina y de la información proveniente de los sensores; con base en ello, el microcontrolador ejecuta las rutinas programadas y manipula los actuadores como se requiera para cumplir satisfactoriamente con el proceso. A este subsistema se le llama *control principal*.

Un subsistema muy importante para llevar a cabo un sistema de control en lazo cerrado es el constituido por los sensores. Debido a que las señales de éstos pueden no ser lo suficientemente limpias para entrar al control principal se acondicionan de tal forma que sean seguras para ser recibidas por el microcontrolador. A este subsistema le llamamos *módulo de medición y acondicionamiento de señales*.

Finalmente, ya que el sistema central emitió las señales de control, éstas no sirven directamente para encender los actuadores, así que se debe tener un acoplamiento entre el subsistema central y los actuadores, a este acoplamiento se le llama *etapa de potencia*. Su función es ser excitado por la señal de control y mandar la energía necesaria a los actuadores

Los subsistemas de control se dividieron de la siguiente manera, se enumeran en orden en que fueron realizados:

1. Etapa de potencia
2. Módulo de medición y acondicionamiento de señales
3. Interfase usuario-máquina
4. Control principal

Es importante mencionar que cada subsistema fue diseñado para trabajar independientemente y poderse acoplar en su momento a los demás. Esta forma de trabajo es conveniente porque se fueron probando por separado cada

---

<sup>1</sup> Nice, Norman S., *Sistemas de control para ingeniería*, Ed. CECOSA, México, 2006

subsistema, corrigiendo las fallas y rediseñando las partes que no cumplían con los requerimientos. Una vez realizados todos los subsistemas se acoplaron para trabajar en conjunto. Es por eso que el control principal fue el último en realizarse porque para realizar las pruebas necesarias, este sí requiere de los demás subsistemas, diferente a la etapa de potencia, por ejemplo, que puede funcionar en forma manual sin necesidad de contar con un sistema automático de control.

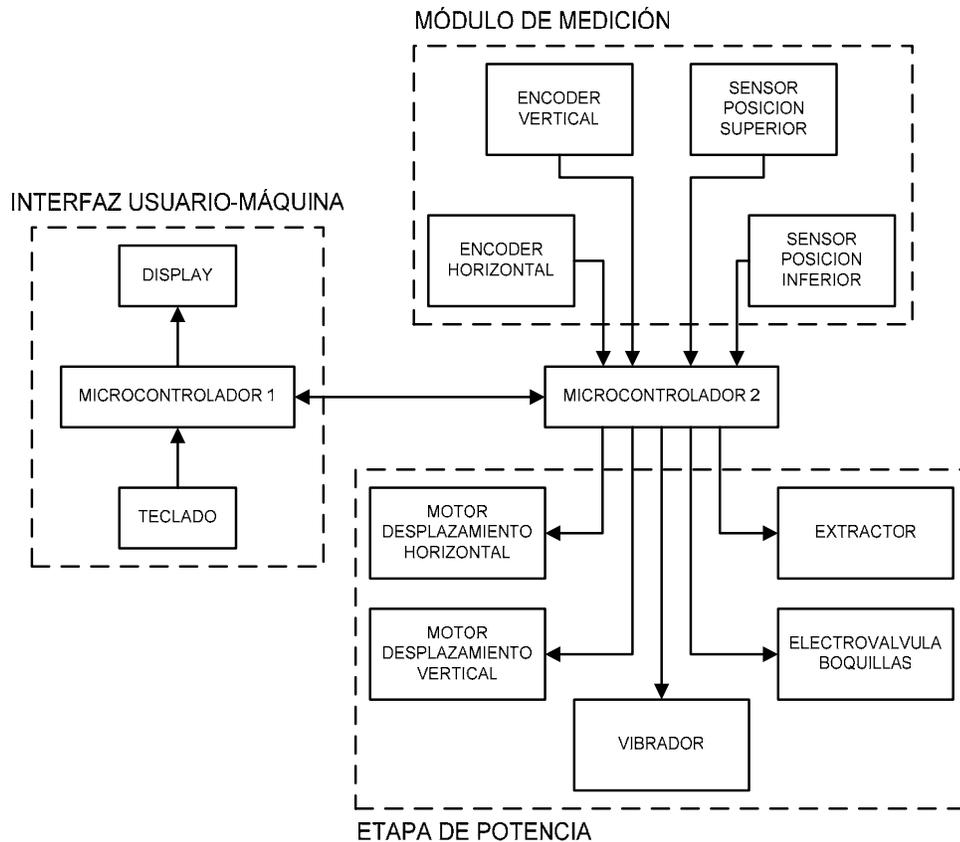


Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema de control

En la figura anterior se muestra un diagrama que ejemplifica la forma en que está ordenado el sistema de control con sus diferentes subsistemas. El subsistema de la izquierda es la interfaz usuario-máquina, la cual cuenta con un microcontrolador que despliega mensajes en la pantalla de cristal líquido y escanea los datos de un teclado. En la parte superior, se muestra un módulo de medición en base a sensores de platinos y *encoders*, así como su acondicionamiento de señales. El subsistema inferior nos muestra los actuadores que se requieren para realizar el proceso y llamamos subsistema de etapa de potencia al acoplamiento necesario entre actuadores y control. Al

centro de la figura se encuentra el microcontrolador principal, el cual se encarga de comunicarse con el microcontrolador de la interfase usuario-máquina, así como con los sensores y los actuadores. Este microcontrolador junto con el programa grabado en él forman el control principal.

#### **4. ETAPA DE POTENCIA**

Casi todas las máquinas por simples o complicadas que sean tienen una forma de pasar de un estado de reposo a otro de actividad o viceversa, por la acción de un sólo botón o palanca, esto es debido a que el interruptor cierra el circuito de alimentación. Lo mismo sucede para cualquier actuador implementado en alguna máquina, tienen formas de pasar a cualquiera de los dos estados mencionados; además, existen actuadores que en su estado de actividad tienen diferentes graduaciones. Existen diferentes tipos de actuadores que se clasifican por la forma en que necesitan la energía para funcionar, entre los más comunes se tienen los eléctricos, hidráulicos y neumáticos.

Según el tipo de actuadores se selecciona un interruptor adecuado a sus necesidades, en el caso de pistones hidráulicos o neumáticos son accionados mediante válvulas, éstas son seleccionadas en base al flujo y presión con las que se trabaje; además, del tipo de accionamiento que utilicen, así pueden ser manuales o eléctricas como las electroválvulas, en el caso de motores eléctricos son accionados mediante interruptores, y éstos son seleccionados en base al voltaje y corriente que se necesite, asimismo, por la forma en que éstos cierran el circuito ya sea de manera manual o por la excitación de alguna otra fuente.

Como se menciona en el párrafo anterior se requiere conocer en principio dos cosas para la realización de una interfaz control-actuadores:

- El tipo de señales de control
- El tipo de actuadores

##### **4.1 SEÑALES DE CONTROL**

Considerando los objetivos señalados se planteó mantener y mejorar el sistema de control manual de la máquina e implementar un sistema automático de control mediante un microprocesador. Al considerar que el microcontrolador emite señales lógicas de control, se partió de la idea que el sistema de control manual debía emitir señales iguales. Esto es más seguro para el operador y más fácil para el cableado; también, se tienen beneficios económicos importantes, ya que un switch de intercambio de fases para poder encender un motor trifásico en ambos sentidos cuesta alrededor de 20 veces más de lo que cuesta un interruptor de tres posiciones de corriente directa que maneja 5 V.

Si se pretendiera instalar un sistema de control manual que manejara 220 V y otro de control automático que manejara 5 V, no sería fácil instalarlos en el mismo gabinete, ni los sensores podrían ser los mismos; además, sería más difícil bloquear uno mientras el otro funciona; esto es muy importante para no ocasionar un corto circuito y hasta un accidente. Así que se determinó que las

señales de control serían de 5 V de corriente directa, en ambos tipos de accionamiento.

#### 4.2. Tipos de actuadores

Ahora se mencionan el tipo de actuadores que se tienen instalados:

1. Un motoreductor trifásico para el sistema de desplazamiento del vidrio.



Figura 4.1 Motoreductor de banda dentada

2. Un motor trifásico para el sistema de vibración en la tina de esmeril.
3. Una electroválvula bifásica que permite el paso de aire a las boquillas.
4. Un motoreductor trifásico para el mecanismo de desplazamiento vertical de las boquillas.
5. Motor trifásico para el sistema extractor de polvos.

Todos los actuadores funcionan con 220 V de corriente alterna (CA) con conexión bifásica y trifásica respectivamente.

Ahora que se conocen las señales de control y las características de los actuadores, se debe investigar qué tipos de acoplamientos existen en el mercado y cuáles son sus características de cada uno.

Los más comúnmente utilizados son los relevadores ya sean electromecánicos o de estado sólido SSR (*Solid State Relay*); también, se utilizan otros cuyo funcionamiento es similar llamados contactores.

#### - RELEVADORES

La palabra relevador proviene del francés *relais* que significa relevo. Es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un

circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Ya que el relevador es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea.<sup>1</sup>

Los contactos de un relevador pueden ser Normalmente Abiertos (NO, por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (NC) o de conmutación.

Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relevador es activado; el circuito se desconecta cuando el relevador está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relevador es activado; el circuito se conecta cuando el relevador está inactivo.

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.<sup>2</sup>

En la figura 4.2 se muestra un relevador enchufable para pequeñas potencias.



Figura 4.2. Relevador para pequeñas potencias

En la figura 4.3 se representa, de forma esquemática, los elementos que componen un relevador, cuenta con un electroimán y tres platinos cada uno en su propio montaje. El platino de en medio es el contacto de conmutación, el de la izquierda es el contacto normalmente cerrado y el contacto del lado derecho es el normalmente abierto.

<sup>1</sup> [www.wikipedia.com/Relé](http://www.wikipedia.com/Relé), consultado el 04/07/07

<sup>2</sup> *Ibidem*

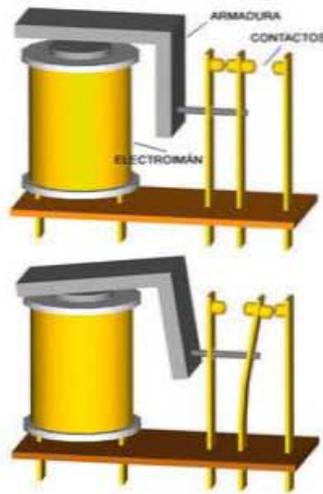


Figura 4.3. Funcionamiento de un relevador electromecánico

#### SELECCIÓN DE RELEVADORES

Para la selección de estos dispositivos se debe de tener en cuenta el tipo de señal de activación, que puede ir desde los 5 V de corriente directa hasta los 220 V en corriente alterna. Y el tipo de corriente y voltaje que deberán dejar pasar a través de ellos. Es importante mencionar que estos dispositivos aumentan el costo, al aumentar la cantidad de corriente y voltaje que pasa a través de sus terminales y aumenta también al disminuir el voltaje de activación.

#### VENTAJAS DEL USO DE RELEVADORES

La gran ventaja de los relevadores es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados por los platinos contactores, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

Posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

Con una sola señal de control se pueden controlar varios relevadores a la vez y, por tanto, distintos elementos.

## DESVENTAJAS DE LOS RELEVADORES

La principal desventaja que tienen este tipo de dispositivos es el desgaste mecánico que presentan al determinado tiempo de operación. Se desgastan tanto los platinos que hacen contacto, como el sistema de resortes y muelles en el que están montados.

Otra desventaja muy notable es que al momento de conectarse y desconectarse el juego de platinos, para permitir el paso de corriente al elemento a funcionar, se provoca un pequeño arco eléctrico, que va aumentando, a medida que crece el desgaste de los platinos contactores; esto provoca un fuerte descontrol en elementos electrónicos como microcontroladores o circuitos integrados, por lo tanto, no es posible hacer un acoplamiento directo entre ellos.

Generan ruido durante su funcionamiento.

Existe un tipo de relevadores que al igual que los electromecánicos sirven también como interruptores, sólo que éstos funcionan en base a dispositivos electrónicos mucho más avanzados, y éstos sí permiten el acoplamiento directo con circuitos integrados de control. Son llamados SSR o relevadores de estado sólido.

### - CONTACTORES

Los contactores son un tipo especial de relevadores, pero básicamente se diferencian de éstos por tres cosas: la primera es que cuentan con más de un contacto conmutable, la segunda es que no tienen contacto normalmente cerrado y la tercera es el tipo de activación que tienen, ya que puede ser interna por una bobina como los relevadores normales o puede ser externa, ya sea por algún dispositivo mecánico, hidráulico, eléctrico o neumático.

En la figura 4.4 se muestra un contactor activado por una bobina externa.



Figura 4.4. Contactor Siemens con contactos auxiliares

La figura 4.5 muestra un contactor Siemens trifásico con una bobina que funciona con 120 V de corriente alterna, como se puede observar, cuenta con 5 orificios en la parte superior y 5 orificios en la parte inferior, un juego de orificios es para alimentar la bobina, los de la parte izquierda del contactor, los tres orificios superiores del lado derecho son los contactos conmutables y los tres inferiores corresponden a los contactos normalmente abiertos.



Figura 4.5 Contactor Siemens mod. 3RH1122

Podemos resumir que los relevadores son un tipo de interruptores mecánicos similares a los manuales, con la ventaja que poseen un mecanismo que les permite ser activados mediante una señal de control.

#### RELEVADORES DE ESTADO SÓLIDO

Se llama relevador de estado sólido a un circuito híbrido normalmente compuesto por un optoacoplador (que aísla la entrada), un circuito de disparo (que detecta el paso por cero de la corriente de línea) y un triac o dispositivo similar (que actúa como interruptor de potencia). En este tipo de relevadores se utilizan los mismos parámetros de selección mencionados anteriormente.



Figura 4.6. Relevador de estado sólido

## VENTAJAS DE LOS SSR

- La ventaja más importante es que pueden ser controlados por un circuito integrado de control, sin ningún problema, debido a que no provoca arcos eléctricos en su funcionamiento interno.
- No presenta partes de desgaste mecánico, por lo tanto, si trabajan en condiciones normales de diseño es mucho más durable que un relevador electromecánico.
- Al no tener partes móviles no genera ruido.
- Requieren menos corriente para su activación.

## DESVENTAJAS DE LOS SSR

Comparados con lo relevadores electromecánicos los SSR son más costosos.

- Generan más calor y es necesario tenerlos en un montaje que permita la ventilación adecuada.
- Debido a que no se desconecta la energía de potencia completamente, existen algunos tipos de configuraciones que no son posibles de llevarse a cabo con estos dispositivos.
- Los SSR están contruidos a partir de elementos semiconductores y optoelectrónicos, la corriente de activación se da a partir de un optoacoplador y el paso de corriente o switch se da mediante un Triac.

A continuación se mencionan las características, ventajas y desventajas de estos elementos:

- TRIAC

El triac es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos. El triac posee tres terminales una es la compuerta de activación (G) que puede ser energizada tanto positivamente como negativamente, y dos terminales por las cuales fluye la corriente (MT1 y MT2).

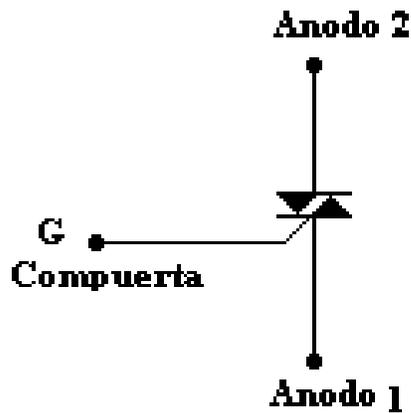


Figura 4.7. Esquema de un triac

Cuando el triac conduce hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja resistencia de una terminal a la otra, dependiendo la dirección de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado. Cuando el voltaje es más positivo en MT2, la corriente fluye de MT2 a MT1 en caso contrario fluye de MT1 a MT2. En ambos casos el triac se comporta como un interruptor cerrado. Cuando el triac deja de conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado, por tanto, actúa como un interruptor abierto.<sup>3</sup>

#### CARACTERÍSTICAS DE TENSIÓN Y CORRIENTE

La figura 4.8 es un esquema del funcionamiento de un triac, muestra cómo se comporta la corriente a través del triac con respecto a la tensión aplicada entre las terminales MT1 y MT2; el punto  $V_{BD}$  es el voltaje de ruptura en el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja, la corriente crece con un pequeño aumento de la tensión entre las terminales.  $I_H$  es el valor de la corriente de mantenimiento.

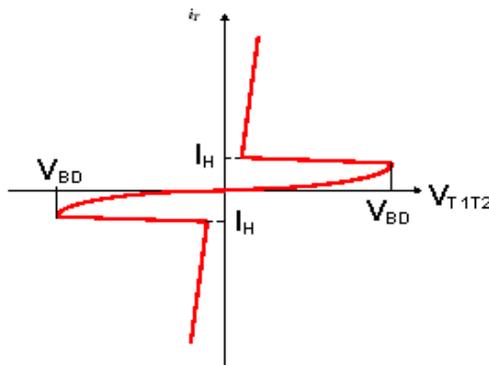


Figura 4.8. Características de comportamiento de tensión y corriente aplicadas a un triac

<sup>3</sup> Lilien, Henry. *Tiristores y triacs*, Ed. Alfa Omega, México, 1996

El triac permanece como un interruptor cerrado hasta que la corriente disminuye por debajo de  $I_H$  en ese cuadrante.<sup>4</sup> En otras palabras, sólo se requiere dar un pulso en la compuerta al momento en que la corriente pasa por el primer cuadrante para que el triac permanezca como interruptor cerrado durante el tiempo en que la corriente lo cruza; en el tercer cuadrante sucede lo mismo, el triac tiene un comportamiento simétrico; es por esta razón importante que el sistema de activación del triac cuente con un interruptor de paso por cero, para que la corriente permanezca como una senoidal continua. De otro modo, la señal de salida puede no ser continua, dependiendo del lugar de disparo del triac, como se muestra en la figura 4.9.

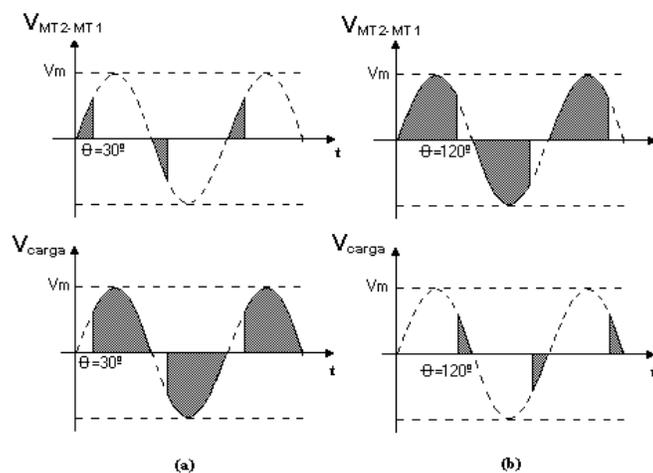


Figura 4.9 Diferentes tiempos de disparo del triac

#### APLICACIÓN DE DV/DT SIN CONDUCCIÓN PREVIA

Si se aplica un voltaje a un triac, no energizado, puede bascular al estado de conducción directa, entonces por milésimas de segundo se puede comportar como un interruptor cerrado.

#### OPTOACOPLADORES

También denominados optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico. Basan su funcionamiento en el empleo de un haz de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica. Fundamentalmente,

<sup>4</sup> [www.monografias.com/triac](http://www.monografias.com/triac), consultado el 04/07/07

este dispositivo está formado por una fuente emisora de luz y un fotosensor de silicio que se adapta a la sensibilidad espectral del emisor luminoso.<sup>5</sup>

Existen varios tipos de optocopladores y su diferencia consiste en el tipo de dispositivo que se tenga en la salida, entre los más comunes se tienen los siguientes:

Fototransistor: Conmuta una variación de corriente de entrada en una variación de tensión de salida. Se utiliza, generalmente, en líneas telefónicas, audio, etc.

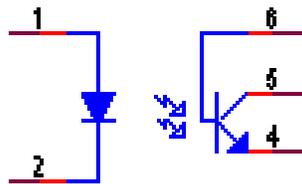


Figura 4.10. Optocoplador con salida a fototransistor

En la figura 4.10 se muestra un diagrama de un optocoplador con salida a fototransistor en donde se observa del lado izquierdo un diodo emisor de luz y, del lado derecho, un transistor en el cual el haz luminoso incide sobre su base, provocando que éste se comporte como un interruptor cerrado.

En la figura 4.11 se muestra un diagrama de un optocoplador, pero esta vez con una configuración *Darlington*.

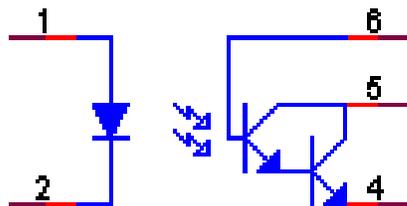


Figura 4.11. Optocoplador con salida a un arreglo Darlington

Optocoplador con salida a tiristor: Diseñado para aplicaciones donde sea preciso un aislamiento entre una señal lógica y la red.

<sup>5</sup> [www.electronred.iespana.com](http://www.electronred.iespana.com), consultado el 05/07/07

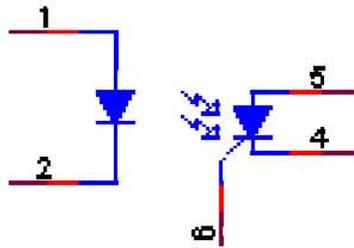


Figura 4.12. Optocoplador con salida a tiristor

Optoacoplador con salida a triac: Al igual que el anterior se utiliza para aislar una señal de control de corriente directa de la red de corriente alterna, también se le conoce como *moc*.

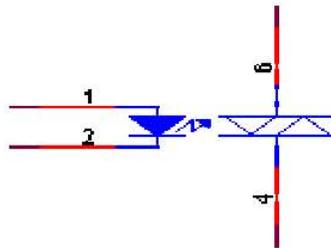


Figura 4.13. Optoacoplador con salida a triac

En general, los optoacopladores pueden sustituir a los relevadores, incluso tienen mayor velocidad de conmutación y no generan ruido ni arcos eléctricos.

Conociendo los elementos principales para la construcción de un SSR, se planteó una configuración entre un Moc y un triac que cumpliera con los requerimientos de voltaje y corriente que se requieren para los actuadores. El resultado fue la utilización de un *Moc 3041*, que ya cuenta con un disparador de paso por cero en su interior, acoplado con un *Triac*. El circuito realizado es el siguiente.

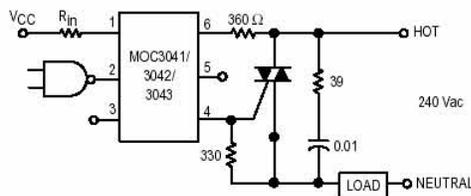


Figura 4.14. Diagrama de conexiones de un SSR

### 4.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA FASE DE POTENCIA

En esta etapa del diseño de la fase de potencia ya se conocen las opciones más utilizadas en el mercado para su realización, ahora se aplica un criterio de selección para poder determinar cómo se realizará el dispositivo.

	Disponibilidad en el mercado	Capacidad de acoplarse a circuitos integrados	Corriente necesaria para su activación	Capacidad de trabajar en conjunto con elementos iguales	Capacidad de realizar todo tipo de configuraciones entre ellos	Costo económico	Tiempo de vida	Confiabilidad	Decisión
Relevadores electromecánicos	10	5	5	10	10	8	5	8	7.625
SSR	10	10	10	8	5	5	10	8	8.25
Contactores	10	8	5	10	10	10	8	10	8.875
Triacs	10	10	10	8	5	10	10	8	8.875

Tabla 4.15. Matriz de decisión

- \*5: mala
- \*8: regular
- \*10: buena

Como podemos observar en la matriz de decisión no existe un dispositivo que cumpla exactamente con los requerimientos del proyecto, se observa en la tabla que en todos los elementos analizados se tiene una respuesta mala para cada uno, y esa es precisamente la razón por la cual no se pueden utilizar directamente.

La solución consiste en seleccionar por lo menos dos tipos de dispositivos, de tal forma, que acoplados cumplan con todos los requerimientos necesarios para el proyecto.

Existen dos tipos de dispositivos, unos electromecánicos y otros electrónicos. Algunos requerimientos que cumplen los dispositivos electromecánicos no los cumplen los electrónicos y viceversa, por lo cual, el dispositivo acoplado final deberá ser una combinación.

Los dispositivos electrónicos no son capaces de realizar todo tipo de configuraciones entre ellos; así que es importante mencionar qué configuración se necesita para el proyecto que no se puede lograr con ellos.

Entre los actuadores existen dos motores trifásicos, que giran en ambos sentidos, el motor del mecanismo de avance del vidrio y el motor del mecanismo transportador de boquillas.

Para cambiar el sentido de giro de un motor trifásico se deben de intercambiar dos fases entre ellos.

En la figura 4.16 se observan las conexiones necesarias para un motor trifásico reversible. Como se menciona para cambiar el sentido de giro es necesario intercambiar solo dos fases, la fase 1 solo cuenta con un interruptor pero las fases 2 y 3 cuentan con dos interruptores cada una, dependiendo el sentido solo se debe cerrar un solo interruptor por fase.

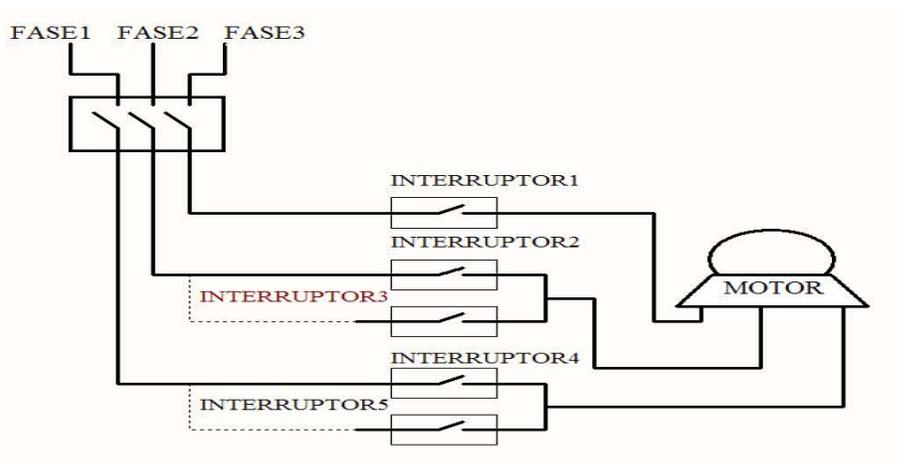


Figura 4.16 Conexión de un motor trifásico reversible

Como se puede observar en la figura 4.16 existen cuatro interruptores, que manejan dos fases cada uno, eso no es ningún problema para un interruptor electromecánico, ya que no maneja las dos fases simultáneamente. Mientras el motor gira en un sentido sólo funcionan tres interruptores y los otros tres permanecen en estado inhabilitado; si observamos la conexión en los interruptores inhabilitados el contacto conmutable tiene una fase de corriente alterna, y en el contacto normalmente abierto tiene otra fase de corriente alterna. Mientras estos interruptores no cambien de estado no sucede nada, pero si estos interruptores cambiaran su estado, accidentalmente, habría un corto circuito en ellos.

Lo mismo sucedería con los interruptores electrónicos, en el tiempo cero de energización del sistema, aumenta repentinamente la diferencia de tensión entre sus terminales MT1 y MT2, lo que significa un aumento de  $dv/dt$  y con ello que el triac pueda bascular a la conducción directa; si esto sucede en los dos triacs que sirven como interruptor para fases diferentes, se ocasionaría un corto circuito y la destrucción de ambos triacs.

Por lo tanto, es necesario para la realización de esta conexión un método mecánico que realmente desconecte los contactos que tienen fases de corriente diferente.

Se puede realizar un sistema híbrido, es decir, que la señal de control proveniente del microcontrolador llegue a un dispositivo electrónico y su señal de salida sirva para activar el dispositivo electromecánico.

Para seleccionar qué tipo de dispositivo mecánico es el más adecuado se vuelve a revisar la matriz de decisión de la tabla 4.15 y se observa que entre los contactores y los relevadores, básicamente, el precio es lo que cambia.

Un relevador para las características necesarias de una sola fase oscila entre los \$350.00 MN. Se requieren en total 18 para los cuatro motores, esto nos da un costo total de \$6300.00 MN.

Los contactores de 220 V de hasta 15 A, trifásicos y con bobina de 120 V de CA cuestan alrededor de \$200.00 MN.<sup>6</sup> Se requieren en total seis, para los cuales se tiene un costo aproximado de \$1,200.00 MN. Debido a esto y a la configuración más compacta de los contactores se optó por ellos.

En cuanto a los dispositivos electrónicos los SSR y los triacs con optoacoplador tienen un funcionamiento muy similar y su diferencia más importante, nuevamente, vuelve a ser el costo.

Un SSR de 240 V de CA de 25 A activado por una señal de control de 5 V, tiene un costo aproximado de \$230.00 MN.<sup>7</sup> Se requieren en principio 9 para los cuales se obtiene un costo de \$2,070.00 MN.

Si se utilizan triacs con mocs el costo por cada configuración es de, aproximadamente, \$40.00 MN y el total por los seis es de \$360.00 MN.

Se resolvió que la mejor opción es utilizar contactores activados mediante triacs por ser la opción que cumple con los requerimientos del sistema y la más barata. En esta etapa del diseño se debe decidir el tipo de montaje y la ubicación de éste en la máquina.

En la mayoría de las máquinas automáticas y semiautomáticas se destina un gabinete, en el cual se montan todas las estructuras que manejan potencia y su ubicación es a espaldas de la máquina o a un costado de ella, de tal forma, que no este muy cerca del operador y que cuente con el espacio necesario para la realización de alguna reparación futura.

Para el proyecto se utiliza un gabinete nombrado “de potencia” en donde se montaron los contactores y los triacs que componen la interfaz, así como los elementos de seguridad necesarios, los fusibles en la entrada de las líneas de alimentación y un interruptor termomagnético, que suspende el suministro de energía en caso de alguna sobrecarga o corto circuito.

---

<sup>6</sup> *Ibidem*

<sup>7</sup> *Idem*

Los contactores pueden ir montados directamente en el gabinete, pero los triacs requieren un montaje especial. Se diseñó una tarjeta, en donde se montaron con sus respectivos componentes auxiliares, esta tarjeta recibe las señales de control mediante una conexión de cable plano y tiene las salidas para la activación de los triacs, mediante un cable de mayor diámetro, ya que por él circula una corriente de 120 V de CA. El cable que cumple con los requerimientos es de calibre 12.

Se diseñó la tarjeta tomando en cuenta el diagrama de la figura 4.14 y con ayuda de un software para el diseño de circuitos (Protel) y se realizó el diagrama TP01 (Tarjeta de potencia 01).

Para el armado físico del circuito se utilizaron:

- 2 tarjetas perforadas de fibra de vidrio
- 9 Triacs BTA24
- 9 Mocs 3041
- 9 resistencias de 360  $\Omega$  de 1 watt
- 9 resistencias de 330  $\Omega$  de 1 watt
- 8 resistencias de 330  $\Omega$  de  $\frac{1}{4}$  watt
- 9 capacitores de 0.01 uF
- 9 resistencias de 39  $\Omega$  de 1 watt
- Alambre calibre 22
- Cable calibre 12
- 9 disipadores de calor
- Tornillos

La tarjeta prototipo se muestra en la figura 4.17.

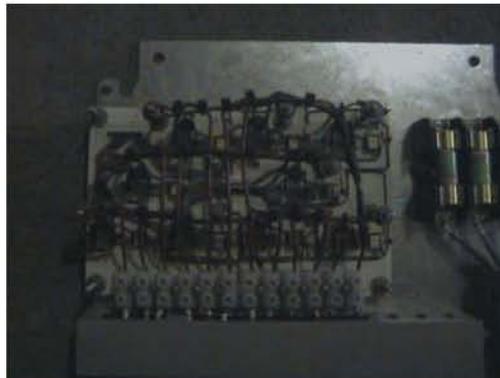


Figura 4.17 Tarjeta de potencia 01

En la figura 4.17 se muestra la tarjeta de potencia que contiene los triacs con sus respectivos elementos auxiliares como los mocs, los capacitares y diferentes resistencias. En la parte superior izquierda se muestra la fila de pines por las cuales se recibe la señal de control mediante un cable plano y en

la parte inferior se observa una bornera de tornillos, en donde se conectan los cables para activar los contactores. Se puede observar que la tarjeta está cubierta por una red formada por alambre del calibre 22, encargado de transportar la corriente para la activación de los contactores.

Una vez armada la tarjeta de potencia se realizaron las conexiones entre ésta y los contactores, así como con los elementos de protección. El diagrama de conexiones se muestra en el plano Gabpot01 (Gabinete de potencia 01). En este diagrama se utilizan etiquetas de número para ejemplificar las conexiones; además, estos números aparecen en la punta de los cables armados físicamente, para así tener una referencia escrita en la realización de alguna reparación futura.

En la figura 4.18 se muestra una vista del gabinete ya armado y montado en la máquina. Cabe mencionar, que este tipo de gabinetes cuentan con una placa de acero atornillada en la parte interior, sobre esta placa se montaron todos los elementos, para así facilitar el armado y las futuras reparaciones.

Con el armado y puesto a funcionar del gabinete de potencia se concluye este subsistema, ya que se cumple perfectamente con el objetivo planteado de activar los actuadores de la máquina mediante señales digitales de control.



Figura 4.18 Gabinete de potencia

## 5. MEDICIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

En ingeniería existen básicamente dos tipos de control uno en lazo abierto y otro en lazo cerrado. Para un sistema en lazo abierto no es necesario el uso de sensores, sólo se tiene una señal de entrada o estímulo y el sistema de control manda una señal en respuesta o salida. Este tipo de controles son poco usados en aplicaciones más complejas de ingeniería, debido a que no son capaces de compensar variaciones en un entorno real. Por ejemplo, en donde es posible la utilización de este tipo de sistemas es en el accionamiento de una lámpara de alumbrado público, en la que se puede tener un sistema que encienda la lámpara a cierta hora de la tarde, sin importar la época del año. En otras palabras, no importa si es necesario encenderse o la luminosidad natural, todavía es buena. O un semáforo para el cruce de una avenida, el semáforo manda señales de control para alternar la luz verde y roja, sin importar si existe tráfico o no.

Los sistemas de control en lazo abierto no son convenientes en aplicaciones en donde se tenga movimiento de partes de una máquina, por que puede poner en riesgo la integridad de los operadores. En algunas máquinas viejas sí se han utilizado, tal es el caso de las dobladoras de varillas, las cuales reciben un pulso de control a través de un botón y realizan todo su recorrido, sin importar si el operador pueda salir herido por un descuido.

Los mejores sistemas en máquinas en donde se tengan partes móviles son los de lazo cerrado. Este tipo de sistemas mandan una señal de control y en todo momento sensan lo que está sucediendo con el actuador que están moviendo.

En el caso de la máquina de esmerilado se tienen los dos tipos de control. El caso del extractor de polvos, el sistema de vibración y las boquillas esmeriladoras tienen un sistema en lazo abierto, ya que sólo tienen una señal de activación al inicio del proceso y una señal de desenergización al final del proceso.

El mecanismo de desplazamiento del vidrio y el desplazamiento de las boquillas tienen un control en lazo cerrado; ya que manda una señal de activación de los motores, debe tener un dispositivo de medición para que el sistema de control pueda realizar los cálculos necesarios para apagarlos o cambiarles el sentido de giro. Para sensar ambos desplazamientos se acopló a los motores un dispositivo llamado *encóder*, el cual es un dispositivo óptico que manda un tren de pulsos al girar.

Los potenciómetros son otro tipo de dispositivos que pueden medir el desplazamiento radial del motor, y este dato transformarlo a desplazamiento lineal de la banda o la cadena acoplada, estos dispositivos varían su resistencia al variar su ángulo de giro o el número de vueltas. El problema es que tienen un número limitado de ellas, como los sintonizadores de frecuencia de radios analógicos, por lo tanto, no es posible utilizarlos en esta aplicación.

Otra posibilidad fue la utilización de un encóder lineal, el problema de éste es que al estar expuesto en el ambiente de trabajo de la máquina sufriría daños al poco tiempo; además, de que no sería fácil de montarlo en la banda transportadora del vidrio, ya que a pesar de que el desplazamiento del vidrio es lineal la banda tiene un desplazamiento cíclico.

En este caso lo más conveniente es usar un encóder radial acoplado a cada motor. Debido a que los motores tienen acoplada una transmisión de ejes paralelos y, posteriormente, un juego de poleas para la banda dentada y un juego de catarinas para el sistema de transporte de boquillas a lo largo del eje vertical, ambos motores producen un desplazamiento lineal de  $1.5mm$  por cada vuelta de motor.

Lo más importante en la realización de un proyecto es identificar las necesidades que se tienen. Por ejemplo, en un torno para la realización de piezas mecánicas es necesario tener resoluciones de al menos milésimas de pulgada, o en un robot auxiliar para un médico cirujano se deben tener resoluciones en sus actuadores menores a las milésimas de milímetro. Pero para la máquina esmeriladora no es necesario tener resoluciones tan pequeñas, ya que el abanico de esmeril lo realiza bien en, aproximadamente, dos centímetros, pero se abre hasta aproximadamente  $4cm$ , es decir, esmerila un centímetro de cada lado de mala calidad, es por esta razón que con una resolución de medio centímetro para esta máquina se puede considerar como buena. Se decidió montar un *encóder* de un sólo pulso por revolución para así obtener la resolución de  $1.5mm$ .

Debido al costo de los *encóders* comerciales, se optó por la fabricación de uno con las características propias para el proyecto.

El encóder radial consta básicamente de las siguientes piezas:

El cuerpo:

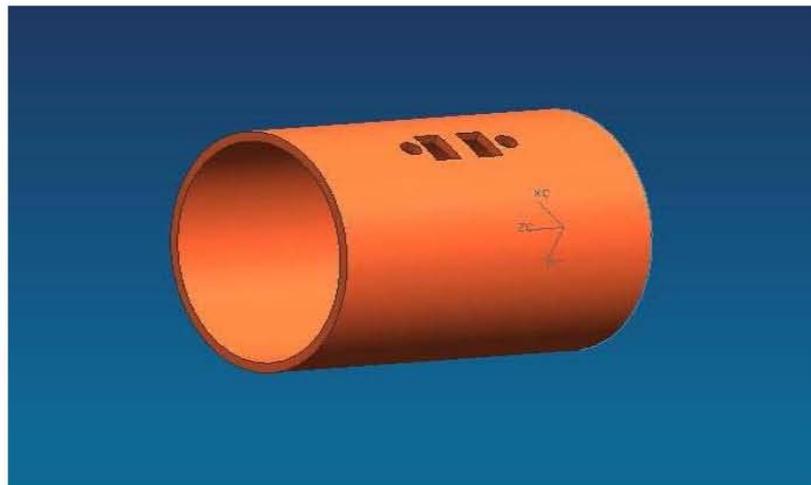


Figura 5.1 Cuerpo del encoder

El eje:

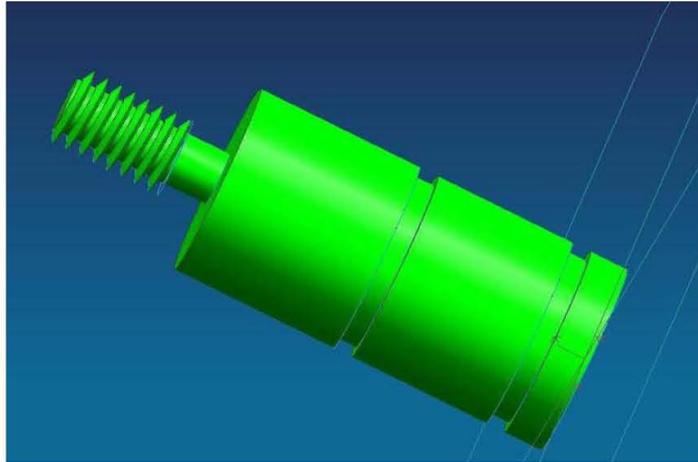


Figura 5.2 Mitad derecha del eje

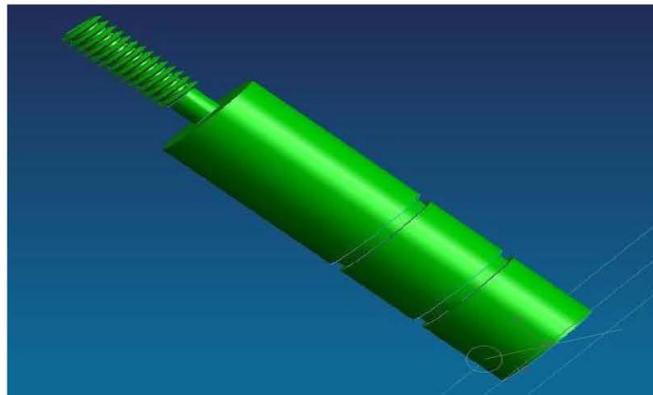


Figura 5.3 Mitad izquierda del eje

El disco generador de pulsos:

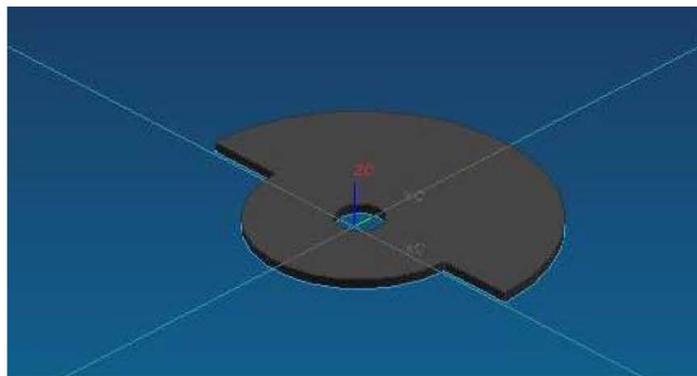


Figura 5.4 Disco de encóder

El sistema en donde gira el eje:

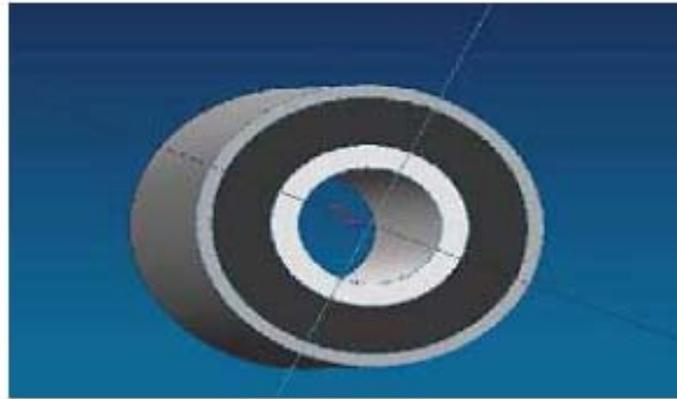


Figura 5.5 Balero

El sensor óptico:

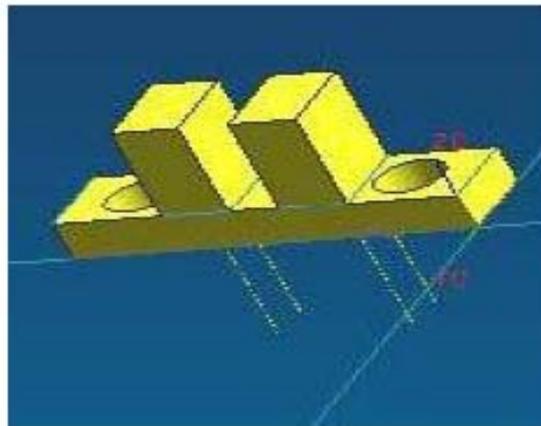


Figura 5.6 Sensor ITR 8102

El cuerpo del encóder es, básicamente, un tubo en el cual están montados los elementos que lo componen. Para la selección de éste se buscó entre diferentes tubos comerciales y se tomó en cuenta básicamente dos criterios para seleccionarlo. El primero, el tamaño del tubo que tuviera las dimensiones necesarias para montar los elementos y, el segundo, que existan baleros comerciales, que su diámetro exterior sea igual al diámetro interior del tubo. Se encontró que el diámetro interior de los coples para unir tubos de cobre de 1 ¼" corresponde al diámetro exterior de los baleros de alternador de vehículos Chevrolet.

Para la fabricación del disco generador de pulsos se buscó un material que tuviera buena resistencia mecánica y que se pudieran realizar en él los cortes y barrenos necesarios, el material usado es poliestireno.

El sensor óptico utilizado es un fototransistor que viene en un encapsulado tal que entre el emisor y el detector tiene un pequeño espacio, por el cual se puede interrumpir el paso de la señal luminosa, por medio de una placa delgada o un disco. El sensor que se utiliza es un ITR8102 (ver Anexo1).

En la figura 5.7 se muestra en explosión el plano de ensamble del encóder.

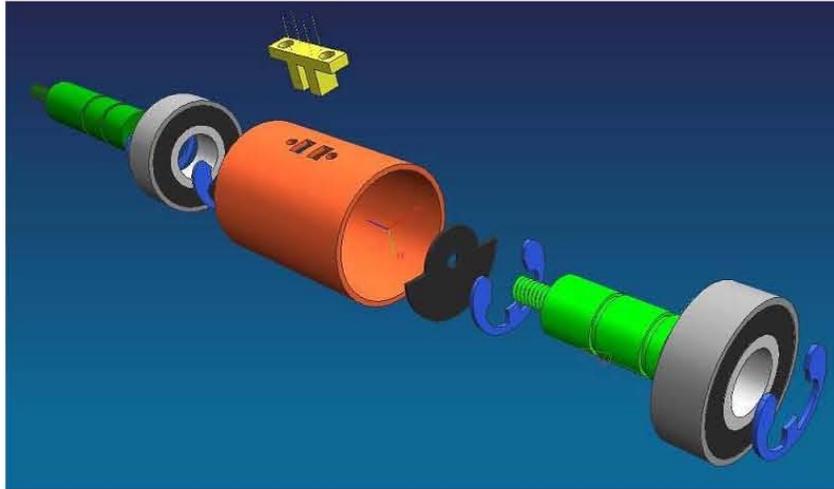


Figura 5.7 Plano de ensamble en explosión

El eje fue el único componente que se maquinó de modo que uniera todas las piezas mencionadas anteriormente. Éste se realizó en dos partes que se atornillan para ensamblarse justo en el centro del cuerpo del encóder; de esta manera, el disco giratorio queda prensado entre las dos partes y es fácil desatornillarse para cambiar el disco, ya sea por mantenimiento o en la fase experimental substituirlo por otro con diferentes formas y número de barrenos.

En la figura 5.8 se muestra el encóder ya armado y listo para acoplarse al motor.

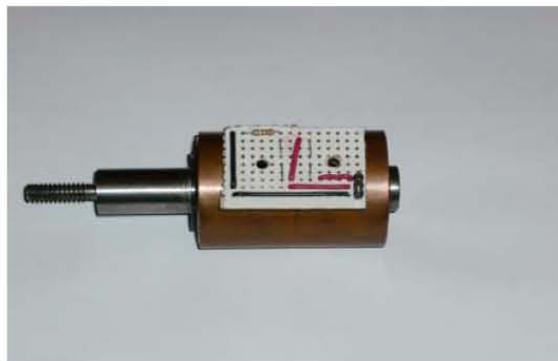


Figura 5.8 Encóder radial

En el caso de la banda transportadora que tiene un movimiento cíclico, no se necesita tener un tope para detenerla en cierta posición exactamente, diferente para el caso de la cadena transportadora de las boquillas, que aunque tenga un movimiento cíclico las boquillas necesitan posicionarse en la parte inferior o cero de su recorrido, para empezar a contar desde ese lugar el desplazamiento.

Para este propósito se instaló en la máquina un sensor de platinos con una varilla que es activada por medio de un gavilán en la cadena cuando llega a su posición máxima inferior y otro sensor para la posición máxima superior. Ambos sensores se instalaron en la parte exterior de la máquina en la parte superior, de esta manera se protegen del polvo y el ambiente tan agresivo del proceso.

En la figura 5.9 se observan los sensores instalados en la parte exterior de la máquina.



Figura 5.9 Sensor de platinos

En la figura 5.10 se muestran las varillas que son activadas por medio de los gavilanes instalados en la cadena.



Figura 5.10 Varillas de sensores y gavilán

La configuración de los sensores se muestra en la figura 5.11.



Figura 5.11 Sensor de platinos

En la figura 5.11 se observa un diagrama de conexiones de un sensor de platinos. Se puede observar que dos terminales permanecen conectadas, cuando la varilla está desactivada, mientras las otras dos permanecen desactivadas, de igual forma estas dos se desactivan al activar la varilla. Por lo que, ambos circuitos normalmente abierto y normalmente cerrado son totalmente independientes.

Debido a que se tienen sensores de platinos es necesario un acondicionamiento de las señales provenientes de éstos por los rasgueos de señal debido a los arcos que se forman entre los platinos.

El diagrama de conexiones se encuentra en el plano Acondseñales y en la siguiente figura se muestra la imagen de la tarjeta ya armada e instalada en la máquina.

Como se observa en la figura 5.12 se utilizan optoacopladores 4N32 para acoplar la señal que llega al microcontrolador y la señal que sale de la tarjeta hacia la fase de potencia.

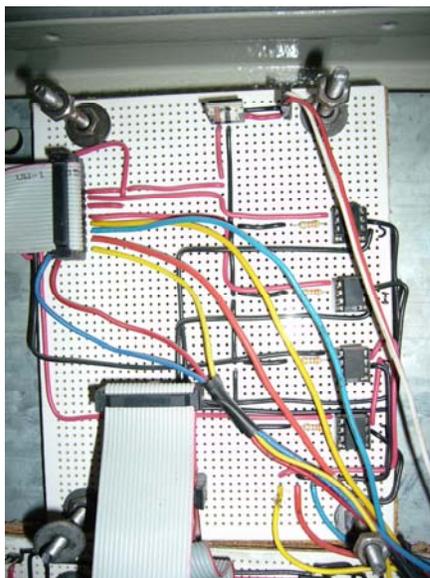


Figura 5.12 Tarjeta filtro de señales de sensores

## 5.1 ACONDICIONAMIENTO DEL ENCENDIDO DE MOTORES

Para el encendido de los motores trifásicos, que cuentan con retroalimentación al sistema a través del *encóder*, es necesario la instalación de un circuito filtro que minimice el efecto del arco eléctrico provocado por los contactores, al hacer contacto.

En la fase experimental del sistema se observó que al dar la señal de activación del motor de avance de vidrio y empezar a sensor la información, proveniente del encóder, el arco eléctrico provocado por el contactor generaba fallas en el microcontrolador y no cumplía con el programa satisfactoriamente. Para solucionar este problema se utiliza un filtro por medio de triacs conectado en serie con los contactores. De esta forma primero es activado el contactor y después de un tiempo de estabilización de la corriente se activan los triacs para así encender el motor e inmediatamente sensor el número de vueltas que realiza.

En la figura 5.13 se muestra el circuito armado e instalado en el gabinete de potencia

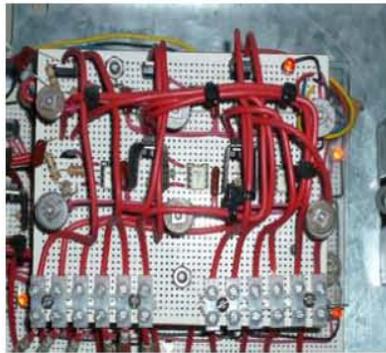


Figura 5.13 Tarjeta filtro 02

El diagrama de conexiones se encuentra en el plano (FS02) filtro de señales 02.

Con el armado y puesta a funcionar de las dos tarjetas se concluye el acondicionamiento de las señales. Se logra satisfactoriamente la retroalimentación del sistema al microcontrolador.

## 6. INTERFASE USUARIO MÁQUINA

En este subsistema se debe diseñar una interfaz de comunicación entre el sistema central de control y el operador de la máquina; de tal forma, que sea simple para éste programar las tareas a realizar por la máquina. En otras palabras, aunque el microcontrolador cuenta con su propio lenguaje de programación, éste no es fácil para que cualquier operador con poca capacitación pueda programar ciertos procesos en pocos minutos.

Se consideraron tres posibles soluciones para la realización de esta interfase. La primera, hacer una comunicación con una computadora mediante un programa en visual Basic; la segunda, instalar un display de cristal líquido y un teclado controlados mediante un microcontrolador; y la tercera, armar una carátula con teclado y señales luminosas mediante leds, que indiquen la sucesión de comandos y acciones a realizar por la máquina.

La computadora es una buena forma de manejar la máquina e incluso ofrece muchas posibilidades para mejorar el control en un futuro, la desventaja es el costo de la misma; además, de la dificultad de instalarla cerca de la máquina por cuestiones de espacio y por el ambiente tan agresivo dentro de las instalaciones.

Realizar una interfase mediante leds que iluminen letreros para señalar qué dato está pidiendo el sistema o qué acción está realizando, limita demasiado las posibilidades de la máquina, sólo se podría tener un número limitado de letreros y realizar una programación de la máquina por un operador puede resultar complejo.

La mejor solución fue usar un display de cristal líquido y un teclado. El display ocupa poco espacio y se pueden programar en él una gran cantidad de letreros y comandos a realizar. En cuanto al teclado se puede armar uno con *pushbottons* y, simplemente, ponerle una cubierta de un teclado matricial. Esta opción resultó más barata y se pudo instalar en el mismo gabinete de control; lo cual, le dio a la máquina autonomía, es decir, no requirió de algún elemento externo para funcionar. Esta forma de realizar la interfase es también usada en las máquinas de la marca *Zbavelloni* de fabricación italiana que como se mencionó en los antecedentes es la marca más avanzada en la fabricación de arenadoras.

Los mensajes desplegados en el LCD son enviados por un microcontrolador, que es el mismo que registra los datos marcados por el operador en el teclado. En este caso se utilizó un microcontrolador PIC de la marca microchip, el modelo 16F877A de cuarenta patas; fue conveniente utilizar este microcontrolador, ya que es el mismo que se utilizó en la fase de control central y cuenta con diferentes formas de comunicarse con otros microcontroladores de la misma familia.

El display que se utilizó fue el JHD202A y se muestra su hoja de especificaciones en el Anexo 2. La forma de comunicación entre el microcontrolador 1 y el display es en paralelo desde el puerto B del microcontrolador.

La adquisición de datos desde el teclado armado con *pushbottons* se lleva acabo por el puerto A y al puerto E del microcontrolador.

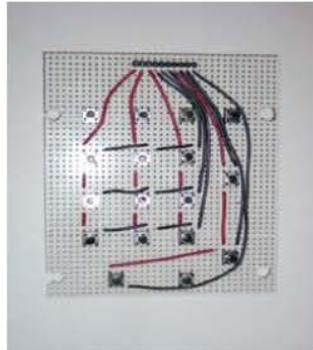


Figura 6.1 Teclado

Se diseñó una tarjeta central de adquisición de datos con el objeto de tener un orden en el armado de los circuitos. La función de dicha tarjeta es tener conectada en ella el teclado y el display, así como realizar la alimentación eléctrica de ambos; esta tarjeta a su vez se comunica con la tarjeta microcontrolador 1 sólo por un cable plano. El diagrama de conexiones se muestra en el plano anexo TCAD01 y la tarjeta armada se muestra en la figura 6.2.

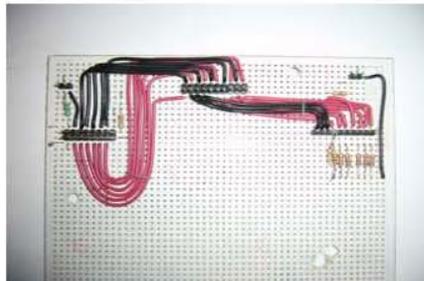


Figura 6.2 Tarjeta central de adquisición de datos

En la figura 6.3 se muestran las tarjetas conectadas; del lado izquierdo, se muestra la que contiene los microcontroladores; del lado derecho, la central de adquisición de datos y sobre ella el teclado y el display.

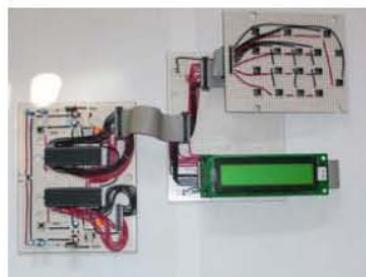


Figura 6.3 Adquisición de datos

Una vez armado el circuito, el siguiente paso fue la realización de un programa que fuera capaz de desplegar los mensajes de solicitud de datos en el display y censara los datos digitados en el teclado. Para decidir qué datos son los necesarios para el trabajo que realiza la máquina se consultó directamente con el operador de la misma.

Los primeros datos para la realización del proceso son las dimensiones del vidrio, el alto y largo del mismo, de tal forma que se pueda detener el proceso al terminar con toda el área del vidrio. El siguiente dato necesario es el desplazamiento de avance o paso de avance por cada pasada de las pistolas, y por último, el número de pasadas de las pistolas antes de avanzar. Esto es muy importante, ya que estos dos parámetros se pueden combinar y realizar diferentes tipos de ataque en un vidrio; además, de compensar cierto desgaste en boquillas y en el esmeril mismo, en otras palabras, cuando las boquillas son nuevas y el esmeril también, el ataque que se produce en el vidrio con una sola pasada puede ser igual al ataque que producen las mismas boquillas algún tiempo después con dos pasadas, y así una gran cantidad de variables se pueden compensar, variando un poco el paso de avance y el número de pasadas.

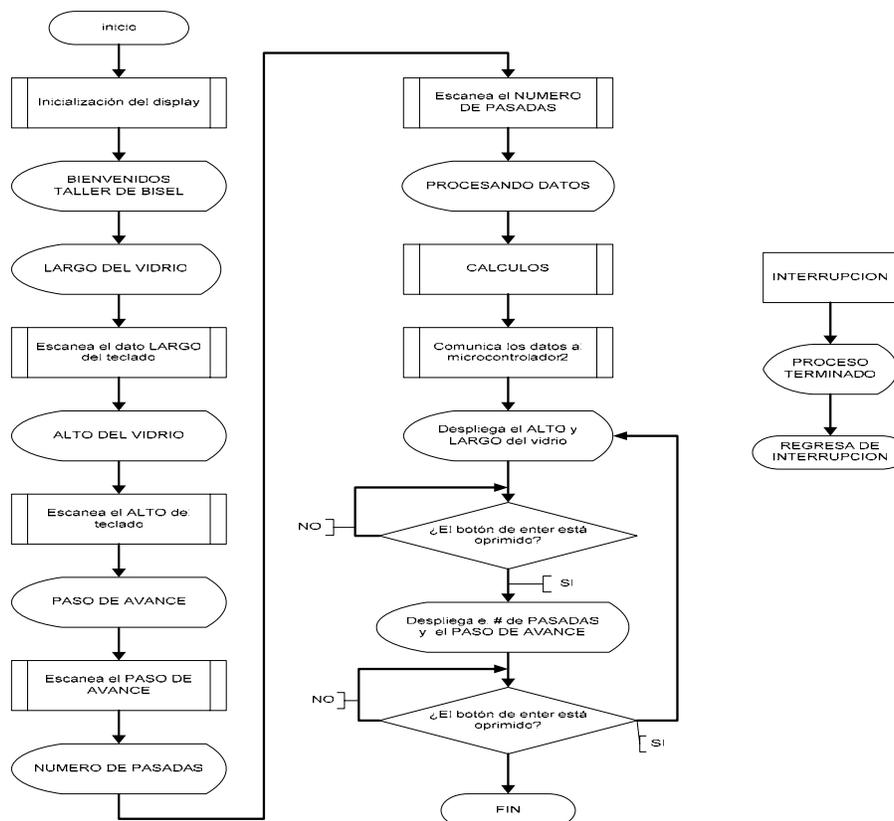


Figura 6.4 Mensajes que se despliegan en el LCD

El programa realizado en MPLab se muestra en el anexo de programas.

El control automático de la máquina es sólo la mitad de la interfase usuario-máquina, la otra parte es el control manual de la misma, es decir, los botones e interruptores para accionar todos los actuadores por el operador directamente. Este control quedó instalado en el mismo gabinete que alberga el control automático. La puerta del gabinete nos sirve como panel de control y en ella se montaron los interruptores que encienden cada actuador, como se mencionó en la interfase de potencia, los interruptores utilizados manejan 5 V de corriente directa, por seguridad del operador.

En la figura 6.5 se muestra el panel de control, en él se puede observar el display y el teclado, así como los interruptores para la operación manual de la máquina.



Figura 6.5 Panel de control

Ya que los dos sistemas de control coexisten en el mismo gabinete es necesario tener un interruptor que active un sistema de control y bloqueé al otro, para que así ninguno de los dos pueda ocasionar un accidente. Para esto se instaló en el gabinete un interruptor de un polo tres tiros, el cual alimenta sólo un sistema a la vez. Cuenta con tres posiciones, el centro apaga ambos sistemas, hacia arriba activa el sistema manual y hacia abajo activa el sistema automático. Este interruptor se muestra en la figura 6.5 del lado derecho en la parte inferior.

El acoplamiento de los dos sistemas es posible gracias a una tarjeta central en la cual llegan las señales de control de ambos sistemas independientes y de ahí se mandan a la tarjeta de acoplamiento de señales, para interactuar con las señales provenientes del subsistema de medición. Los diagramas de la tarjeta central de acoplamiento se encuentran en el plano TC01. En la figura 6.6 se muestra la tarjeta ya montada en el gabinete de control y ya conectada.

En ella se puede observar que del lado izquierdo llega un cable plano, éste proviene de la tapa del gabinete y conduce las señales del control manual; en la parte inferior, también se observa otro cable plano y éste conduce las

señales de control automático; en la parte superior se observa otro cable plano, que es el encargado de llevar la señal hasta la siguiente tarjeta que en este caso es la tarjeta de acondicionamiento de señales. Los cables rojo, azul y amarillo que aparecen del lado derecho de la figura, provienen de los sensores de platinos y de los encóders, su señal viaja con el cable plano al microcontrolador de control central.



Figura 6.6 TC01

En la figura 6.7 se muestran las conexiones de los interruptores manuales instalados en la parte frontal de la tapa del gabinete de control. El cable plano que se observa en la figura es el encargado de llevar la señal de control a la tarjeta TC01, mostrada en la figura anterior.



Figura 6.7 Conexiones del control manual

Con la instalación de las tarjetas mencionadas a lo largo del capítulo en el gabinete de control, los interruptores manuales y la puesta en funcionamiento del teclado y del display se concluye con la interfaz usuario-máquina.

## 7. CONTROL PRINCIPAL

El último subsistema que se realizó es, precisamente, el control principal. Existen varios motivos para que se haya realizado de esta manera, una vez que se tienen todos los demás subsistemas armados, ahora se necesita un cerebro central que sea capaz de recibir los datos provenientes tanto de la interfaz usuario-máquina, como del subsistema de medición y acondicionamiento de señales para que con estos datos el microcontrolador central realice los cálculos necesarios y sea capaz de activar los actuadores mediante la fase de potencia. Con la implementación del control principal se pueden realizar las pruebas finales y evaluar los resultados planteados al principio del proyecto.

Este subsistema requirió más programación que circuitos armados físicamente y sólo se diseñó una tarjeta de control que comunica el microcontrolador con las demás interfaces; el diagrama de la tarjeta de control se encuentra en el plano TPD01, cabe mencionar que esta tarjeta es también la que alberga el microcontrolador encargado de controlar el display y el teclado.

En la figura 7.1 se muestra la tarjeta armada físicamente. En la parte superior se tiene la alimentación de ambos microcontroladores; el PIC, del lado izquierdo, es el microcontrolador principal y, el del lado derecho, es el PIC que controla el teclado y el display.

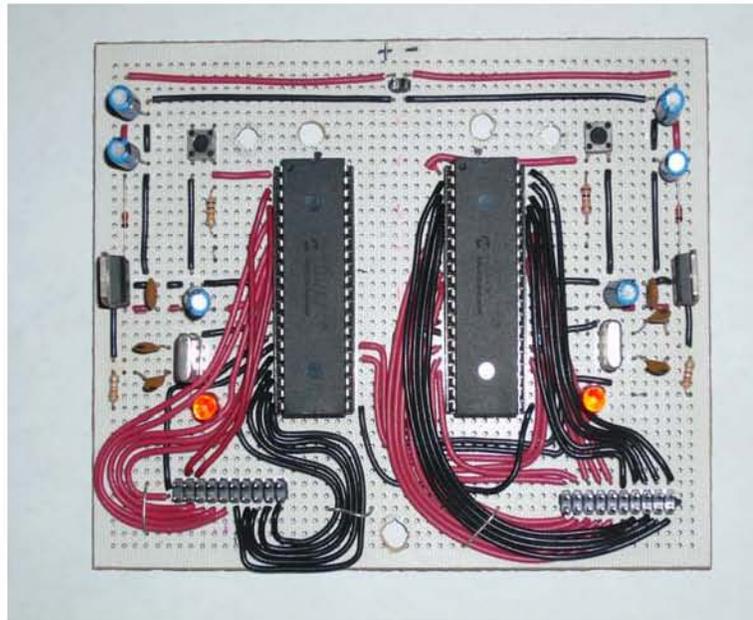


Figura 7.1 Tarjeta PIC DUO 01 (TPD01)

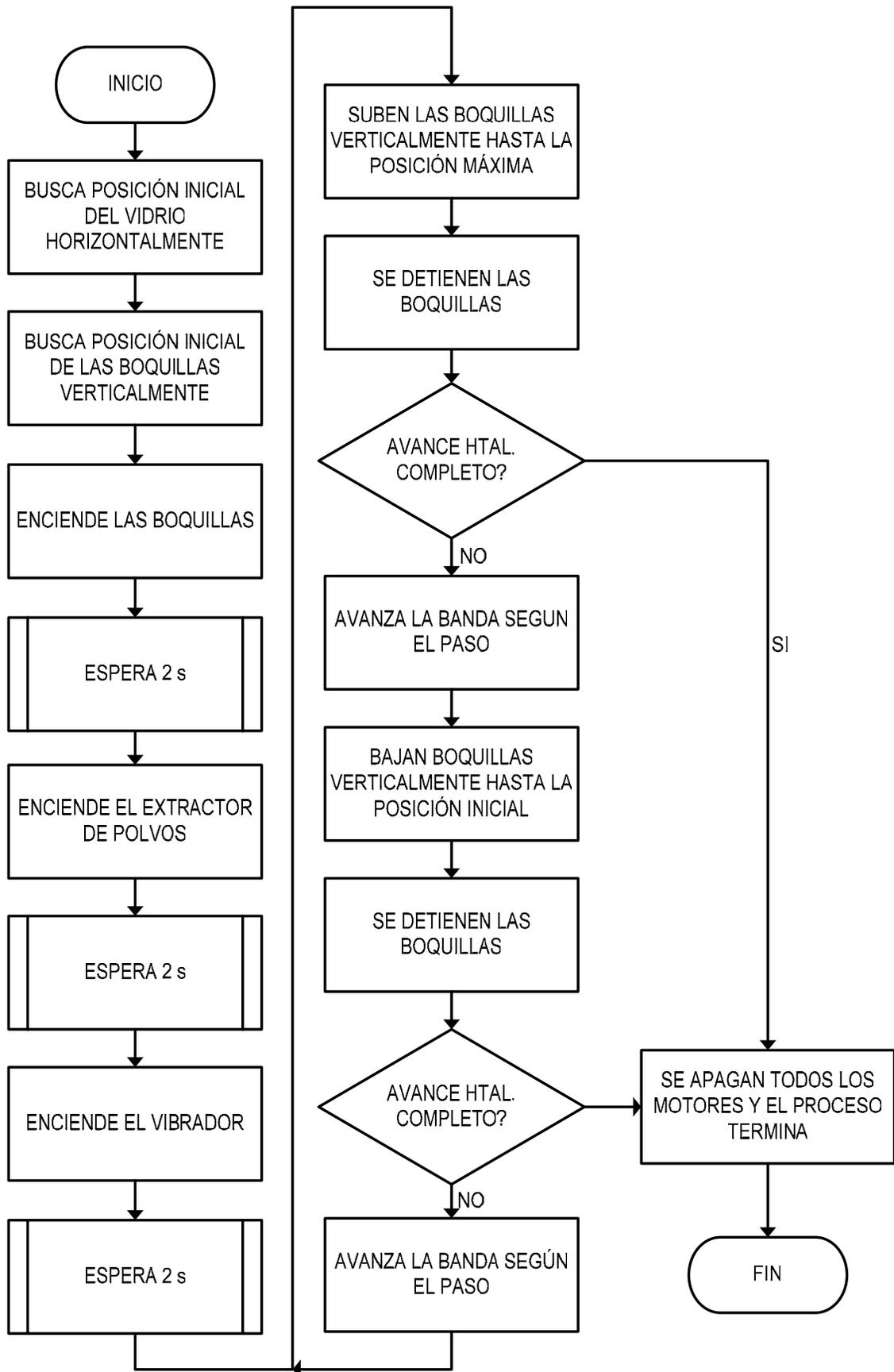


Figura 7.2 Diagrama de flujo del control principal

## CONCLUSIONES

Después de la instalación de todos los subsistemas en la máquina esmeriladora de vidrio se vio una notable mejora en el proceso y se cumplió con los objetivos señalados en un principio.

Se logró satisfactoriamente la automatización del proceso, se rediseñó un control manual más adecuado a la nueva situación de la máquina y gracias a los sensores instalados que funcionan tanto en el control manual como en el control automático se disminuyeron los accidentes y ruptura de los ejes que mueven el sistema de catarinas.

Se puede afirmar que fue un éxito el sistema de control, ya que desde su instalación hasta el momento es la forma en que se opera la máquina, es decir, substituyó casi por completo a la operación manual.

Gracias a la operación automática de la máquina, la calidad del producto terminado aumentó en forma considerable. Al no contar con un parámetro medible sólo se toman en cuenta los comentarios realizados por los clientes, que han dado a conocer su punto de vista del nuevo trabajo que se realiza y se han mostrado satisfechos con la calidad de los esmerilados; de tal forma, que el taller de esmerilado a ganado clientes desde que se instaló el sistema de control automático.

En cuanto al tiempo para esmerilar una hoja de vidrio ha disminuido. El parámetro que se tomó en cuenta es la medida de vidrio que más se trabaja en ese lugar que es de *1800X2400mm*, para una hoja de este tamaño se disponía de un tiempo de 90min en forma manual, ahora con el sistema automático de control sólo se requieren 50 minutos, es decir, menos del 60% del tiempo que se utilizaría si el proceso se realizara en forma manual.

En cuanto a la dificultad de operar la máquina con el nuevo sistema no se tuvo ningún problema, el mismo operador que realizaba el proceso anteriormente fue capacitado en unos cuantos minutos para que programe los datos que requiere el proceso. Los datos son simples y básicos: el alto y largo del vidrio, el paso de avance y el número de pasadas.

La máquina tiene trabajando con el sistema de control completamente terminado desde el 30 julio del 2007 y la fase de potencia terminada con un sistema de control automático provisional desde enero del 2007. Por el tiempo que la máquina lleva trabajando podemos afirmar que el sistema se concluyó exitosamente y está probado.

El presente trabajo termina con la automatización del proceso de esmerilar una hoja completa de vidrio. Pero queda abierta la posibilidad de aumentar la programación para la realización de figuras geométricas básicas como círculos, rectángulos, cenefas, etc., sin cambiar físicamente nada de lo ya instalado en la máquina.

Programa cargado en el microcontrolador 1 encargado de la interfaz usuario-maquina, asi como de ajustar los datos a milímetros.

```
        INCLUDE "P16F877A.INC"

;INICIALIZACION DE REGISTROS
        CBLOCK          0X20
N1T
N2T
N3T
N4T
TEMP1
TEMP2
TEMP3
CONTADOR
RESULTADO
N
X1V
X2V
X3V
X4V
Y1V
Y2V
Y3V
Y4V
P2
P1
PASADAS
SINO
B1
P2T
P1T
B2
B3
B4
LONGITUD1
LONGITUD2
AVANCE
ALTO1
ALTO2
VALOR
BANDERA1
AVANCE1
        ENDC

;PROGRAMA PRINCIPAL
        ORG          0X00
                GOTO  INICIO
        ORG          0X04
                GOTO  INTERRUPCION

;TABLAS DE MENSAJES PARA DESPLEGAR EN EL DISPLAY
TABLA1      ADDWF PCL,F
                DT          "BIENVENIDOS  TALLER DE BISEL"

TABLA2      ADDWF PCL,F
                DT          "ERROR"

TABLA3      ADDWF PCL,F
                DT          "LARGO  "

TABLA4      ADDWF PCL,F
                DT          "ALTO  "

TABLA5      ADDWF PCL,F
                DT          "PASO DE AVANCE  "
```

```

TABLA6      ADDWF PCL,F
            DT          "# DE PASADAS  "

TABLA7      ADDWF PCL,F
            DT          "PROCESANDO DATOS"

TABLA8      ADDWF PCL,F
            DT          " PROCESO  TERMINADO"
            RETLW B'10000000'

INICIO      NOP

```

```

;*****
;
;CONFIGURACIÓN
;*****
;

```

```

;CAMBIA AL BANCO 1
BSF  STATUS,RP0  ;RP0 = 1
;CONFIGURACION DEL PORTA Y PORTE COMO I/O DIGITALES
BSF  ADCON1,1    ;CONFIGURACION DEL PUERTO A Y E COMO DIGITALES
BSF  ADCON1,2    ;CONFIGURACION DEL PUERTO A Y E COMO DIGITALES
BCF  ADCON1,3    ;CONFIGURACION DEL PUERTO A Y E COMO DIGITALES
BCF  TRISE,2     ;PORTE,2 COMO SALIDA PARA ENERGIZAR EL TECLADO (7,4,1)
BCF  TRISE,1     ;PORTE,1 COMO SALIDA PARA ENERGIZAR EL TECLADO (8,5,2)
BCF  TRISE,0     ;PORTE,0 COMO SALIDA PARA ENERGIZAR EL TECLADO (9,6,3)
BSF  TRISA,1     ;PORTA,1 COMO EL ENTER DEL TECLADO
BSF  TRISA,2     ;PORTA,2 COMO EL DELAY DEL TECLADO
BSF  TRISA,3     ;PORTA,3 COMO ENTRADA DEL TECLADO (1,2,3)
BSF  TRISA,4     ;PORTA,4 COMO ENTRADA DEL TECLADO (4,5,6)
BSF  TRISA,5     ;PORTA,5 COMO ENTRADA DEL TECLADO (7,8,9)

```

```

;CONFIGURA LOS PUERTOS B Y C COMO ENTRADAS O SALIDAS DIGITALES

```

```

CLRFB  TRISB      ;TRANSMISION DE DATOS EN FORMA PARALELA AL DISPLAY
BSF  TRISC,7      ;PORTC,7 COMO ENTRADA (RECEPCION RS232)
BCF  TRISC,6      ;PORTC,6 COMO SALIDA (TRANSMISION RS232)
BCF  TRISC,0      ;(ACTIVA EL DISPLAY COMO DATO O COMANDO)
BCF  TRISC,1      ;PORTC,1 COMO SALIDA (ACTIVA EL DISPLAY COMO R/W)
BCF  TRISC,2      ;PORTC,2 COMO SALIDA (ENABLE DEL DISPLAY)
BSF  TRISD,2      ;PORTD,2 COMO BANDERA DE COMUNICACIÓN

```

```

;CONFIGURACION DE LA TRANSMISION E INTERRUPTIONES

```

```

MOVLW  B'00100100'  ;W=00100100
MOVWF  TXSTA        ;SE CONFIGURA EL STATUS DE TRANSMISION
MOVLW  .77          ;W=77
MOVWF  SPBRG        ;SE CONFIGURA LA VELOCIDAD DE TRANSMISION
BSF  INTCON,PEIE    ;PERMISO GLOBAL DE INTERRUPTIONES
BSF  INTCON,GIE
BSF  PIE1,RCIE      ;PERMISO DE RECEPCION

```

```

;CAMBIA AL BANCO 0

```

```

BCF  STATUS,RP0    ;REGRESA A BANCO 0

```

```

;CONFIGURACION DE LA RECEPCION

```

```

MOVLW  B'10010000'  ;CONFIGURACION DE RECEPCION
MOVWF  RCSTA

```

```

;*****
;
;INICIO DEL PROGRAMA
;*****
;

```

```

;INICIALIZACIÓN DE VALORES

```

```

CLRf N ;LIMPIA EL REGISTRO N
CLRf N1T ;LIMPIA EL REGISTRO N1T
CLRf N2T ;LIMPIA EL REGISTRO N2T
CLRf N3T ;LIMPIA EL REGISTRO N3T
CLRf N4T ;LIMPIA EL REGISTRO N4T
CLRf PORTC ;LIMPIA EL PUERTO C
CLRf PORTB ;LIMPIA EL PUERTO B
CLRf PORTE ;LIMPIA EL PUERTO E
CLRf PORTA ;LIMPIA EL PUERTO A
BCF PIR1,RCIF ;LIMPIA LA BANDERA DE RECEPCIÓN
BCF PIR1,TXIF ;LIMPIA LA BANDERA DE TRANSMISIÓN

```

```

CALL INICIALIZACION ;INICIALIZA EL DISPLAY
NOP

```

```

;DESPLIEGUE DE MENUS AL DISPLAY

```

```

MENU CALL SALUDO ;LLAMA A SALUDO
NOP ;ESPERA
CALL MENU2 ;LLAMA A MENU2
NOP ;ESPERA
FIN GOTO FIN ;VE A FIN

MENU2 CALL PREG2 ;PREGUNTA LA DIMENSION HORIZONTAL
CALL TECLADODIMX ;ESCANEAR LA DIMENSION HORIZONTAL
CALL ENTER2 ;LLAMA A ENTER DEL TECLADO
MOVWF SINO ;SINO=W
DECFSZ SINO,F ;SINO=SINO-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
GOTO $+2 ;SALTA UN RENGLON
GOTO MENU2 ;REGRESA A LA PREGUNTA ANTERIOR

MENU21 CALL PREG3 ;PREGUNTA LA DIMENSION VERTICAL
CALL TECLADODIMY ;ESCANEAR LA DIMENSION VERTICAL
CALL ENTER2 ;LLAMA A ENTER DEL TECLADO
MOVWF SINO ;SINO=W
DECFSZ SINO,F ;SINO=SINO-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
GOTO $+2 ;SALTA UN RENGLON
GOTO MENU21 ;REGRESA A LA PREGUNTA ANTERIOR

MENU22 CALL CLEAR ;LIMPIA EL DISPLAY
CALL PREG5 ;PREGUNTA EL PASO DE AVANCE
CALL TECLADOPASO ;ESCANEAR EL PASO DE AVANCE
CALL ENTER2 ;LLAMA A ENTER DEL TECLADO
MOVWF SINO ;SINO=W
DECFSZ SINO,F ;SINO=SINO-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
GOTO $+2 ;SALTA UN RENGLON
GOTO MENU22 ;REGRESA A LA PREGUNTA ANTERIOR

MENU23 CALL PREG6 ;PREGUNTA EL NUMERO DE PASADAS
CALL TECLADO ;ESCANEAR EL DATO
CALL DISPLAY ;DESPLIEGALO EN EL DISPLAY
CALL ENTER2 ;LLAMA A ENTER DEL TECLADO
MOVWF SINO ;SINO=W, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
DECFSZ SINO,F ;SINO=SINO-1
GOTO $+2 ;SALTA UN RENGLON
GOTO MENU23 ;REGRESA A LA PREGUNTA ANTERIOR
MOVF N,W ;N=W
MOVWF PASADAS ;W=PASADAS
CALL LETRERO2 ;DESPLIEGA EN DISPLAY "PROCESANDO DATOS"
CALL CALCULOS ;LLAMA A CALCULOS

```

GOTO COMUNICACIÓN ;VE A COMUNICACION

;LA SIGUIENTE RUTINA DESPLIEGA LOS DATOS INTRODUCIDOS EN EL PROGRAMA MIENTRAS LA MÁQUINA PERMANECE TRABAJANDO

```
RUTINA1    CALL    LETRERO3    ;DESPLIEGA EL ALTO Y LARGO DEL VIDRIO
           CALL    ENTER2    ;ESPERA QUE SE PULSE ENTER EN EL TECLADO
           CALL    LETRERO4    ;DESPLIEGA EL PASO DE AVANCE Y NUMERO DE

PASADAS
           CALL    ENTER2    ;ESPERA QUE SE PULSE ENTER EN EL TECLADO
           GOTO    RUTINA1    ;REGRESA

.*****
;
;LETREROS
;*****

SALUDO     CALL    CLEAR      ;LIMPIA EL DISPLAY
           CLRF    CONTADOR   ;LIMPIA EL CONTADOR
           MOVLW   B'1000101' ;COLOCA EL PULSOR DEL DISPLAY EN LA

POSICION CUATRO
           MOVWF   PORTB      ;W=PORT B
           CALL    COMANDO    ;MANDA LA ORDEN POR EL PUERTO B
SALUDO01   MOVF    CONTADOR,W ;W=CONTADOR
           CALL    TABLA1     ;LLAMA A TABLA1
           MOVWF   PORTB      ;W=PORT B
           CALL    DATO       ;MANDA EL DATO POR PUERTO B
           INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           MOVLW   .11        ;W=11
           SUBWF  CONTADOR,W  ;W=CONTADOR-11
           BTFSS  STATUS,Z    ;LA ULTIMA OPERACION FUE CERO
           GOTO    SALUDO1    ;NO, VE A SALUDO1
           BCF    STATUS,Z    ;SI, REGRESA LA BANDERA
           MOVLW   B'10101000' ;CAMBIA EL PULSOR DEL DISPLAY AL SEGUNDO

RENGLON
           MOVWF   PORTB      ;W=PORT B
SALUDO02   CALL    COMANDO    ;MANDA EL COMANDO POR EL PUERTO B
           MOVF    CONTADOR,W ;W=CONTADOR
           CALL    TABLA1     ;LLAMA A TABLA1
           MOVWF   PORTB      ;W=PORT B
           CALL    DATO       ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
           INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           MOVLW   .29        ;W=29
           SUBWF  CONTADOR,W  ;W=CONTADOR-W
           BTFSS  STATUS,Z    ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO    SALUDO2    ;NO, VE A SALUDO2
           BCF    STATUS,Z    ;SI, REGRESA LA BANDERA
           CALL    ENTER2     ;ESPERA A QUE SE DIGITE ENTER EN EL

TECLADO
           RETURN            ;REGRESA

LETRERO01  CALL    CLEAR      ;LIMPIA EL DISPLAY
           CLRF    CONTADOR   ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
LETRERO11  MOVF    CONTADOR,W ;W=CONTADOR
           CALL    TABLA2     ;LLAMA A TABLA2
           MOVWF   PORTB      ;W=PORTB
           CALL    DATO       ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
           INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           MOVLW   .5         ;W=5
           SUBWF  CONTADOR,W  ;W=CONTADOR-W
           BTFSS  STATUS,Z    ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO    LETRERO11 ;NO, VE A LETRERO11
           BCF    STATUS,Z    ;SI, REGRESA LA BANDERA
           CALL    ENTER2     ;ESPERA QUE SE DIGITE ENTER EN EL

TECLADO
           RETURN            ;REGRESA
```

```

LETRERO2    CALL    CLEAR    ;LIMPIA EL TECLADO
            CLRFB   CONTADOR  ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
LETRERO21  MOVFB   CONTADOR,W ;W=CONTADOR
            CALL    TABLA7   ;LLAMA A TABLA 7
            MOVWF   PORTB    ;W=PORTB
            CALL    DATO     ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
            INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
            MOVLW   .16      ;W=16
            SUBWF   CONTADOR,W ;W=CONTADOR-W
            BTFSS   STATUS,Z  ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
            GOTO    LETRERO21 ;NO, REGRESA A LETRERO21
            BCF     STATUS,Z  ;SI, REGRESA LA BANDERA
            RETURN   ;REGRESA

```

```

;*****
;
;PREGUNTAS
;*****
;

```

;¿LARGO DE VIDRIO?

```

PREG2      CALL    CLEAR    ;LIMPIA EL DISPLAY
            CLRFB   CONTADOR  ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
PREG21     MOVFB   CONTADOR,W ;W=CONTADOR
            CALL    TABLA3   ;LLAMA A TABLA 3
            MOVWF   PORTB    ;W=PUERTO B
            CALL    DATO     ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
            INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
            MOVLW   .6       ;W=6
            SUBWF   CONTADOR,W ;W=CONTADOR-W
            BTFSS   STATUS,Z  ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
            GOTO    PREG21   ;NO, REGRESA A PREG21
            BCF     STATUS,Z  ;SI, REGRESA LA BANDERA
            RETURN   ;REGRESA

```

;¿ALTO DE VIDRIO?

```

PREG3      CALL    CLEAR2   ;LIMPIA UNICAMENTE EL SEGUNDO RENGLON
DEL DISPLAY
PREG31     CLRFB   CONTADOR  ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
            MOVFB   CONTADOR,W ;W=CONTADOR
            CALL    TABLA4   ;LLAMA A TABLA4
            MOVWF   PORTB    ;W=PUERTO B
            CALL    DATO     ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
            INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
            MOVLW   .6       ;W=6
            SUBWF   CONTADOR,W ;W=CONTADOR-W
            BTFSS   STATUS,Z  ;¿EL RESULTADO DE LA ULTIMA OPERACION
FUE CERO?
            GOTO    PREG31   ;NO, REGRESA A PREG31
            BCF     STATUS,Z  ;SI, REGRESA LA BANDERA
            RETURN   ;REGRESA

```

;¿PASO DE AVANCE?

```

PREG5      CALL    CLEAR    ;LIMPIA EL DISPLAY
            CLRFB   CONTADOR  ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
PREG51     MOVFB   CONTADOR,W ;W=CONTADOR
            CALL    TABLA5   ;LLAMA A TABLA 5
            MOVWF   PORTB    ;W=PORTB
            CALL    DATO     ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
            INCF    CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
            MOVLW   .16      ;W=16
            SUBWF   CONTADOR,W ;W=CONTADOR-W
            BTFSS   STATUS,Z  ;¿EL RESULTADO DE LA ULTIMA OPERACION
FUE CERO?
            GOTO    PREG51   ;NO, REGRESA A PREG51
            BCF     STATUS,Z  ;SI, REGRESA LA BANDERA

```

```

RETURN                                ;REGRESA

;¿# DE PASADAS?

PREG6      CLRF      CONTADOR      ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
PREG61     MOVF      CONTADOR,W    ;W=CONTADOR
           CALL      TABLA6        ;LLAMA A TABLA 6
           MOVWF     PORTB         ;W= PUERTO B
           CALL      DATO          ;MANDA EL DATO POR EL PUERTO B
           INCF      CONTADOR,F    ;CONTADOR=CONTADOR+1
           MOVLW     .17           ;W=17
           SUBWF     CONTADOR,W    ;W=CONTADOR-W
           BTSS      STATUS,Z      ;¿EL RESULTADO DE LA ULTIMA OPERACION

FUE CERO?  GOTO      PREG61        ;NO, REGRESA A PREG61
           BCF      STATUS,Z      ;SI, REGRESA LA BANDERA
           RETURN                    ;REGRESA

;*****
;
;CALCULOS
;*****
;

;CALCULO DEL PASO DE AVANCE

CALCULOS   CLRF      P1T           ;LIMPIA EL REGISTRO P1T
           CLRF      P2T           ;LIMPIA EL REGISTRO P2T
           CLRF      B1            ;LIMPIA EL REGISTRO B1
           CLRF      AVANCE        ;LIMPIA EL REGISTRO AVANCE
           MOVLW     .0            ;W=0
           SUBWF     P2,W          ;W=P2-W
           BTSS      STATUS,Z      ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO      UNIDADES      ;NO, VE A UNIDADES
           BSF      B1,0          ;SI, ACTIVA LA BANDERA B1
           BCF      STATUS,Z      ;REGRESA LA BANDERA STATUS,Z
           MOVLW     .0            ;W=0
           SUBWF     P1,W          ;W=P1-W
           BTSS      STATUS,Z      ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO      UNIDADES      ;NO, VE A UNIDADES
           CALL      LETRERO1      ;SI, LLAMA A LETRERO 1
           GOTO      INICIO        ;VE A INICIO

ENCODER    INCF      AVANCE,F      ;AVANCE=AVANCE+1
           RETURN                    ;REGRESA

UNIDADES   CALL      ENCODER      ;LLAMA A ENCODER
           INCF      P1T,F         ;P1T=P1T+1
           BTFS      B1,0          ;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B1?
           GOTO      UNI1         ;SI, VE A UNI1
           MOVLW     .9            ;NO, W=9
           SUBWF     P1T,W         ;W=P1T-W
           BTSS      STATUS,Z      ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO      UNIDADES      ;NO, VE A UNIDADES
           MOVLW     .0            ;SI, W=0
           MOVWF     P1T          ;P1T=0
           GOTO      DECENAS       ;VE A DECENAS

UNI1       MOVF      P1T,W         ;W=P1T
           SUBWF     P1,W          ;W=P1-W
           BTSS      STATUS,Z      ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
           GOTO      UNIDADES      ;NO, VE A UNIDADES
           BCF      STATUS,Z      ;SI, REGRESA LA BANDERA
           GOTO      LONGITUD      ;VE A LONGITUD

DECENAS    CALL      ENCODER      ;LLAMA A ENCODER
           INCF      P2T,F         ;P2T=P2T+1

```

MOVF	P2T,W	;W=P2T
SUBWF	P2,W	;W=P2-P2T
BTSS	STATUS,Z	;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
GOTO	UNIDADES	;NO, VE A UNIDADES
BSF	B1,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B1
GOTO	UNIDADES	;VE A UNIDADES

;CALCULA LA LONGITUD TOTAL CON DOS REGISTROS CONCATENADOS

LONGITUD	CLRF	N1T	;LIMPIA EL REGISTRO N1T
	CLRF	N2T	;LIMPIA EL REGISTRO N2T
	CLRF	N3T	;LIMPIA EL REGISTRO N3T
	CLRF	N4T	;LIMPIA EL REGISTRO N4T
	CLRF	B1	;LIMPIA EL REGISTRO B1
	CLRF	B2	;LIMPIA EL REGISTRO B2
	CLRF	B3	;LIMPIA EL REGISTRO B3
	CLRF	B4	;LIMPIA EL REGISTRO B4
	CLRF	LONGITUD1	;LIMPIA EL REGISTRO LONGITUD1
	CLRF	LONGITUD2	;LIMPIA EL REGISTRO LONGITUD2
	MOVLW	.255	;W=255
	MOVWF	VALOR	;VALOR=255
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	X4V,W	;W=X4V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B4,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B4
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	X3V,W	;W=X3V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B3,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B3
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	X2V,W	;W=X2V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B2,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B2
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	X1V,W	;W=X1V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	CALL	LETRERO1	;DESPLIEGA ERROR EN EL DISPLAY
	GOTO	INICIO	;VE A INICIO
REVISION	BTSS	B4,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B4?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	MOVF	N3T,W	;W=N3T
	SUBWF	X3V,W	;W=X3V-N3T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B3,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B3
	MOVF	N2T,W	;W=N2T
	SUBWF	X2V,W	;W=X2V-N2T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B2,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B2
	MOVF	N1T,W	;W=N1T
	SUBWF	X1V,W	;W=X1V-N1T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	GOTO	ALTURA	;SI, VE A ALTURA
ENCODER1	INCF	B1,F	;B1=B1+1
	MOVF	B1,W	;W=B1

	SUBWF	AVANCE,W	;W=AVANCE-W
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	RETURN		;NO, REGRESA
	BCF	STATUS,Z	;SI, REGRESA LA BANDERA
	CLRF	B1	;LIMPIA EL REGISTRO B1
	INCF	LONGITUD1,F	;LONGITUD1=LONGITUD1+1
	MOVF	LONGITUD1,W	;W=LONGITUD1
	SUBWF	VALOR,W	;W=255-LONGITUD1
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	\$+3	;NO, SALTA DOS RENGLONES
	INCF	LONGITUD2,F	;SI, LONGITUD2=LONGITUD2+1
	CLRF	LONGITUD1	;LIMPIA EL REGISTRO LONGITUD1
	RETURN		;REGRESA
UNIDADES1	CALL	ENCODER1	;LLAMA A ENCODER1
	INCF	N1T,F	;N1T=N1T+1
	BTSS	B2,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B2?
	GOTO	UNI11	;SI, VE A UNI11
	MOVLW	.9	;NO, W=9
	SUBWF	N1T,W	;W=N1T-9
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	MOVLW	.0	;SI, W=0
	MOVWF	N1T	;N1T=0
	GOTO	DECENAS1	;VE A DECENAS
UNI11	MOVF	N1T,W	;W=N1T
	SUBWF	X1V,W	;W=X1V-N1T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BCF	STATUS,Z	;SI, REGRESA LA BANDERA
	GOTO	ALTURA	;VE A ALTURA
DECENAS1	CALL	ENCODER1	;LLAMA A ENCODER1
	INCF	N2T,F	;N2T=N2T+1
	BTSS	B3,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B3?
	GOTO	DECE11	;SI, VE A DECE11
	MOVLW	.10	;NO, W=10
	SUBWF	N2T,W	;W=N2T-10
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	MOVLW	.0	;SI, W=0
	MOVWF	N2T	;N2T=0
	GOTO	CENTENAS1	;VE A CENTENAS
DECE11	MOVF	N2T,W	;W=N2T
	SUBWF	X2V,W	;W=X2V-N2T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B2,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B2
	GOTO	REVISION	;VE A REVISION
CENTENAS1	INCF	N3T,F	;N3T=N3T+1
	BTSS	B4,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B4?
	GOTO	CENTE11	;SI, VE A CENTE11
	MOVLW	.10	;NO, W=10
	SUBWF	N3T,W	;W=N3T-10
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	MOVLW	.0	;SI W=0
	MOVWF	N3T	;N3T=0
	GOTO	MILLARES1	;VE A MILLARES1
CENTE11	MOVF	N3T,W	;W=N3T
	SUBWF	X3V,W	;W=X3V-N3T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?

	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B3,0	;ACTIVA LA BANDERA B3
	GOTO	REVISION	;VE A REVISION
MILLARES	INCF	N4T,F	;N4T=N4T+1
	MOVF	N4T,W	;W=N4T
	SUBWF	X4V,W	;W=X4V-N4T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES1	;NO, VE A UNIDADES1
	BSF	B4,0	;ACTIVA LA BANDERA B4
	GOTO	REVISION	;VE A REVISION

;CONCATENA DOS REGISTROS PARA LA ALTURA DEL VIDRIO

ALTURA	CLRF	N1T	;LIMPIA EL REGISTRO N1T
	CLRF	N2T	;LIMPIA EL REGISTRO N2T
	CLRF	N3T	;LIMPIA EL REGISTRO N3T
	CLRF	N4T	;LIMPIA EL REGISTRO N4T
	CLRF	B1	;LIMPIA EL REGISTRO B1
	CLRF	B2	;LIMPIA EL REGISTRO B2
	CLRF	B3	;LIMPIA EL REGISTRO B3
	CLRF	B4	;LIMPIA EL REGISTRO B4
	CLRF	ALTO1	;LIMPIA EL REGISTRO ALTO1
	CLRF	ALTO2	;LIMPIA EL REGISTRO ALTO2
	CLRF	BANDERA1	;LIMPIA EL REGISTRO BANDERA1

	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y4V,W	;W=Y4V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BSF	B4,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B4
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y3V,W	;W=Y3V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BSF	B3,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B3
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y2V,W	;W=Y2V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BSF	B2,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B2
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y1V,W	;W=Y1V-0
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	CALL	LETRERO1	;DESPLIEGA "ERROR" EN EL DISPLAY
	GOTO	INICIO	;VE A INICIO

REVISION2	BTSS	B4,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B4?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	MOVF	N3T,W	;SI, W=N3T
	SUBWF	Y3V,W	;W=Y3V-N3T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BCF	STATUS,Z	;SI, REGRESA LA BANDERA
	BSF	B3,0	;ACTIVA LA BANDERA B3
	MOVF	N2T,W	;W=N2T
	SUBWF	Y2V,W	;W=Y2V-N2T
	BTSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;VE A UNIDADES2
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	BSF	B2,0	;ACTIVA LA BANDERA B2
	MOVF	N1T,W	;W=N1T

	SUBWF	Y1V,W	;W=Y1V-N1T
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	GOTO	AJUSTE	;VE A AJUSTE
ENCODER2	INCF	B1,F	;B1=B1+1
	MOVLW	.6	;W=6
	SUBWF	B1,W	;W=B1-1
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR ES CERO?
	RETURN		;NO, REGRESA
	BCF	STATUS,Z	;SI, REGRESA LA BANDERA
	INCF	BANDERA1,F	;BANDERA1=BANDERA1+1
	MOVLW	.21	;W=21
	SUBWF	BANDERA1,W	;W=BANDERA1-21
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	CALL	ENCODER22	;SI, LLAMA A ENCODER22
	CLRF	B1	;NO, LIMPIA EL REGISTRO B1
	INCF	ALTO1,F	;ALTO1=ALTO1+1
	MOVLW	.255	;W=255
	SUBWF	ALTO1,W	;W=ALTO1-255
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	\$/+3	;NO, SALTA DOS LINEAS
	INCF	ALTO2,F	;SI, ALTO2=ALTO2+1
	CLRF	ALTO1	;LIMPIA EL REGISTRO ALTO1
	RETURN		;REGRESA
ENCODER22	BCF	STATUS,Z	;REGRESA LA BANDERA
	CLRF	BANDERA1	;LIMPIA EL REGISTRO BANDERA1
	DEC	ALTO1,F	;ALTO1=ALTO1-1
	RETURN		;REGRESA
UNIDADES2	CALL	ENCODER2	
	INCF	N1T,F	;N1T=N1T+1
	BTFS	B2,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B2?
	GOTO	UNI12	;SI, VE A UNI12
	MOVLW	.9	;NO, W=9
	SUBWF	N1T,W	;W=N1T-9
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	MOVLW	.0	;SI, W=0
	MOVWF	N1T	;N1T=0
	GOTO	DECENAS2	;VE A DECENAS
UNI12	MOV	N1T,W	;N1T=W
	SUBWF	Y1V,W	;W=Y1V-N1T
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	
	BCF	STATUS,Z	
	GOTO	AJUSTE	
DECENAS2	CALL	ENCODER2	;LLAMA A ENCODER2
	INCF	N2T,F	;N2T=N2T+1
	BTFS	B3,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B2?
	GOTO	DECE12	;SI, VE A DECE12
	MOVLW	.10	;W=10
	SUBWF	N2T,W	;W=N2T-10
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES
	MOVLW	.0	;SI W=0
	MOVWF	N2T	;N2T=0
	GOTO	CENTENAS2	;VE A CENTENAS2
DECE12	MOV	N2T,W	;W=N2T
	SUBWF	Y2V,W	;W=Y2V-N2T
	BTFS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?

	GOTO	UNIDADES2	;VE A UNIDADES2
	BSF	B2,0	;ACTIVA LA BANDERA B2
	GOTO	REVISION2	;VE A REVISION
CENTENAS2	INCF	N3T,F	;N3T=N3T+1
	BTFSC	B4,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA B4?
	GOTO	CENTE12	;SI, VE A CENTE12
	MOVLW	.10	;NO, W=10
	SUBWF	N3T,W	;W=N3T-10
	BTFSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;SI, VE A UNIDADES2
	MOVLW	.0	;NO, W=0
	MOVWF	N3T	;N3T=0
	GOTO	MILLARES2	;VE A MILLARES2
CENTE12	MOVF	N3T,W	;W=N3T
	SUBWF	Y3V,W	;W=Y3V-N3T
	BTFSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BSF	B3,0	;ACTIVA LA BANDERA B3
	GOTO	REVISION2	;VE A REVISION2
MILLARES2	INCF	N4T,F	;N4T=N4T+1
	MOVF	N4T,W	;W=N4T
	SUBWF	Y4V,W	;W=Y4V-N4T
	BTFSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	UNIDADES2	;NO, VE A UNIDADES2
	BSF	B4,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA B4
	GOTO	REVISION2	;VE A REVISION2

;EL SIGUIENTE PROGRAMA AJUSTA EL AVANCE A LA RESOLUCION DEL ENCODER DE 1.5 mm

AJUSTE	CLRF	BANDERA1	;LIMPIA EL REGISTRO BANDERA1
	MOVF	AVANCE,W	;AVANCE=W
	MOVWF	AVANCE1	;W=AVANCE1
AJUSTE1	CLRF	AVANCE	;LIMPIA EL REGISTRO AVANCE
	DECF	AVANCE1,F	;AVANCE1=AVANCE1-1
	BTFSC	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	RETURN		;REGRESA
	INCF	BANDERA1,F	;BANDERA1=BANDERA1+1
	MOVLW	.3	;W=3 (MULTIPLICA POR 3)
	SUBWF	BANDERA1,W	;W=BANDERA1-3
	BTFSS	STATUS,Z	;¿LA OPERACION ANTERIOR FUE CERO?
	GOTO	AJUSTE1	;NO, VE A AJUSTE1
	BCF	STATUS,Z	;SI, REGRESA LA BANDERA
	CLRF	BANDERA1	;LIMPIA EL REGISTRO BANDERA1
	INCF	AVANCE,F	;DIVIDE ENTRE 2
	INCF	AVANCE,F	
	GOTO	AJUSTE1	;VE A AJUSTE1

\*\*\*\*\*  
;MANDA LOS DATOS AL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL  
\*\*\*\*\*

COMUNICACION PRINCIPAL	MOVF	LONGITUD1,W	;MANDA EL DATO 1
	CALL	TRANSMISION	;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR
PRINCIPAL	CALL	RETARDO	;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
	MOVF	LONGITUD2,W	;MANDA EL DATO 2
	CALL	TRANSMISION	;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR
PRINCIPAL	CALL	RETARDO	;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
	MOVF	ALTO1,W	;MANDA EL DATO 3
	CALL	TRANSMISION	;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR
PRINCIPAL			

```

PRINCIPAL CALL RETARDO ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
MOVF ALTO2,W ;MANDA EL DATO 4
CALL TRANSMISION ;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR

PRINCIPAL CALL RETARDO ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
MOVF AVANCE,W ;MANDA EL DATO 5
CALL TRANSMISION ;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR

PRINCIPAL CALL RETARDO ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
MOVF PASADAS,W ;MANDA EL DATO 6
CALL TRANSMISION ;TRANSMITE EL DATO AL MICROCONTROLADOR

CALL RETARDO ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
GOTO RUTINA1 ;VE A RUTINA1

```

```

;*****
;
;LETREROS
;*****
;

```

```

;EL SIGUIENTE LETRERO DESPLIEGA "X ****, Y *****"

```

```

LETRERO3 CALL PREG2 ;DESPLIEGA EL LETRERO "LARGO"
MOVF X4V,W ;W=X4V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF X3V,W ;W=X3V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF X2V,W ;W=X2V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF X1V,W ;W=X1V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
CALL PREG3 ;DESPLIEGA EL LETRERO "LARGO"
MOVF Y4V,W ;W=Y4V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF Y3V,W ;W=Y3V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF Y2V,W ;W=Y2V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF Y1V,W ;W=Y1V
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
RETURN ;REGRESA

```

```

;EL SIGUIENTE LETRERO DESPLIEGA "PASO DE AVANCE ****, # PASADAS *****"

```

```

LETRERO4 CALL PREG5 ;DESPLIEGA EN DISPLAY "PASO DE AVANCE"
MOVF P2,W ;W=P2
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVF P1,W ;W=P1
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVLW B'10101000' ;COLOCA EL PULSOR EN EL SEGUNDO
REGLON DEL DISPLAY
MOVWF PORTB ;COLOCA EL COMANDO EN PUERTO B
CALL COMANDO ;MANDA EL COMANDO
CALL PREG6 ;DESPLIEGA EN DISPLAY "# DE PASADAS"
MOVF PASADAS,W ;W=PASADAS
CALL TECLADO2 ;ASIGNA EL CODIGO ASCII DEL NUMERO A W
CALL DISPLAY ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
RETURN ;REGRESA

```

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA COLOCA EN EL DISPLAY EL LETRERO "PROCESO TERMINADO"

```

INTERRUPCION CALL      CLEAR      ;LIMPIA EL DISPLAY
                  CLRF        CONTADOR ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
                  MOVLW      B'10000101' ;COLOCA EL PULSOR DEL DISPLAY EN LA
POSICION 7 DEL PRIMER RENGLON
                  MOVWF      PORTB     ;MUEVE EL COMANDO AL PUERTO B
                  CALL       COMANDO   ;MANDA EL COMANDO
FINAL            MOVF       CONTADOR,W ;W=CONTADOR
                  CALL       TABLA8    ;LLAMA A TABLA8
                  MOVWF      PORTB     ;MUEVA EL DATO AL PUERTO B
                  CALL       DATO      ;MANDA EL DATO
                  INCF       CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
                  MOVLW      .8        ;W=8
                  SUBWF      CONTADOR,W ;W=CONTADOR-8
                  BTFSS     STATUS,Z   ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
                  GOTO      FINAL      ;VE A FINAL
                  BCF       STATUS,Z   ;REGRESA LA BANDERA
                  MOVLW      B'10101000' ;COLOCA EL PULSOR EN EL SEGUNDO
RENGLON
                  MOVWF      PORTB     ;MUEVE EL COMANDO AL PUERTO B
                  CALL       COMANDO   ;MANDA EL COMANDO AL DISPLAY
FINAL2          MOVF       CONTADOR,W ;W=CONTADOR
                  CALL       TABLA8    ;LLAMA A TABLA8
                  MOVWF      PORTB     ;MUEVE EL DATO AL PUERTO B
                  CALL       DATO      ;MANDA EL DATO AL DISPLAY
                  INCF       CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
                  MOVLW      .22       ;W=22
                  SUBWF      CONTADOR,W ;W=CONTADOR-22
                  BTFSS     STATUS,Z   ;¿LA ULTIMA OPERACION FUE CERO?
                  GOTO      FINAL2     ;NO, VE A FINAL2
                  BCF       STATUS,Z   ;REGRESA LA BANDERA
                  CALL       ENTER2    ;ESPERA QUE SE DIGITE ENTER EN EL
TECLADO
                  GOTO      INICIO     ;VE A INICIO

```

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA SENA EL NUMERO DIGITADO EN EL TECLADO, ASIGNA EL VALOR NUMERICO AL REGISTRO N Y REGRESA A W CON EL VALOR EN CODIGO ASCCI

```

TECLADO        CALL      RETARDO     ;LLAMA A UN RETARDO DE 80 mS
                  CLRF      PORTE     ;LIMPIA EL PUERTO E
                  CLRF      PORTB     ;LIMPIA EL PUERTO B
                  BTFSC     PORTA,0   ;¿EL VALOR DE 0 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      CERO      ;SI, VE A CERO
                  BSF       PORTE,2   ;ENCIENDE EL PORTE,2
                  BTFSC     PORTA,5   ;¿EL VALOR DE 7 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      SIETE     ;SI, VE A SIETE
                  BTFSC     PORTA,4   ;¿EL VALOR DE 4 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      CUATRO    ;SI, VE A CUATRO
                  BTFSC     PORTA,3   ;¿EL VALOR DE 1 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      UNO       ;SI, VE A UNO
                  BCF       PORTE,2   ;APAGA EL PORTE,2
                  BSF       PORTE,1   ;ENCIENDE EL PORTE,1
                  BTFSC     PORTA,5   ;¿EL VALOR DE 8 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      OCHO      ;SI, VE A OCHO
                  BTFSC     PORTA,4   ;¿EL VALOR DE 5 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      CINCO     ;SI, VE A CINCO
                  BTFSC     PORTA,3   ;¿EL VALOR DE 2 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      DOS       ;SI, VE A DOS
                  BCF       PORTE,1   ;APAGA EL PORTE,1
                  BSF       PORTE,0   ;ENCIENDE EL PORTE,0
                  BTFSC     PORTA,5   ;¿EL VALOR DE 9 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      NUEVE     ;SI, VE A NUEVE
                  BTFSC     PORTA,4   ;¿EL VALOR DE 6 ESTA DIGITADO?
                  GOTO      SEIS      ;SI, VE A SEIE

```

	BTFSC	PORTA,3	;¿EL VALOR DE 3 ESTA DIGITADO?
	GOTO	TRES	;SI, VE A TRES
	BCF	PORTE,0	;APAGA EL PORTE,0
	GOTO	TECLADO	;REGRESA A TECLADO
UNO	MOVLW	.1	;W=1
	MOVWF	N	;N=1
	MOVLW	'1'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,3	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
DOS	MOVLW	.2	;W=2
	MOVWF	N	;N=2
	MOVLW	'2'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,3	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
TRES	MOVLW	.3	;W=3
	MOVWF	N	;N=3
	MOVLW	'3'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,3	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
CUATRO	MOVLW	.4	;W=4
	MOVWF	N	;N=4
	MOVLW	'4'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,4	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
CINCO	MOVLW	.5	;W=5
	MOVWF	N	;N=5
	MOVLW	'5'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,4	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
SEIS	MOVLW	.6	;W=6
	MOVWF	N	;N=6
	MOVLW	'6'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,4	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
SIETE	MOVLW	.7	;W=7
	MOVWF	N	;N=7
	MOVLW	'7'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,5	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
OCHO	MOVLW	.8	;W=8
	MOVWF	N	;N=8
	MOVLW	'8'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,5	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
NUEVE	MOVLW	.9	;W=9
	MOVWF	N	;N=9
	MOVLW	'9'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,5	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;SI, REGRESA
CERO	MOVLW	.0	;W=0
	MOVWF	N	;N=0
	MOVLW	'0'	;ASIGNA EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO A W
	BTFSC	PORTA,0	;¿EL BOTON YA SE DEJO DE PULSAR?
	GOTO	\$.-1	;NO, ESPERA
	RETURN		;REGRESA

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA IDENTIFICA EL NUMERO PARA POSTERIORMENTE MANADARLO A LA SUBROUTINA Y CARGAR EN W EL CODIGO ASCCI DEL NUMERO

TECLADO2	MOVWF	N	;W=N
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	UNO	;VE A UNO
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	DOS	;VE A DOS
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	TRES	;VE A TRES
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	CUATRO	;VE A CUATRO
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	CINCO	;VE A CINCO
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	SEIS	;VE A SEIS
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	SIETE	;VE A SIETE
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	OCHO	;VE A OCHO
	DECFSZ	N,F	;N=N-1, SALTA SI EL RESULTADO ES CERO
	GOTO	\$_+2	;SALTA UNA LINEA
	GOTO	NUEVE	;VE A NUEVE
	GOTO	CERO	;VE A CERO

;LAS SIGUIENTES RUTINAS SE ENCARGAN DE INTRODUCIR LOS DATOS A LAS DIFERENTES VARIABLES ASI COMO DESPLEGARLOS EN EL DISPLAY

TECLADODIMX	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	X4V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO X4V
	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	X3V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO X3V
	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	X2V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO X2V
	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	X1V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO X1V
	RETURN		;REGRESA

TECLADODIMY	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	Y4V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO Y4V
	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO
	NOP		;ESPERA
	CALL	DISPLAY	;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
	MOVWF	N,W	;W=N
	MOVWF	Y3V	;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO Y3V
	CALL	TECLADO	;LLAMA A TECLADO

```

NOP                                ;ESPERA
CALL      DISPLAY                   ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVWF    N,W                       ;W=N
MOVWF    Y2V                       ;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO Y2V
CALL     TECLADO                    ;LLAMA A TECLADO
NOP                                             ;ESPERA
CALL     DISPLAY                   ;DESPLIEGA EL NUMERO EN DISPLAY
MOVWF    N,W                       ;W=N
MOVWF    Y1V                       ;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO Y1V
RETURN                                       ;REGRESA

TECLADOPASO CALL     TECLADO        ;LLAMA A TECLADO
NOP                                             ;ESPERA
CALL     DISPLAY        ;DESPLIEGA EL NUMERO EN EL DISPLAY
MOVWF    N,W           ;W=N
MOVWF    P2            ;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO P2
CALL     TECLADO        ;LLAMA A TECLADO
NOP                                             ;ESPERA
CALL     DISPLAY        ;DESPLIEGA EL NUMERO EN EL DISPLAY
MOVWF    N,W           ;W=N
MOVWF    P1            ;ASIGNA EL VALOR AL REGISTRO P1
RETURN                                       ;REGRESA

;*****
;
;INICIO DE LAS DIFERENTES RUTINAS
;*****
;

TRANSMISION MOVWF    TXREG          ;MUEVE EL ACUMULADOR AL REGISTRO W
BTFSS     PIR1,TXIF              ;PREGUNTA SI ESTA LISTO PARA COMUNICAR
GOTO     $-1                     ;NO, REGRESA
BTFSS     PORTD,2                ;SI, PREGUNTA SI EL PORTD,2 ES UNO
GOTO     $-1                     ;NO, REGRESA
BTFSC     PORTD,2                ;SI, PREGUNTA SI EL PORTD,2 ES CERO
GOTO     $-1                     ;NO, REGRESA
BCF       PIR1,TXIF              ;SI, LIMPIA LA BANDERA DE TRANSMISION
BCF       PIR1,RCIF              ;LIMPIA LA BANDERA DE RECEPCION
RETURN                                       ;REGRESA

INICIALIZACION
CALL     RETARDO                ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
NOP                                             ;ESPERA
CALL     RETARDO                ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
NOP                                             ;ESPERA
CALL     RETARDO                ;LLAMA A RETARDO DE 80 mS
NOP                                             ;ESPERA
CALL     CLEAR                  ;LLAMA A SUBROUTINA CLEAR DISPLAY
NOP
NOP
NOP
CALL     FUNCIONSET             ;LLAMA A SUBROUTINA FUNCIONSET DISPLAY
NOP
CALL     DISPLAYONOFF          ;LLAMA A SUBROUTINA DISPLAYONOFF
NOP
CALL     ENTRYMODESET          ;LLAMA A SUBROUTINA ENTRYMODESET

DISPLAY
NOP
RETURN

;LA SIGUIENTE RUTINA SE ENCARGA DE DAR PASO AL SIGUIENTE MENU O REEGRESAR

ENTER2     CALL     RETARDO        ;LLAMA A RETARDO DE 80 ms
           BTFSC     PORTA,1       ;PREGUNTA SI EL BOTON DE ENTER ESTA

OPRIMIDO
           GOTO     SI             ;SI, VE A SI
           BTFSC     PORTA,2       ;NO, PREGUNTA SI EL BOTON DE DELAY ESTA

OPRIMIDO

```

```

                GOTO    NO          ;SI, VE A NO
                GOTO    ENTER2      ;VE A LA SUBROUTINA ENTER2

SI
OPRIMIDO      BTFS    PORTA,1      ;PREGUNTA SI EL BOTON TODAVIA ESTA

                GOTO    $-1         ;SI, VUELVE A PREGUNTAR
                MOVLW   .2          ;NO, W=2
                RETURN            ;REGRESA

NO
OPRIMIDO      BTFS    PORTA,2      ;PREGUNTA SI EL BOTON TODAVIA ESTA

                GOTO    $-1         ;SI,VUELVE A PREGUNTAR
                MOVLW   .1          ;NO, W=1
                RETURN            ;REGRESA

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA COLOCA CUATRO LUGARES PARA LOS NUMEROS

ESPACIOS      MOVLW   .4           ;W=4
                MOVWF   CONTADOR    ;W=CONTADOR
                MOVLW   B'00101010' ;MANDA EL DATO DE ESPACIO
                MOVWF   PORTB       ;CARGA EL DATO EN EL PUERTO B
                CALL    DATO        ;MANDA EL DATO AL DISPLAY
                DECFSZ  CONTADOR,F   ;CONTADOR=CONTADOR-1, ¿EL RESULTADO
                GOTO    $-2         ;NO, REGRESA 2
                RETURN            ;REGRESA

;LA SIGUIENTE RUTINA FUNCIONA COMO UN BOTON ENTER PARA CADA INSTRUCCION DEL
;DISPLAY

ENTER         BSF     PORTC,2      ;ACTIVA E
                BCF     PORTC,2      ;DESACTIVA E
                CALL    RETARDO     ;LLAMA A RETARDO DE 80 ms
                CALL    BANDERA     ;VE A BANDERA
                RETURN

;LA SIGUIENTE RUTINA SE ENCARGA DE DESPLEGAR UN SOLO CARACTER EN EL DISPLAY

DISPLAY      MOVWF   PORTB        ;PORTB=W
                CALL    DATO        ;MANDA EL DATO AL DISPLAY
                RETURN            ;REGRESA

;LA SIGUIENTE RUTINA ES UN INDICADOR DEL ESTADO OCUPADO DEL LCD

BANDERA      NOP                    ;ESPERA
                NOP                    ;ESPERA
                NOP                    ;ESPERA
                RETURN                ;REGRESA

;LA SIGUIENTE RUTINA SE MANDA A LLAMAR CADA QUE HAY QUE INTRODUCIR UN DATO

DATO         BSF     PORTC,0        ;RS COMO DATO
                BCF     PORTC,1      ;R/W COMO WRITE
                CALL    ENTER        ;VE A ENTER
                NOP                    ;ESPERA
                RETURN                ;REGRESA

;LA SIGUIENTE RUTINA SE LLAMA CUANDO SE INTRODUCI UN COMANDO

COMANDO      BCF     PORTC,0        ;RS MODO COMANDO
                BCF     PORTC,1      ;R/W MODO WRITE
                CALL    ENTER        ;VE A ENTER
                RETURN                ;REGRESA

```

;LA SIGUIENTE RUTINA PONE EL PULSOR EN LA POSICION CERO Y CON AUTONICREMENTO

```
CLEAR      MOVLW      B'00000001'  ;CARGA EL DATO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;PORTB=W
           CALL      COMANDO    ;VE A COMANDO
           RETURN    ;REGRESA
```

;LA SIGUIENTE RUTINA BORRA UNICAMENTE EL RENGLON DE ABAJO

```
CLEAR2     MOVLW      B'10101000'  ;CARGA EL DATO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;W=PORTB
           CALL      COMANDO    ;MANDA EL COMANDO AL DISPLAY
           MOVLW     .19        ;W=19
           MOVWF     CONTADOR   ;CONTADOR=W
           MOVLW     B'10000000'  ;CARGA EL DATO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;W=PORTB
           CALL      DATO       ;MANDA EL DATO AL DISPLAY
           DECFSZ    CONTADOR,F  ;CONTADOR=CONTADOR-1, ¿EL RESULTADO ES
CERO?      GOTO      $-4        ;NO, REGRESA CUATRO RENGLONES
           MOVLW     B'10101000'  ;SI, CARGA EL COMANDO EN AL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;W=PORTB
           CALL      COMANDO    ;MANDA EL COMANDO AL DISPLAY
           RETURN    ;REGRESA
```

;LA SIGUIENTE RUTINA ESTABLECE EL BUS DE DATOS DE 8 BITS Y EL NUMERO DE LINEAS Y EL FORMATO DE LETRA

```
FUNCIONSET MOVLW      B'00111000'  ;CARGA EL COMANDO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;PORTB=W
           CALL      COMANDO    ;VE A COMANDO
           RETURN    ;REGRESA
```

;LA SIGUIENTE RUTINA ACTIVA EL DISPLAY Y DEJA PARPADANDO EL PULSOR

```
DISPLAYONOFF MOVLW     B'00001111'  ;CARGA EL COMANDO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;PORTB=W
           CALL      COMANDO    ;VE A COMANDO
           RETURN    ;REGRESA
```

;LA SIGUIENTE RUTINA INCREMENTA INCREMENTA EL CURSOR

```
ENTRYMODESET MOVLW     B'00000110'  ;CARGA EL COMANDO EN EL ACUMULADOR
           MOVWF     PORTB      ;PORTB=W
           CALL      COMANDO    ;VE A COMANDO
           RETURN    ;REGRESA
```

```
.*****
;
;RETARDO PARA APROXIMADAMENTE 80 MSEG.
;*****
```

```
RETARDO    CLRF      TEMP1      ;LIMPIA EL REGISTRO TEMP1
           CLRF      TEMP2      ;LIMPIA EL REGISTRO TEMP2
           MOVLW     .4         ;W=4
           MOVWF     TEMP1      ;W=TEMP1
INI1       NOP          ;ESPERA
           MOVLW     .50        ;W=50
           MOVWF     TEMP2      ;W=TEMP2
INI2       NOP          ;ESPERA
           MOVLW     .50        ;W=50
           MOVWF     TEMP3      ;W=TEMP3
INI3       NOP          ;ESPERA
           DECFSZ   TEMP3,F     ;TEMP3=TEMP3-1
           BTSS     STATUS,Z    ;SALTA SI EL RESULTADO FUE CERO
```



Programa cargado en el microcontrolador 2, encargado de controlar el proceso en lazo cerrado

INCLUDE"P16F877A.INC"

```

                ORG          0X00
                GOTO        MAIN
                ORG          0X04
                GOTO        INTER

MAIN            CLRF        PORTA      ;LIMPIA ELPUERTO A
                CLRF        PORTC      ;LIMPIA EL PUERTO C
                CLRF        PORTD      ;LIMPIA EL PUERTO D
                CLRF        PORTE      ;LIMPIA EL PUERTO E

;*****
;
;CONFIGURACION
;*****

                ;CONFIGURACION DEL PUERTO A Y E COMO DIGITALES

                BSF         STATUS,RP0 ;CAMBIA A BANCO 1
                BCF         ADCON1,0
                BSF         ADCON1,1
                BSF         ADCON1,2

                ;CONFIGURACION DE PUERTOS

                CLRF        TRISB       ;PORTB COMO SALIDAS
                BSF         TRISC,7     ;PORTC,7 COMO ENTRADA
                BCF         TRISC,6     ;PORTC,6 COMO SALIDA
                BSF         TRISA,0     ;PORTA,0 COMO ENTRADA
                BCF         TRISD,2     ;PORTA,1 COMO SALIDA

                ;DECLARACION DE ENTRADAS Y SALIDAS

                BCF         TRISC,1     ;CONTACTOR DE AVANCE
                BCF         TRISD,1     ;CONTACTOR MOTOR 1 REVERSA
                CLRF        TRISA       ;(1)BANCO DE TRIACS MOTOR1
                                        ;(2)BANCO DE TRIACS MOTOR2
                                        ;(3)CONTACTOR BAJA,
                                        ;(5)CONTACTOR SUBE,
                BCF         TRISD,0     ;ON/OFF VIBRADOR
                BCF         TRISC,3     ;ON/OFF EXTRACTOR
                BSF         TRISE,1     ;ENCODER MOTOR1
                BCF         TRISC,2     ;ON/OFF BOQUILLAS
                BSF         TRISE,0     ;ENCODER MOTOR2
                BSF         TRISC,0     ;SENSOR INFERIOR
                BSF         TRISE,2     ;SENSOR SUPERIOR

                ;CONFIGURACION DEL MODO TRANSMISION

                MOVLW        B'00100100' ;CONFIGURACION DE LA TRANSMISION
                MOVWF        TXSTA
                MOVLW        .77        ;CONFIGURACION DE
                MOVWF        SPBRG      ;LA VELOCIDAD DE TRANSMISION
                BSF         INTCON,PEIE ;PERMISO GLOBAL DE
                BSF         INTCON,GIE  ;INTERRUPCIONES
                BSF         PIE1,RCIE
                BCF         STATUS,RP0 ;REGRESO A BANCO 0

;*****
;
;INICIALIZA VARIABLES
;*****
                CBLOCK          0X20
                TEMP11

```

TEMP22  
 TEMP33  
 FLAG  
 DATO  
 CONTADOR  
 LARGO1  
 LARGO2  
 ALTO1  
 AVANCE  
 PASADAS  
 TEMP1  
 TEMP2  
 TEMP3  
 TEMP4  
 TEMP5  
 TEMP6  
 FINAL  
 FLAG2  
 Y2  
 Y1  
 FLAG3

;CONFIGURACION DEL MODO RECEPCION

MOVLW	B'10010000'	;CONFIGURACION DE RECEPCION
MOVWF	RCSTA	
BCF	PIR1,RCIF	;LIMPIA LA BANDERA DE RECEPCION
BCF	PIR1,TXIF	;LIMPIA LA BANDERA DE TRANSMISION
CLRF	PORTB	;LIMPIA EL PUERTO B
CLRF	FLAG	;LIMPIA EL REGISTRO LLAMADO BANDERA
MOVLW	B'00000001'	;W=1
MOVWF	CONTADOR	;W=CONTADOR
BTFSZ	FLAG,0	;¿FLAG,0==1?
GOTO	\$_-1	;NO, REGRESA
GOTO	HOME	;SI VE AHOME

.\*\*\*\*\*  
 ,  
 COMUNICACION  
 .\*\*\*\*\*  
 ,

;SUBROUTINA QUE SE ENCARGA DE RECIBIR LOS DATOS DEL MICROCONTROLADOR 1

INTER	BTFSZ	PIR1,RCIF	;¿YA HAY UN DATO EN RECEPCION?
	GOTO	\$_-1	;NO, VUELVE A PREGUNTAR
	MOVWF	CONTADOR,W	;SI, W=CONTADOR (NUMERO DE DATO)
	MOVWF	DATO	;CONTADOR=DATO
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO1	;VE A DATO 1
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO2	;VE A DATO 2
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO3	;VE A DATO 3
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO4	;VE A DATO 4
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO5	;VE A DATO 5
	DECFSZ	DATO,F	;DATO=DATO-1, ¿ES CERO?
	GOTO	\$_+2	;SALTA 2
	GOTO	DATO6	;VE A DATO 6
	GOTO	FIN	;VE A FIN

```

DATO1      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     LARGO1     ;W=LARGO1
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

DATO2      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     LARGO2     ;W=LARGO2
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

DATO3      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     ALTO1     ;W=ALTO1
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

DATO4      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     ALTO2     ;W=ALTO2
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

DATO5      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     AVANCE     ;W=AVANCE
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

DATO6      MOVF      RCREG,W      ;W=BUFFER DE RECEPCION
           MOVWF     PASADAS    ;W=PASADAS
           BCF       PIR1,RCIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE RECEPCION
           BCF       PIR1,TXIF  ;LIMPIA EL BUFFER DE TRANSMISION
           INCF      CONTADOR,F ;CONTADOR=CONTADOR+1
           CALL      RECIBO     ;MANDA SEÑAL DE QUE EL DATO FUE RECIBIDO
           BSF       FLAG,0     ;DATOS COMPLETOS
           RETFIE           ;REGRESA DE LA INTERRUPCION

;LA SUBROUTINA LE MANDA UNA SEÑAL DE DATO RECIBIDO AL MICROCONTROLADO1

RECIBO     BSF       PORTD,2     ;MANDA LA SEÑAL POR EL PUERTOD,2
           NOP
           NOP
           BCF       PORTD,2     ;APAGA LA SEÑAL
           RETURN           ;REGRESA

;*****
;
;INICIO
;*****

HOME      CALL      DELAY       ;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
           CALL      DELAY       ;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
           BTFSC    PORTC,0     ;LAS BOQUILLAS ESTAN ABAJO?
           GOTO     INICIO      ;SI VE A INICIO

```

	BSF	PORTA,3	;NO ENCIENDE CONTACTOR BAJA
	BSF	PORTA,2	;ENCIENDE BANCO DE TRIACS MOTOR 2
	CALL	DELAY	; RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BTFSS	PORTC,0	;¿LAS BOQUILLAS ESTAN ABAJO?
	GOTO	\$.-1	;NO REGRESA
	BCF	PORTA,3	;SI APAGA CONTACTOR BAJA
	BCF	PORTA,2	;APAGA BANCO DE TRIACS MOTOR 2
	GOTO	INICIO	;VE A INICIO
INICIO	CALL	DELAY	; RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CLRF	FLAG	;LIMPIA LA BANDERA FLAG
	CLRF	FLAG3	;LIMPIA LA BANDERA FLAG3
	BSF	PORTC,2	;ENCIENDE BOQUILLAS
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BSF	PORTC,3	;ENCIENDE EXTRACTOR
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BSF	PORTD,0	;ENCIENDE VIBRADOR
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	GOTO	SUBE	;VE A SUBE
SUBE	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CLRF	FLAG2	;LIMPIA LA BANDERA FLAG2
	MOVWF	ALTO2,W	;W=ALTO2
	MOVWF	Y2	;Y2=ALTO2
	MOVWF	ALTO1,W	;W=ALTO1
	MOVWF	Y1	;Y1=ALTO1
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y2,W	;W=Y2-0
	BTFSC	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ES CERO?
	BSF	FLAG2,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA FLAG2
	BCF	STATUS,Z	;NO,LIMPIA EL PIN Z DE STATUS
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	Y1,W	;W=Y1-W
	BTFSC	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	GOTO	FIN	;SI, VE A FIN
	BTFSC	PORTE,2	;NO, ¿LAS BOQUILLAS ESTAN ARRIBA?
	GOTO	BAJA	;SI, VE A BAJA
	BSF	PORTA,5	;NO, ENCIENDE CONTACTOR SUBE
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BSF	PORTA,2	;ENCIENDE BANCO DE TRIACS MOTOR 2
	CALL	ENCODER2	;LLAMA A ENCODER2
	BCF	PORTA,2	;APAGA CONTACTOR SUBE
	BCF	PORTA,5	;APAGA BANCO DE TRIACS
	BCF	PORTC,0	;LIMPIA EL PUERTO DEL SENSOR INFERIOR
	CALL	AVANZA	;LLAMA A AVANZA
	NOP		;ESPERA
	GOTO	BAJA	;VE A BAJA
ENCODER2	CALL	ENCODER22	;LLAMA A ENCODER22
	DECf	Y1,F	;Y1=Y1-1
	BTFSS	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	GOTO	ENCODER2	;NO, VE A ENCODER2

	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA EL PIN Z DE STATUS
	BTFSC	FLAG2,0	;¿ESTA ACTIVADA LA BANDERA FLAG2?
	RETURN		;SI,REGRESA
	MOVLW	.255	;NO,W=255
	MOVWF	Y1	;Y1=255
	DECf	Y2,F	;Y2=Y2-1
	BTFSS	STATUS,Z	;¿Y2 ES CERO?
	GOTO	ENCODER2	;NO, VE A ENCODER
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA ES PIN Z DE STATUS
	BSF	FLAG2,0	;ACTIVA LA BANDERA FLAG2
	GOTO	ENCODER2	;VE A ENCODER2
ENCODER22	BTFSS	PORTE,0	;¿PORTE,0==1?
	GOTO	\$_-1	;NO, VUELVE A PREGUNTAR
	BTFSC	PORTE,0	;SI, ¿PORTE,0==0?
	GOTO	\$_-1	;NO, VUELVE A PREGUNTAR
	RETURN		;REGRESA
BAJA	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BTFSC	PORTC,0	;LAS BOQUILLAS ESTAN ABAJO
	GOTO	SUBE	;SI, VE A SUBE
	BSF	PORTA,3	;NO, ENCIENDE CONTACTOR BAJA
	BSF	PORTA,2	;ENCIENDE BANCO DE TRIACS MOTOR 2
	CALL	DELAY	;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
	BTFSS	PORTC,0	;¿YA LLEGARON LAS BOQUILLAS ABAJO?
	GOTO	\$_-1	;NO,VUELVE A PREGUNTAR
	BCF	PORTA,3	;APAGA EL CONTACTOR DE BAJA
	BCF	PORTA,2	;APAGA EL BANCO DE TRIACS MOTOR 2
	BCF	PORTE,2	;SENSOR SUPERIOR
	CALL	AVANZA	;LLAMA A AVANZA
	NOP		;ESPERA
	GOTO	SUBE	;VE A SUBE

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA SE ENCARGA DE CONTROLAR EL AVANCE DE LA BANDA

AVANZA	INCF	FLAG3,F	;FLAG3=FLAG3+1
	MOVf	FLAG3,W	;W=FLAG3
	SUBWF	PASADAS,W	;W=PASADAS-FLAG3
	BTFSS	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	RETURN		;NO, REGRESA
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA EL PIN Z DE STATUS
	CLRF	FLAG3	;LIMPIA EL CONTADOR FLAG3
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	LARGO2,W	;W=LARGO2-0
	BTFSS	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	GOTO	AVANZA1	;NO, VE A AVANZA1
	BSF	FLAG,0	;SI, ACTIVA LA BANDERA
	BCF	STATUS,Z	;LIMPIA EL PIN Z DE STATUS
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	LARGO1,W	;W=LARGO1-0
	BTFSS	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	GOTO	AVANZA1	;NO, VE A AVANZA1
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA EL PIN Z DE STATUS
	GOTO	FIN	;VE A FIN
AVANZA1	CALL	ENCODER	;LLAMA A ENCODER
	DECf	LARGO1,F	;LARGO1=LARGO1-1
	MOVLW	.0	;W=0
	SUBWF	LARGO1,W	;W=LARGO1-1
	BTFSS	STATUS,Z	;¿EL RESULTADO ANTERIOR ES CERO?
	RETURN		;REGRESA
	NOP		;ESPERA
	BTFSC	FLAG,0	;ESTA ACTIVADA LA BANDERA FLAG,0
	RETURN		;SI, REGRESA
	MOVLW	.255	;NO, W=255

```

MOVWF    LARGO1    ;LARGO1=255
DEC      LARGO2,F  ;LARGO2=LARGO2-1
RETURN   ;REGRESA

ENCODER  CLR      CONTADOR ;LIMPIA EL REGISTRO CONTADOR
          CALL    DELAY     ;LLAMA A RETARDO
          CALL    DELAY     ;LLAMA A RETARDO
          BSF     PORTC,1   ;ENCIENDE EL CONTACTOR DE AVANCE
          CALL    DELAY     ;LLAMA A RETARDO
          CALL    DELAY     ;LLAMA A RETARDO
          BSF     PORTA,1   ;ENCIENDE BANCO DE TRIACS DEL MOTOR 1
ENCODER1 BTFSS   PORTE,1   ;PREGUNTA ENCODER
          GOTO    $-1       ;NO REGRESA
          INCF   CONTADOR,F ;SI CONTADOR=CONTADOR+1
          BTFSS  PORTE,1   ;PREGUNTA ENCODER
          GOTO    $-1       ;NO REGRESA
          MOVF   AVANCE,W  ;W=AVANCE
          SUBWF  CONTADOR,W ;W=CONTADOR-W
          BTFSS  STATUS,Z  ;ES CERO?
          GOTO   ENCODER1  ;NO VE A ENCODER1
          BCF   PORTC,1   ;SI APAGA EL CONTACTOR DE AVANCE
          BCF   PORTA,1   ;APAGA EL BANCO DE TRIACS DEL MOTOR 1
          BCF   STATUS,Z  ;REGRESA LA BANDERA
          CLRF  CONTADOR  ;LIMPIA EL CONTADOR
          CALL  DELAY     ; RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
          CALL  DELAY     ; RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
          RETURN ;REGRESA

```

```

.****
;
;FIN
.****
;

```

;LA SIGUIENTE SUBROUTINA SE ENCARGA DE APAGAR TODOS LOS MOTORES DEL PROCESO

```

FIN      BCF     PORTC,2   ;APAGA BOQUILLAS
          BCF     PORTD,0  ;APAGA VIBRADOR
          CALL    TRANSMISION ;LLAMA A TRANSMISION
          CALL    DELAY     ;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
          CALL    DELAY     ;RETARDO DE APROXIMADAMENTE 80 ms
          BCF     PORTC,3  ;APAGA EXTRACTOR
FIN1     GOTO    FIN1     ;VE A FIN1

TRANSMISION MOVLW  .1      ;W=1
           MOVWF  TXREG   ;TXREG=1
           BTFSS PIR1,TXIF ;¿EL BUFFER DE TRANSMISION ESTA LISTO?
           GOTO   $-1     ;NO, VUELVE A PREGUNTAR
           BCF   PIR1,TXIF ;LIMPIA LA BANDERA DE TRANSMISION
           BCF   PIR1,RCIF ;LIMPIA LA BANDERA DE RECEPCION
           RETURN ;REGRESA

```

```

*****
;RETARDO PARA APROXIMADAMENTE 80 MSEG.
*****
;

```

```

RETARDO  CLR      TEMP1   ;LIMPIA EL REGISTRO TEMP1
          CLR      TEMP2   ;LIMPIA EL REGISTRO TEMP2
          MOVLW   .4       ;W=4
          MOVWF   TEMP1   ;W=TEMP1
INI1     NOP           ;ESPERA
          MOVLW   .50      ;W=50
          MOVWF   TEMP2   ;W=TEMP2
INI2     NOP           ;ESPERA
          MOVLW   .50      ;W=50
          MOVWF   TEMP3   ;W=TEMP3

```

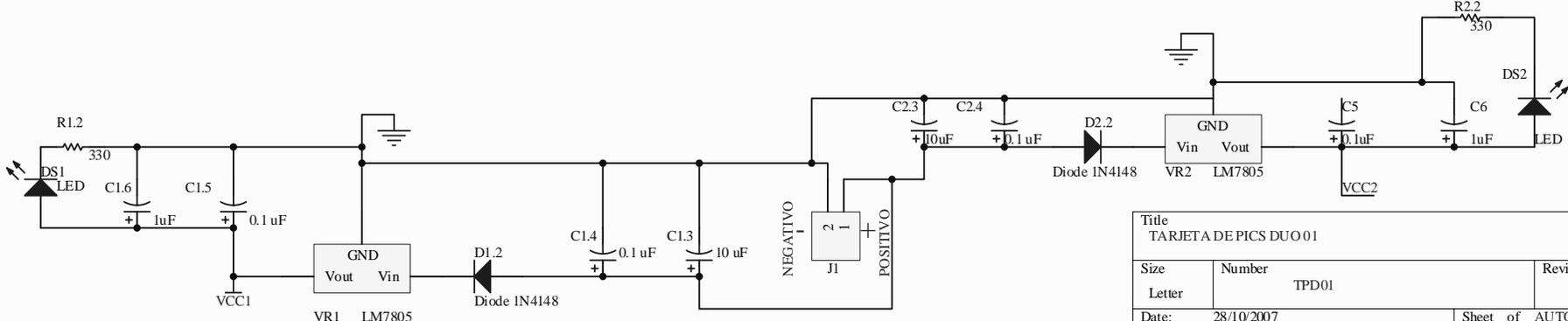
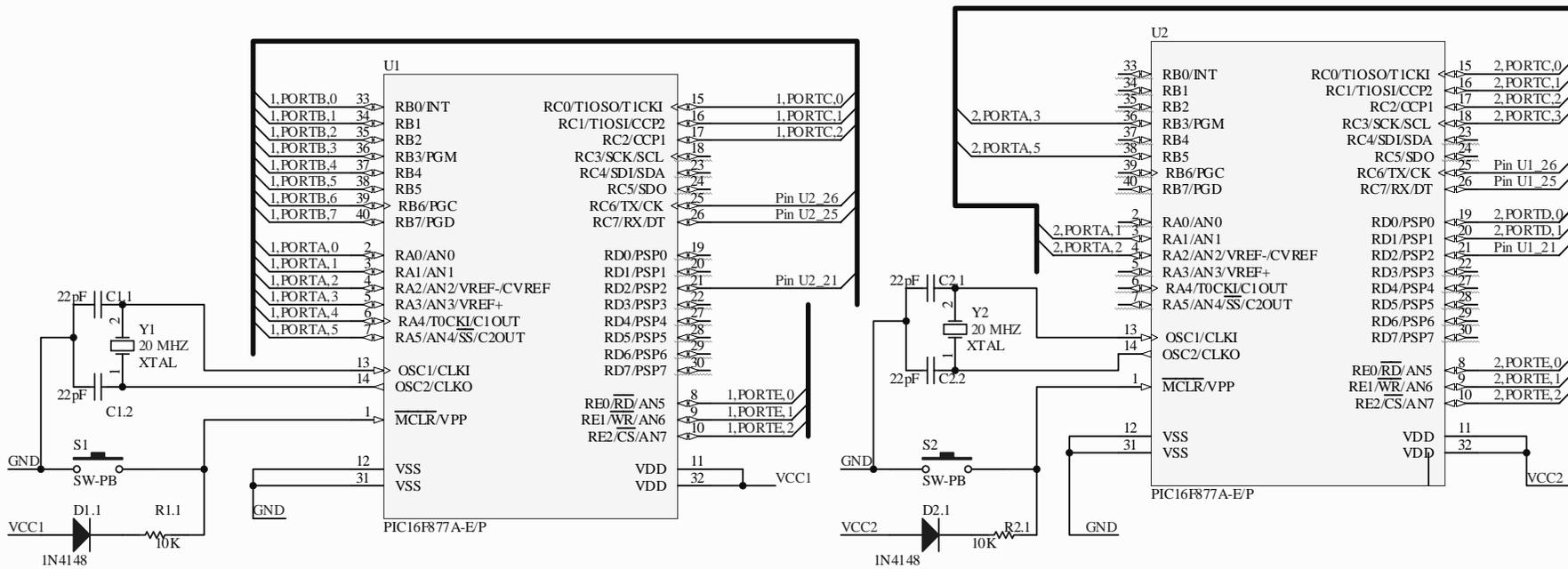
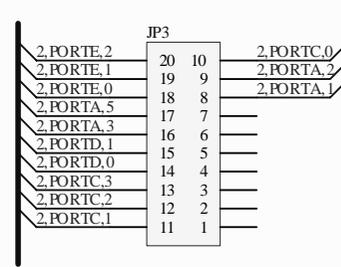
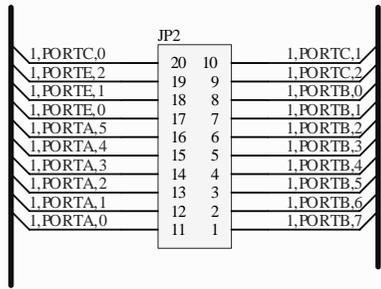
INI3	NOP		;ESPERA
	DECF	TEMP3,F	;TEMP3=TEMP3-1
	BTFSS	STATUS,Z	;SALTA SI EL RESULTADO FUE CERO
	GOTO	INI3	;NO, VE A INI3
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA LA BANDERA CERO
	DECF	TEMP2,F	;TEMP2=TEMP2-1
	BTFSS	STATUS,Z	;SALTA SI EL RESULTADO FUE CERO
	GOTO	INI2	;NO, VE A INI2
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA LA BANDERA CERO
	DECF	TEMP1,F	;TEMP1=TEMP1-1
	BTFSS	STATUS,Z	;SALTA SI EL RESULTADO FUE CERO
	GOTO	INI1	;NO, VE A INI1
	BCF	STATUS,Z	;SI, LIMPIA LA BANDERA CERO
	RETURN		;REGRESA
	END		;FIN

A

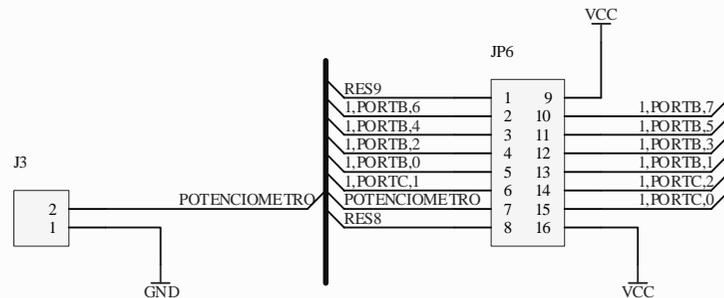
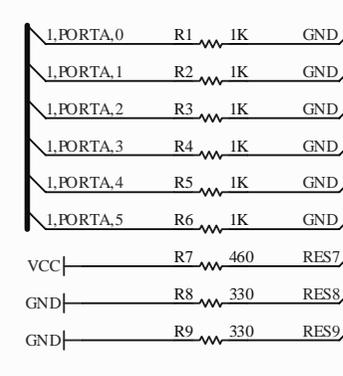
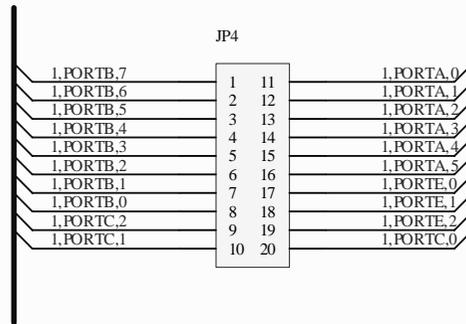
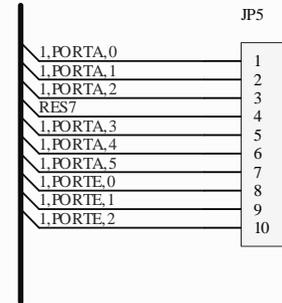
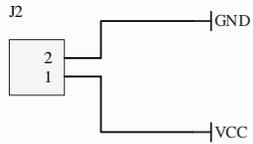
B

C

D



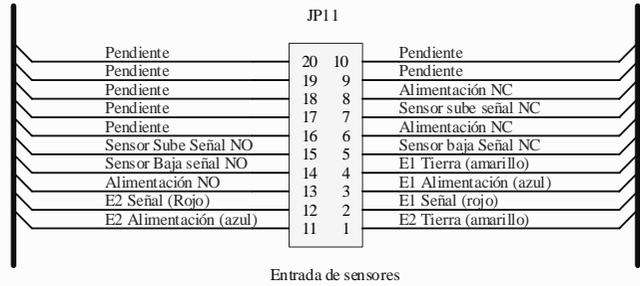
Title			
TARJETA DE PICS DUO 01			
Size	Number	Revision	
Letter	TPD01	UPR	
Date:	28/10/2007	Sheet of	AUTOMATIZACION
File:	C:\Documents and Settings\... \TPD01.SCH	Drawn By:	FERNANDO BECERRIL



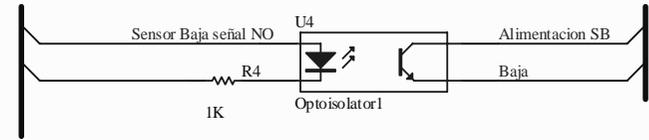
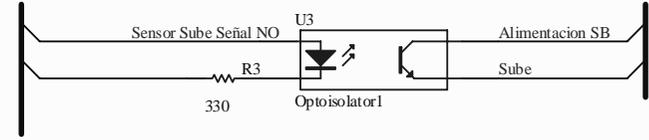
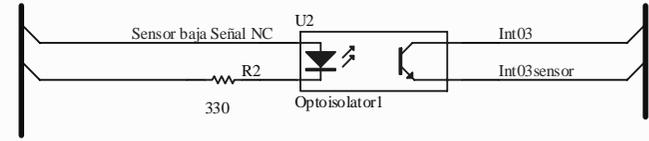
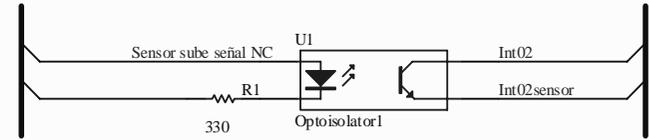
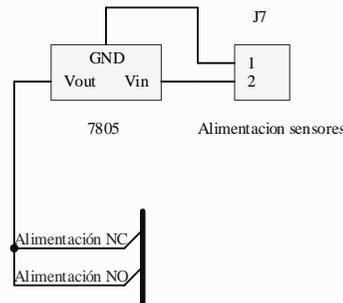
Title TARJETA CENTRAL DE ADQUISICION DE DATOS 01		
Size Letter	Number TCAD01	Revision UPR
Date: 28/10/2007	Sheet of AUTOMATIZACION	
File: C:\Documents and Settings\...TCAD01.SCH		

A

A

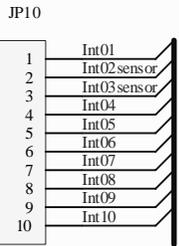


Entrada de sensores

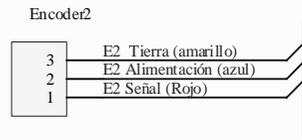
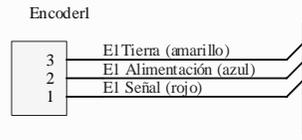
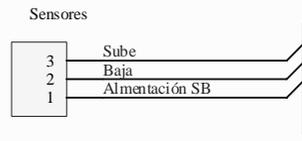


B

B

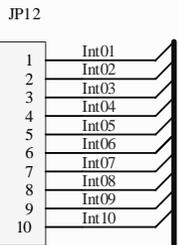


Tarjeta de sensores 01 salida



C

C

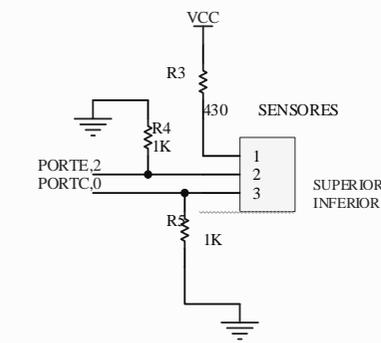
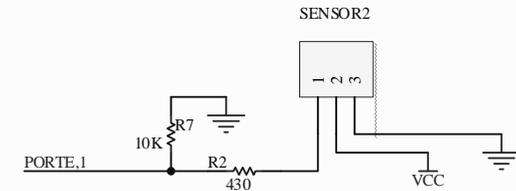
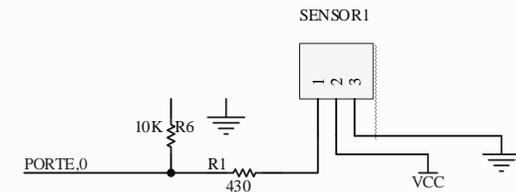
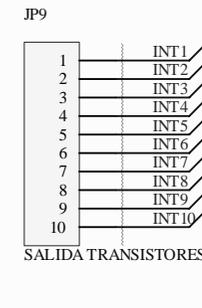
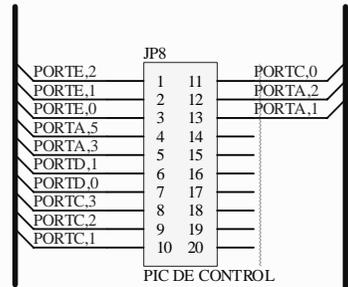
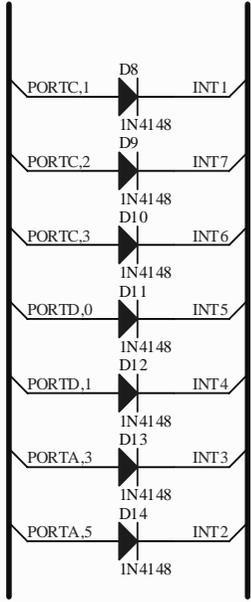
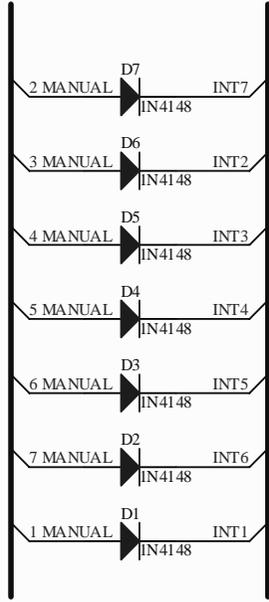
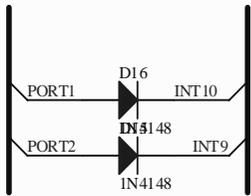
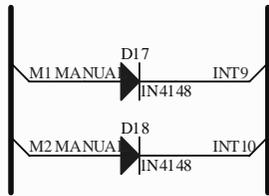
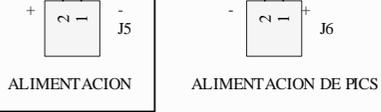
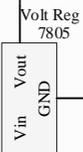
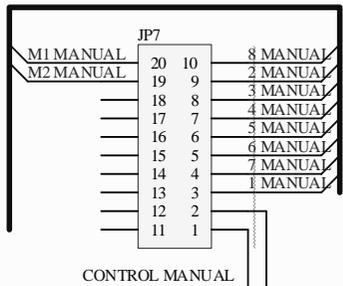


Tarjeta central 01 salida

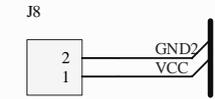
D

D

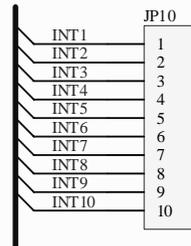
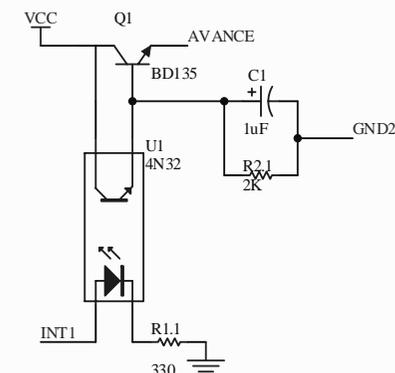
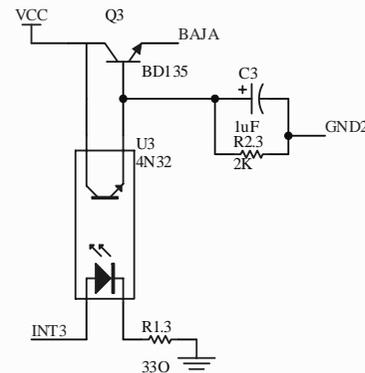
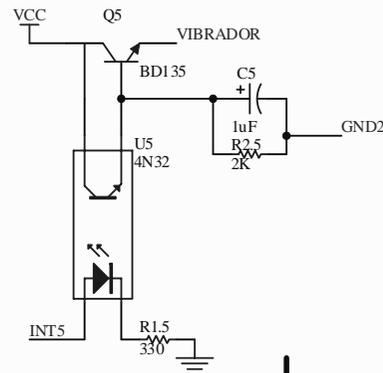
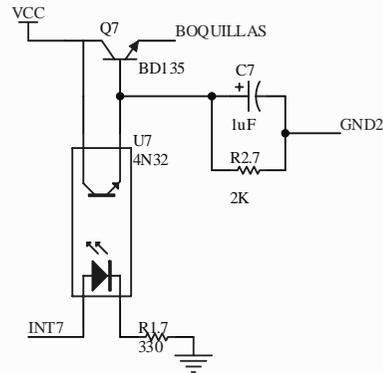
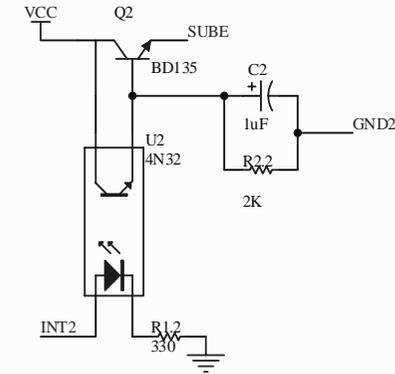
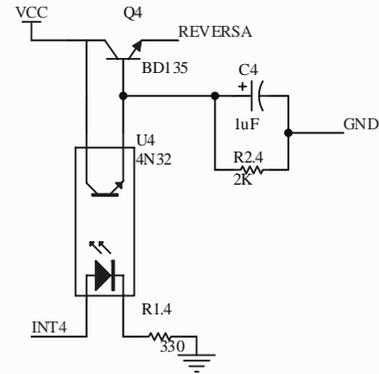
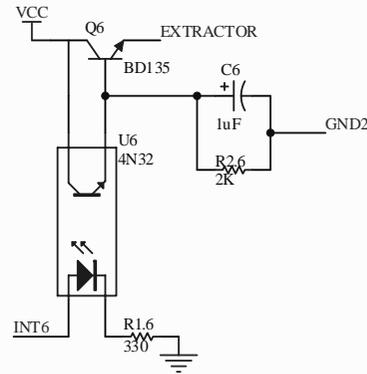
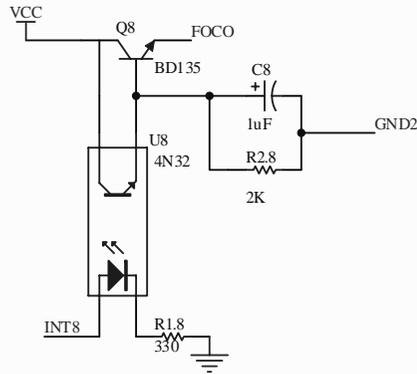
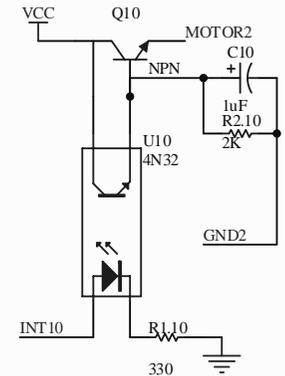
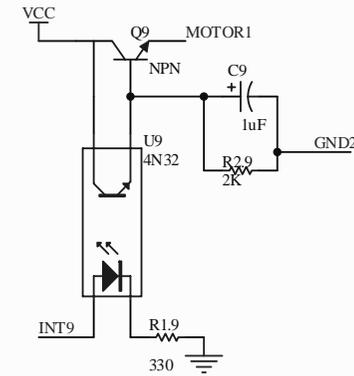
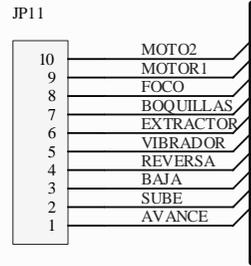
Title			
Acondicionamiento de señales			
Size	Number	Revision	
Letter	Acondseñales	UPR	
Date:	28/10/2007	Sheet of	Automatizacion
File:	C:\Documents and Settings\...Acondseñales	16	FBN



Title			
TARJETA CENTRAL 01			
Size	Number	Revision	
Letter	TC01	UPR	
Date:	28/10/2007	Sheet of AUTOMATIZACION	
File:	C:\Documents and Settings\...TC01.SCH	Drawn By: FERNANDO BECERRIL	

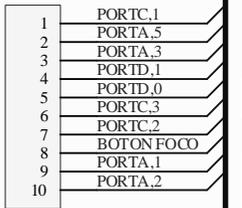


ALIMENTACION

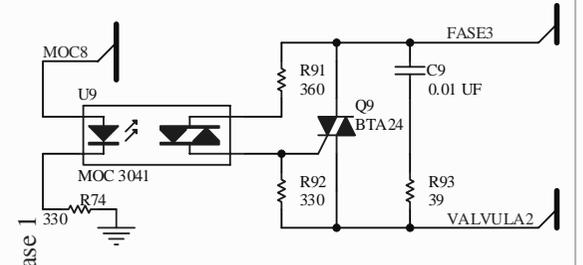
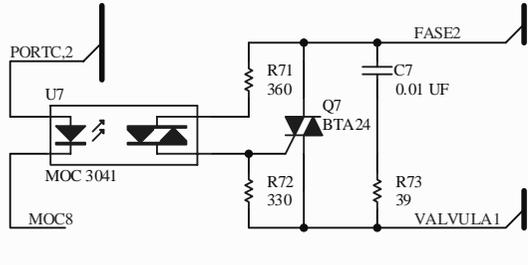
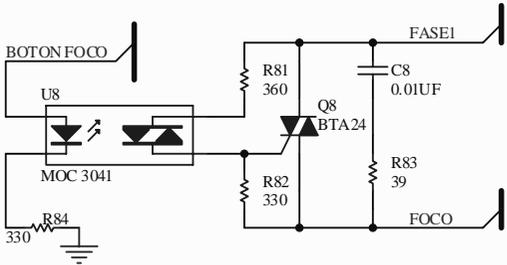
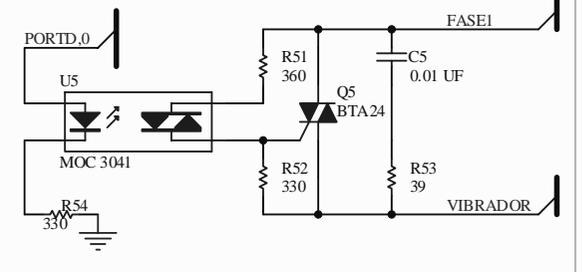
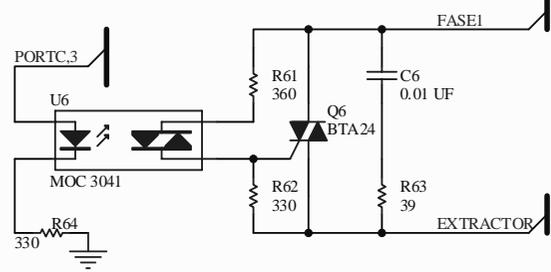
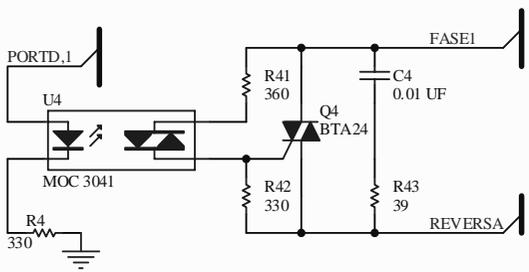
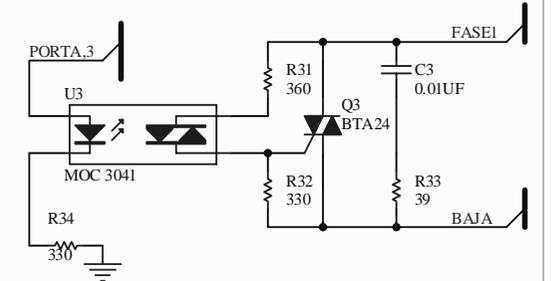
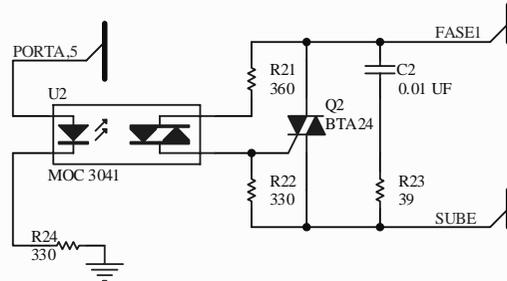
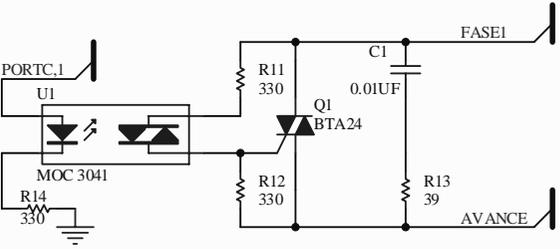


Title TARJETA DE TRANSISTORES 01		
Size Letter	Number TT01	Revision UPR
Date: 28/10/2007	Sheet of AUTOMATIZACION	
File: C:\Documents and Settings\...TT01.SCHD	Drawn By: FERNANDO BECERRIL	

JP15



ENTRADA

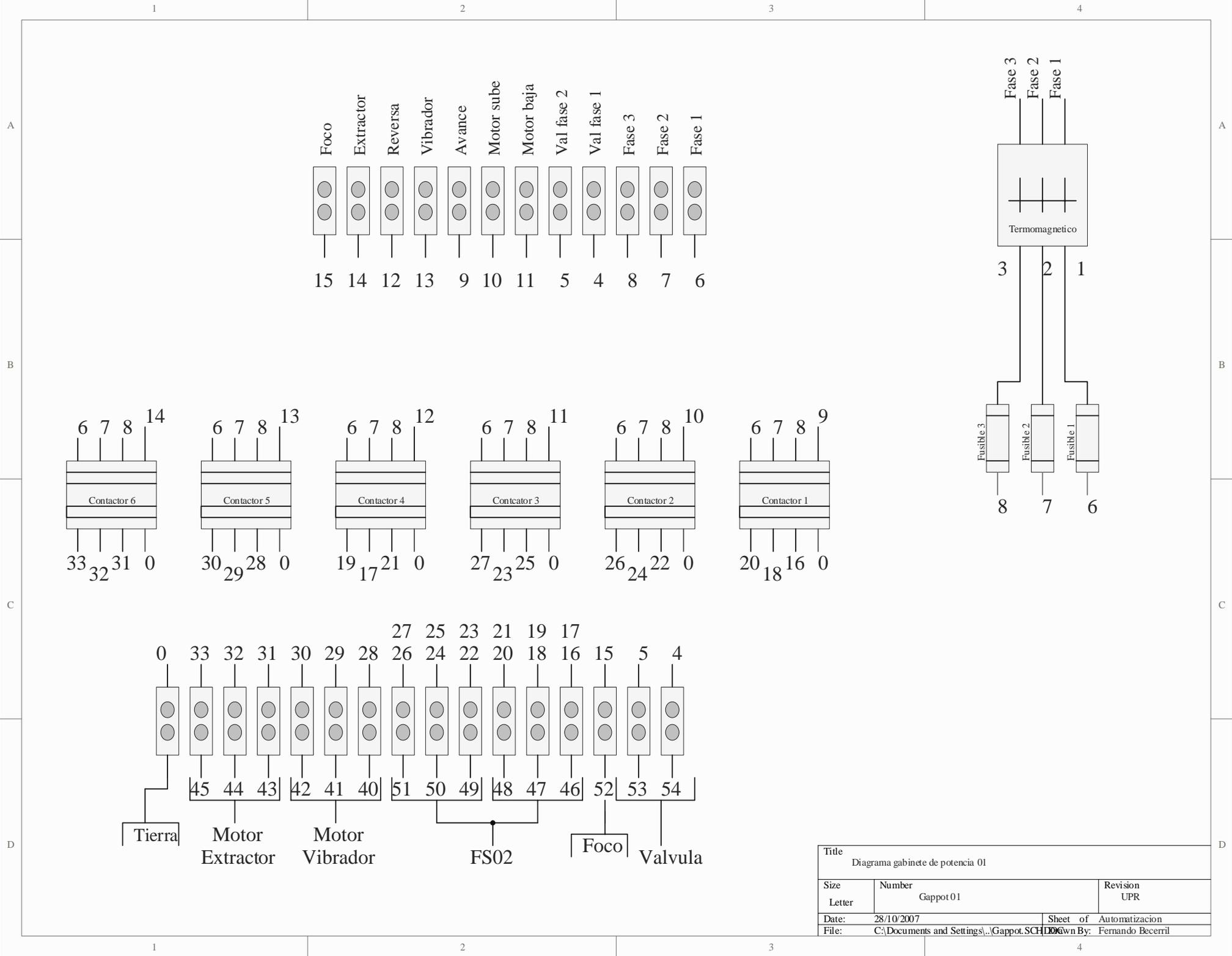


JP16

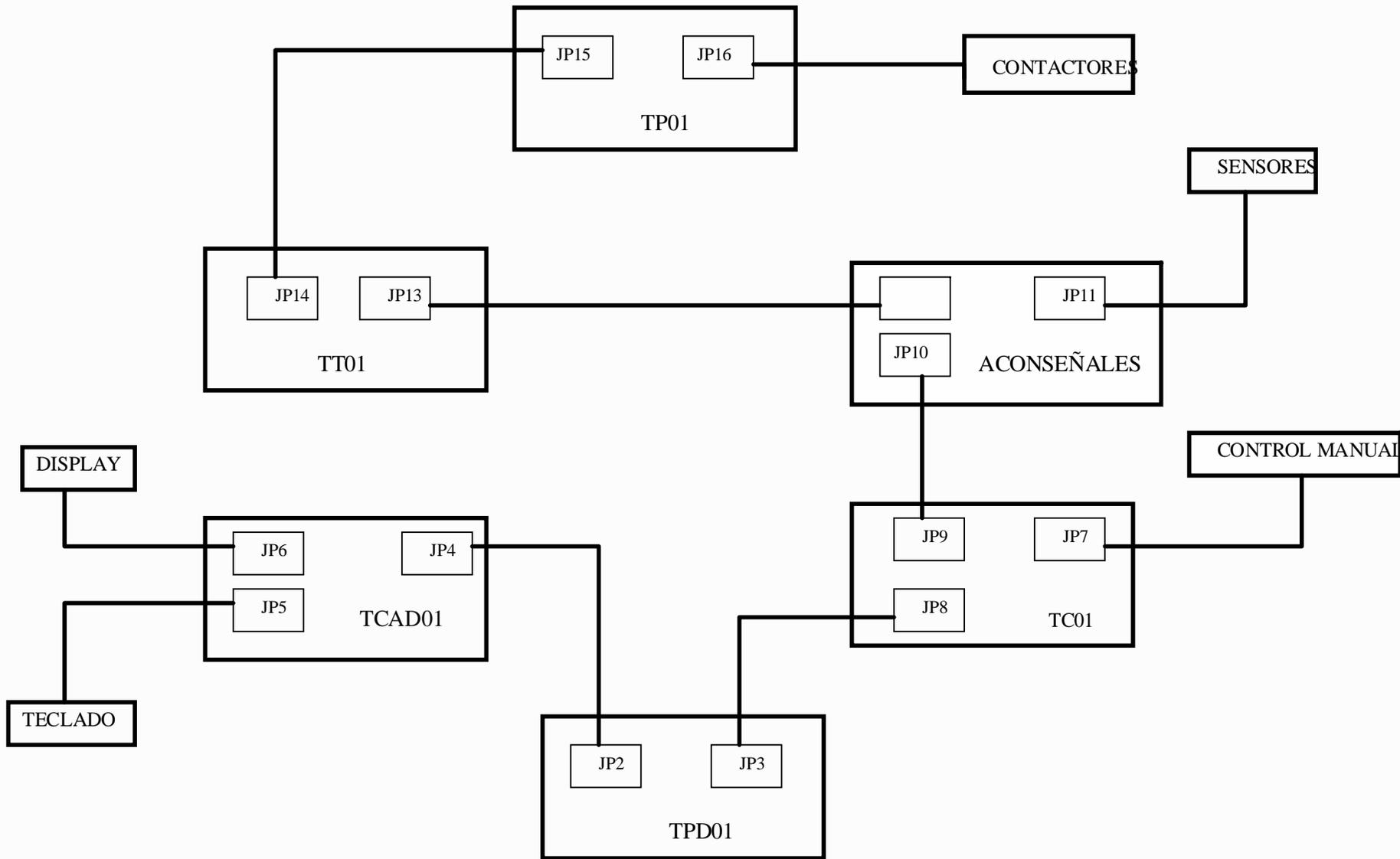


SALIDA

Title TARJETA DE POTENCIA 01		
Size Letter	Number TP01	Revision UPR
Date: 28/10/2007	Sheet of AUTOMATIZACION	
File: C:\Documents and Settings\... \TP01.SCHD00		
Drawn By: FERNANDO BECERRIL		



Title Diagrama gabinete de potencia 01		
Size Letter	Number Gappot01	Revision UPR
Date: 28/10/2007	Sheet of Automatzacion	
File: C:\Documents and Settings\...Gappot.SCH	Drawn By: Fernando Becerril	



Title		
CONEXION DE TARJETAS 01		
Size	Number	Revision
Letter	CONTAR01	UPR
Date:	28/10/2007	Sheet of AUTOMATIZACIÓN
File:	C:\Documents and Settings\... \CONEXIONES\... \OCFERNANDO BECERRIL	

## BIBLIOGRAFÍA

**Angulo** Usategui, José M., *Microcontroladores PIC, Diseño práctico de aplicaciones*, Vol. 1, Ed. Mc Graw Hill, México

**Groover**, Mikell P., *Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas*, Ed. Prentice Hall, México, 1997

**Lilen**, Henry. *Tiristores y triacs*, Ed. Alfa Omega, México, 1996

**Nice**, Norman S., *Sistemas de control para ingeniería*, Ed. CECSA, México, 2006

**Faires**, Virgil Moring, *Diseño de elementos de máquinas*, Ed. Limusa, México, 2001

**Enríquez** Harper, *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*, Ed. Limusa, México 2003

## MEDIOGRAFÍA

[www.Sandblastequipment.com](http://www.Sandblastequipment.com), consultado el 14/06/07

[www.chipaxa.com](http://www.chipaxa.com), consultado el 15/06/07

[www.Vitro.com](http://www.Vitro.com), consultado el 16/06/07

[http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin\\_Chew\\_Tilghman](http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Chew_Tilghman), consultado 17/06/07

[www.fratelli-pezza.com](http://www.fratelli-pezza.com), consultado el 18/06/07

[www.wikipedia.com/Relé](http://www.wikipedia.com/Relé), consultado el 04/07/07

[www.futurlec.com](http://www.futurlec.com), consultado el 04/07/07

[www.monografias.com/triac](http://www.monografias.com/triac), consultado el 04/07/07

[www.electronred.iespana.com](http://www.electronred.iespana.com), consultado el 05/07/07

[www.dominion.com.mx](http://www.dominion.com.mx), consultado el 05/07/07

# JHD202A SERIES

## CHARACTERISTICS :

DISPLAY CONTENT : 20 CHAR x 2ROW

CHAR. DOTS : 5 x 8

DRIVING MODE : 1/16D

AVAILABLE TYPES :

TN , STN(YELLOW GREEN, GREY, B/W)

REFLECTIVE, WITH EL OR LED BACKLIGHT

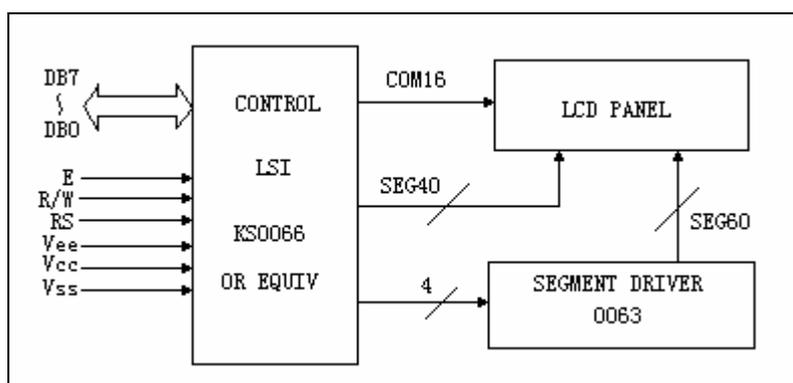
EL/100VAC , 400HZ

LED/4.2VDC

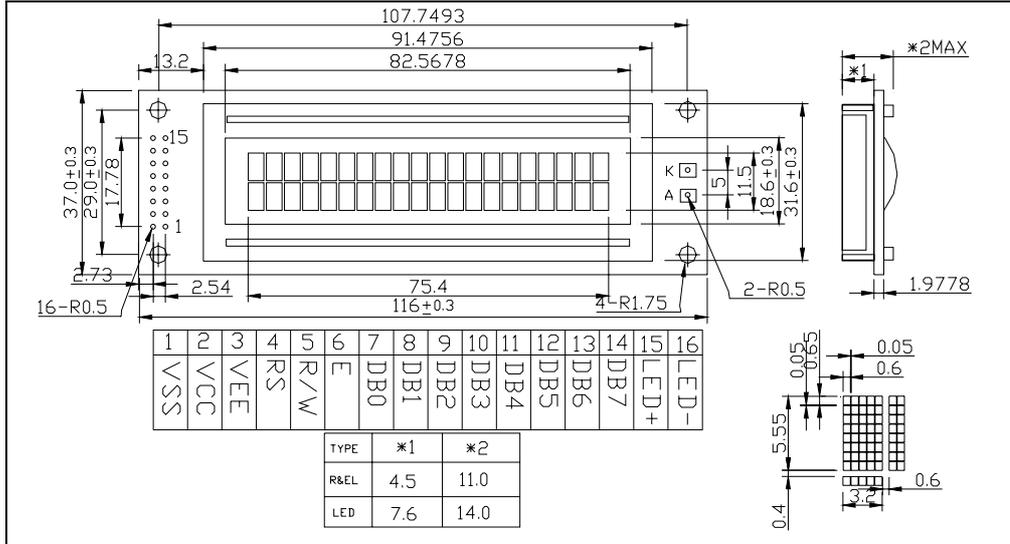
PARAMETER ( $V_{DD}=5.0V \pm 10\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $T_a=25$  )

Parameter	Symbol	Testing Criteria	Standard Values			Unit
			Min.	Typ.	Max	
Supply voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	-	4.5	5.0	5.5	V
Input high voltage	$V_{IH}$	-	2.2	-	$V_{DD}$	V
Input low voltage	$V_{IL}$	-	-0.3	-	0.6	V
Output high voltage	$V_{OH}$	$-I_{OH}=0.2mA$	2.4	-	-	V
Output low voltage	$V_{OL}$	$I_{OL}=1.2mA$	-	-	0.4	V
Operating voltage	$I_{DD}$	$V_{DD}=5.0V$	-	1.8	3.0	mA

## APPLICATION CIRCUIT



## DIMENSIONS/DISPLAY CONTENT



### PIN CONFIGURATION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VSS	VCC	VEE	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

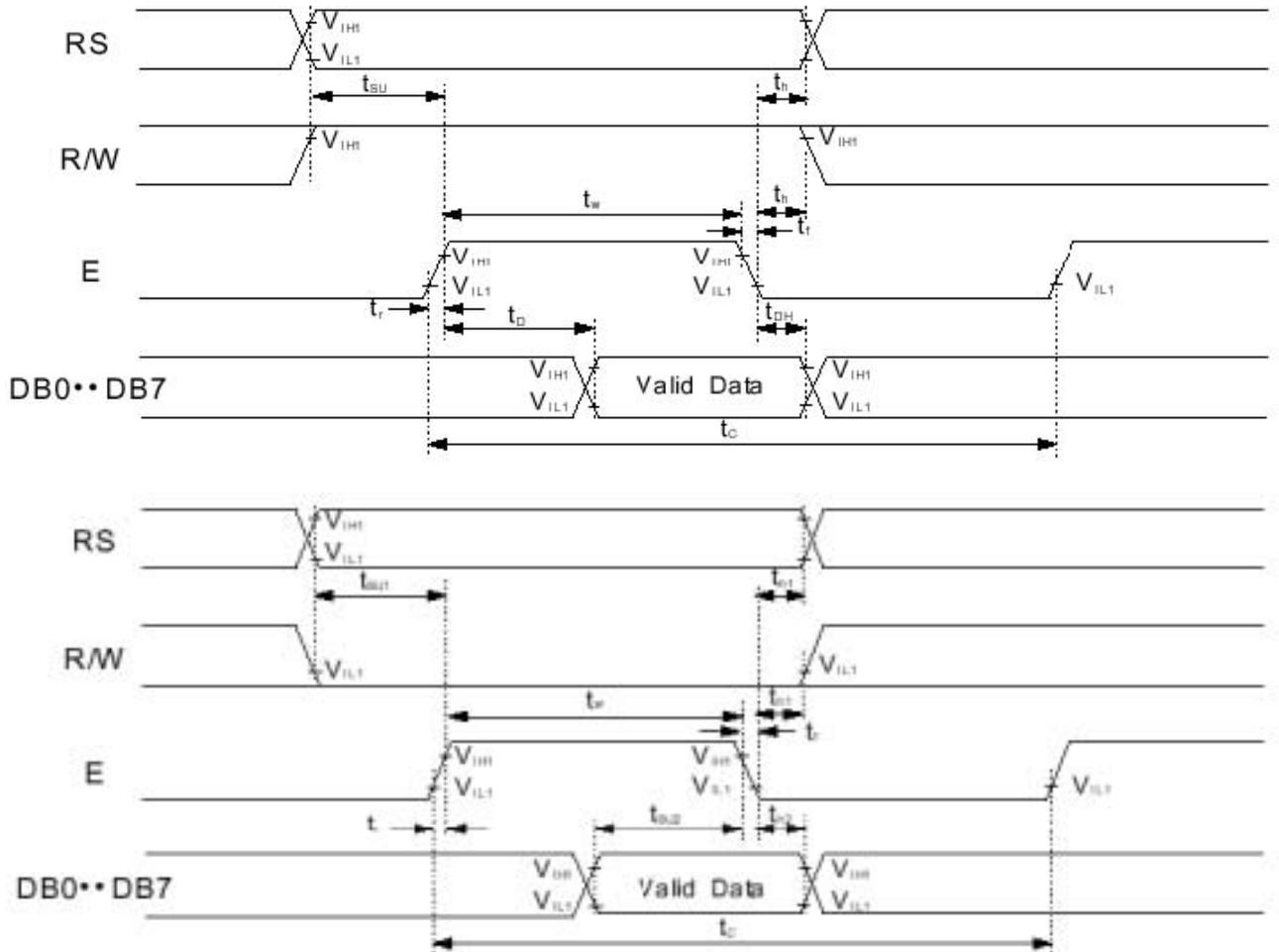
### ■ AC Characteristics Read Mode Timing Diagram

**Table 12. AC Characteristics ( $V_{DD} = 4.5V \sim 5.5V$ ,  $T_a = -30 \sim +85^{\circ}C$ )**

Mode	Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write Mode (Refer to Fig-6)	E Cycle Time	$t_c$	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R,tF}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su1}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{H1}$	10	-	-	
	Data Setup Time	$t_{su2}$	80	-	-	
	Data Hold Time	$t_{H2}$	10	-	-	
Read Mode (Refer to Fig-7)	E Cycle Time	$t_c$	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R,tF}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_H$	10	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	120	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	

**Table 13. AC Characteristics ( $V_{DD} = 2.7V \sim 4.5V$ ,  $T_a = -30 \sim +85^{\circ}C$ )**

Mode	Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write Mode (Refer to Fig-6)	E Cycle Time	$t_c$	1000	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R,tF}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su1}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{H1}$	20	-	-	
	Data Setup Time	$t_{su2}$	195	-	-	
	Data Hold Time	$t_{H2}$	10	-	-	
Read Mode (Refer to Fig-7)	E Cycle Time	$t_c$	1000	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R,tF}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_H$	20	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	360	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	

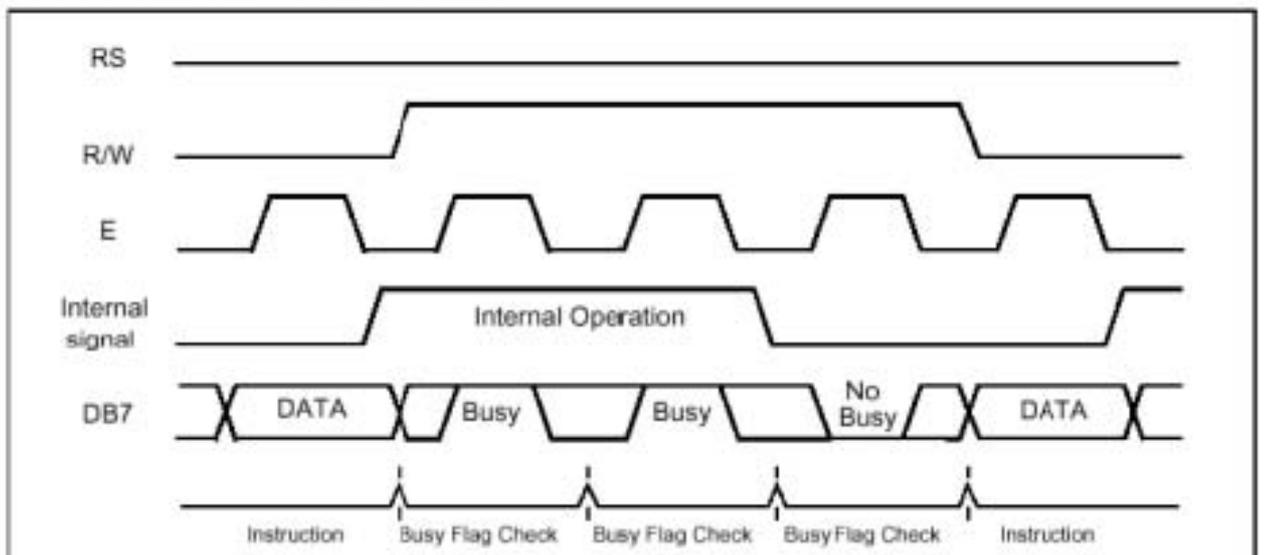


**Write Mode Timing Diagram**

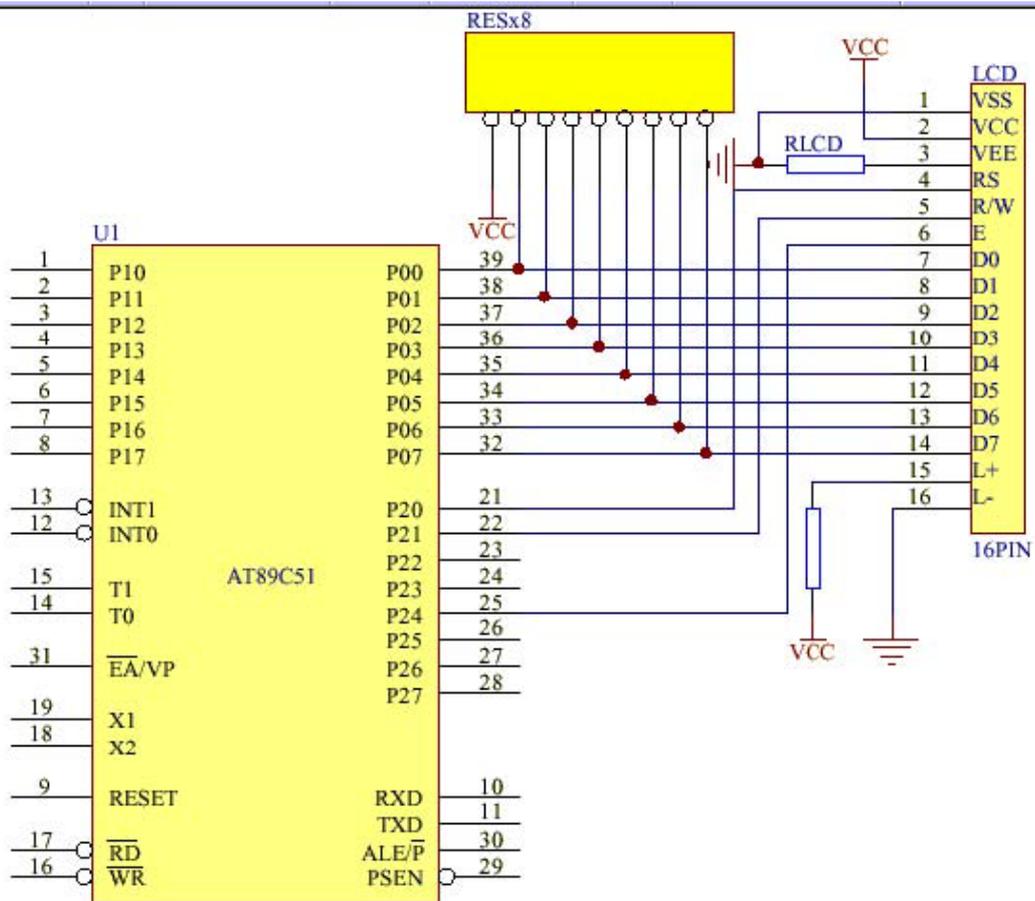
**Timing**

1) Interface with 8-bit MPU

When interfacing data length are 8-bit, transfer is performed at a time through 8 ports, from DB0 to DB7. Example of timing sequence is shown below.



## Connection



■ CGROM

Table 5. Relationship between Character Code (DDRAM) and Character Pattern (CGRAM)

Character Code (DDRAM data)								CGRAM Address						CGRAM Data								Pattern number
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	
0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	0	1	1	1	0	pattern 1
											0	0	1				1	0	0	0	1	
											0	1	0				1	0	0	0	1	
											0	1	1				1	1	1	1	1	
											1	0	0				1	0	0	0	1	
											1	0	1				1	0	0	0	1	
											1	1	0				1	0	0	0	1	
											1	1	1				0	0	0	0	0	
0	0	0	0	x	1	1	1	0	0	0	0	0	0	x	x	x	1	0	0	0	1	pattern 8
											0	0	1				1	0	0	0	1	
											0	1	0				1	0	0	0	1	
											0	1	1				1	1	1	1	1	
											1	0	0				1	0	0	0	1	
											1	0	1				1	0	0	0	1	
											1	1	0				1	0	0	0	1	
											1	1	1				0	0	0	0	0	

**Example**

```

#include <reg51.h>
#include <intrins.h>

sbit dc=0xa0;          /*P2.0 LCD 的 RS 21*/
sbit rw=0xa1;          /*P2.1 LCD 的R/W 22*/
sbit cs=0xa4;          /*P2.4 LCD 的 E 25*/

sfr lcdbus=0x80; /*p0LCD 数据 D0=P0.0*/
unsigned int sys10mscounter;
unsigned char syslimitcounter;
char path1[8]={0x00,0x1f,0x00,0x1f,0x00,0x1f,0x00,0x1f};/*自定义符号 横1*/
char path2[8]={0x1f,0x00,0x1f,0x00,0x1f,0x00,0x1f,0x00};/*自定义符号 横 2*/
char pats1[8]={0x15,0x15,0x15,0x15,0x15,0x15,0x15,0x15};/*自定义符号 竖1*/
char pats2[8]={0x0a,0x0a,0x0a,0x0a,0x0a,0x0a,0x0a,0x0a};/*自定义符号 竖 2*/

void soft_nop(){}
void soft_10ms()/******12MHZ 提供10MS 软件延时******/
{ register int i;
for(i=0;i<711;i++);

```

```

}
void soft_20ms()/******12MHZ 提供20MS 软件延时*****/
{
    soft_10ms();
    soft_10ms();
}
void hard_10ms(unsigned int delaytime) /*基于10MS 的硬件延时*/
{
    sys10mscounter=delaytime;
    while(sys10mscounter);
}
unsigned char data lcdcounter;
bit lcdusing1,lcdusing2;
bit lcd_checkbusy()/*检查LCD 忙*/
{
    register lcdstate;
    dc=0;          /*dc=1为数据,=0 为命令*/
    rw=1;         /*rw=1为读,=0 为写*/
    cs=1;         /*cs=1选通*/
    soft_nop();
    lcdstate=lcdbus;
    cs=0;
    return((bit)(lcdstate&0x80));
}
void lcd_wrcmd(unsigned char lcdcmd) /*写LCD 命令*/
{
    lcdusing1=1;
    while(lcd_checkbusy());
    lcdbus=lcdcmd;
    dc=0;        /*dc=1为数据,=0 为命令*/
    rw=0;        /*rw=1为读,=0 为写*/
    cs=1;        /*cs=1选通*/
    soft_nop();

    cs=0;
    lcdbus=0xff;
    lcdusing1=0;
}

void lcd_moveto(char position) /*移动光标到指定位.0-79*/
{ register cmd=0x80;

    lcdcounter=position;
    if (position > 59)
        position += 0x18;
    else

```

```

    { if (position > 39)position -= 0x14;
      else
        { if (position > 19)position += 0x2c;
          }
    }

cmd=cmd|position;
lcd_wrcmd(cmd); } void lcd_wldata(char lcddata) /*在当前显示位置显示数据*/ { char i;
lcdusing2=1;
while(lcd_checkbusy());
if(lcdcounter==20){

    lcd_moveto(20);
    while(lcd_checkbusy());
}

if(lcdcounter==40){
    lcd_moveto(40);
    while(lcd_checkbusy());
}

if(lcdcounter==60){
    lcd_moveto(60);
    while(lcd_checkbusy());
}

if(lcdcounter==80){
    lcd_moveto(0);
    while(lcd_checkbusy());
    lcdcounter=0;
} /*为通用而如此*/

lcdcounter++;
lcdbus=lcddata;
dc=1; /*dc=1为数据,=0 为命令*/
rw=0; /*rw=1为读,=0 为写*/
cs=1; /*cs=1选通*/
soft_nop();
cs=0;

lcdbus=0xff;
lcdusing2=0;} void lcd_string(char *strpoint) /*在当前显示位置显示LCD 字符串*/
{ register i=0;
  while(strpoint[i]!=0){

```

```

        lcd_wrdata(strpoint[i]);
        i++;
    }

} void lcd_init()/*初始化*/

{
    lcd_wrcmd(0x38);    /*设置8 位格式,2 行,5*7*/
    lcd_wrcmd(0x0c);    /*整体显示,关光标,不闪烁*/
    lcd_wrcmd(0x06);    /*设定输入方式,增量不移位*/
    lcd_wrcmd(0x01);    /*清除显示*/
    lcdcounter=0;
}

void lcd_cls()/*清除显示*/ { lcd_wrcmd(0x01);
    lcdcounter=0; } void timer0(void) interrupt 1 /*T0 中断*/ { TH0=0xd8; /*12M,10ms*/
    TL0=0xf6;
    TR0=1;
    if(sys10mscounter!=0)sys10mscounter - - ; /*定时器10ms*/
    if(syslimitcounter!=0)syslimitcounter - - ; /*定时器10ms*/

}

    main()
    {
        unsigned char j;
        IE=0;P0=0xff;P1=0xff;P2=0xff;P3=0xff; /*初始化T*/
        lcd_init();soft_20ms();
        TMOD=0x51;
        TH0=0xd8; /*12M,10ms*/
        TL0=0xf6;
        TR0=1;ET0=1;EA=1;

        while(1)
        {
            /*全黑横一横二竖一竖二U Q ABCD... */
            lcd_init(); /*全黑*/
            for(j=0;j<80;j++){lcd_wrdata(0xff);}
            hard_10ms(50);
            lcd_init(); /*横一可参考自行设计符号*/
            lcd_wrcmd(0x40);
            for(j=0;j<8;j++){lcd_wrdata(path1[j]);

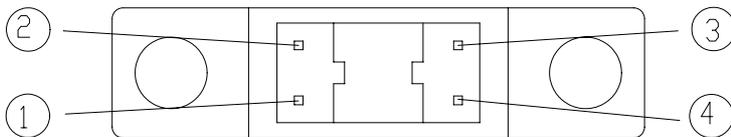
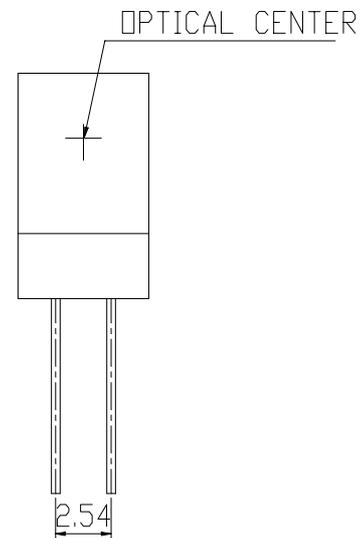
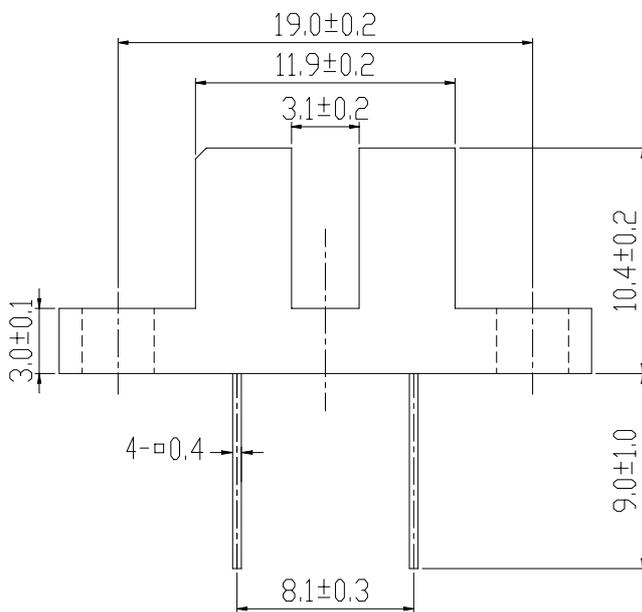
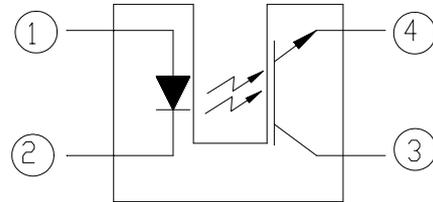
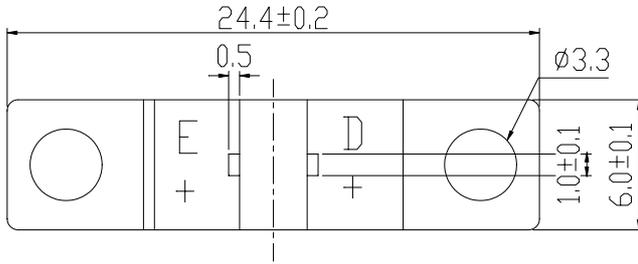
            for(j=0;j<100;j++){lcd_wrdata(0);
            hard_10ms(50);
            lcd_init(); /*横二*/

```





Package Dimensions :



- ① :Anode
- ② :Cathode
- ③ :Collector
- ④ :Emitter

DESIGNER	CHECKER	APPROVED

Office: NO 25, Lane 76, Chung Yang Rd, ,Sec.3  
Tucheng, Taipei 236, Taiwan, R.O.C.

TEL: 886-2-2267-2000, 2267-9936 (22Lines)

FAX: 886-2-2267-6189

**©Notes :**

- 1.All dimensions are in millimeter.
- 2.General Tolerance:±0.2mm
- 3.Lead spacing is measured where the lead emerge from the package.
- 4.Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT will reserve authority on material change for above specification.
- 5.These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT corporation. Please don't reproduce or cause anyone to reproduce them without EVERLIGHT's consent.
- 6.When using this product , please observe the absolute maximum ratings and the instructions for use outlined in these specification sheets. EVERLIGHT assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.

**■ Descriptions:**

The ITR8102 (Slot Optical Switch) is a gallium arsenide infrared emitting diode which is coupled with a silicon photo transistor in a plastic housing. The packaging system is designed to optimize the mechanical resolution, coupling efficiency, and insulates ambient light. The slot in the housing provides a means of interrupting the signal with printer, scanner, copier, or other opaque material, switching the output from an " ON" to " OFF" state.

**■ Features:**

- Wide gap between light emitter and detector(3.1mm)
- High sensing accuracy
- PWB mounting type package
- Pb free

**■ Applications:**

- Copier
- Printer
- Facsimile
- Ticket vending machine
- Opto-electronic switch



### Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Ratings	Unit
Input	Power Dissipation at (or below) 25°C Free Air Temperature	Pd	75	mW
	Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	5	V
	Forward Current	I <sub>F</sub>	50	mA
	Peak Forward Current Pulse width ≤100μs, Duty cycle=1%	I <sub>FP</sub>	1	A
Output	Collector Power Dissipation	P <sub>C</sub>	75	mW
	Collector Current	I <sub>C</sub>	20	mA
	Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	30	V
	Emitter-Collector Voltage	V <sub>ECO</sub>	5	V
Operating Temperature		Topr	-25~+85	°C
Storage Temperature		Tstg	-40~+85	°C
Lead Soldering Temperature (1/16 inch from body for 5 seconds)		Tsol	260	°C

### Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Input	Forward Voltage	V <sub>F</sub>	-	1.2	1.6	V	I <sub>F</sub> =20mA
	Reverse Current	I <sub>R</sub>	-	-	10	μA	V <sub>R</sub> =5V
	Peak Wavelength	λ <sub>p</sub>	-	940	-	nm	I <sub>F</sub> =20mA
	View Angle	2θ <sub>1/2</sub>	-	60	-	Deg	I <sub>F</sub> =20mA
Output	Collector Dark Current	I <sub>CEO</sub>	-	-	100	nA	V <sub>CE</sub> =10V
Transfer Characteristic	C-E Saturation Voltage	V <sub>CE(sat)</sub>	-	-	0.4	V	I <sub>C</sub> =0.5mA I <sub>F</sub> =20mA
	Collector Current	I <sub>C(ON)</sub>	0.9	4	15	mA	V <sub>CE</sub> =5V I <sub>F</sub> =20mA
	Rise time	t <sub>r</sub>	-	20	-	μsec	V <sub>CE</sub> =5V
	Fall time	t <sub>f</sub>	-	20	-	μsec	I <sub>C</sub> =1mA R <sub>L</sub> =1KΩ



Typical Characteristics For IR

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

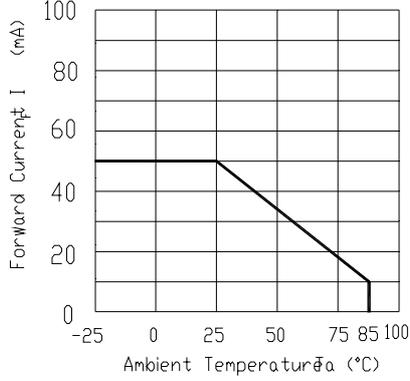


Fig. 2 Spectral Distribution

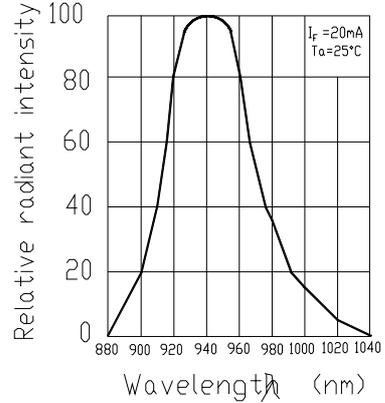


Fig. 3 Peak Emission Wavelength vs. Ambient Temperature

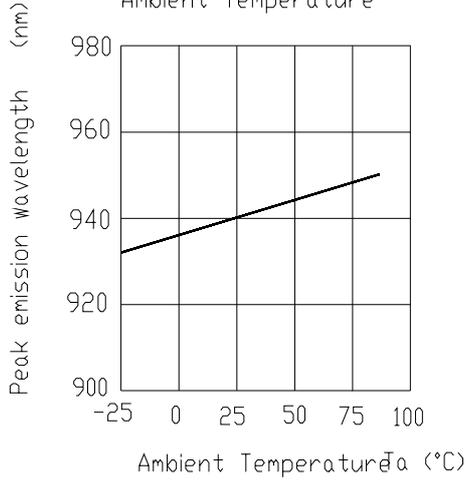


Fig. 4 Forward Current vs. Forward Voltage

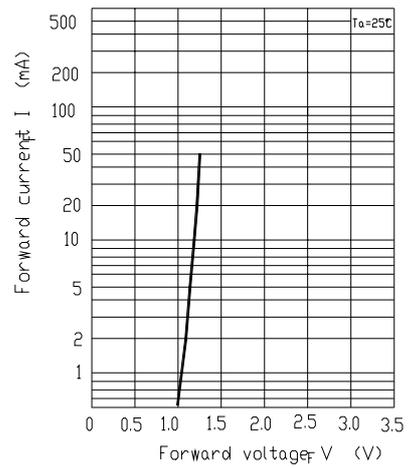


Fig. 5 Forward Voltage vs. Ambient Temperature

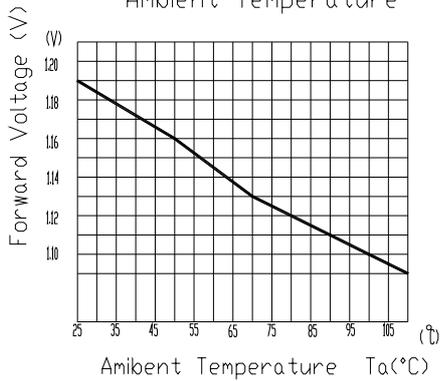
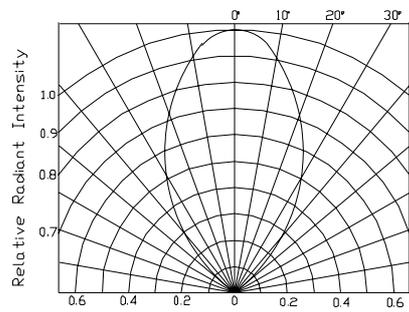


Fig. 6 Relative Radiant Intensity Angular Displacement





Typical Characteristics For PT

Fig.1 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

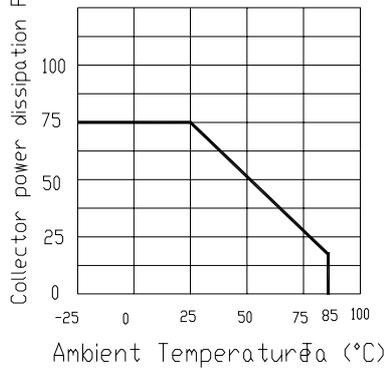


Fig.2 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

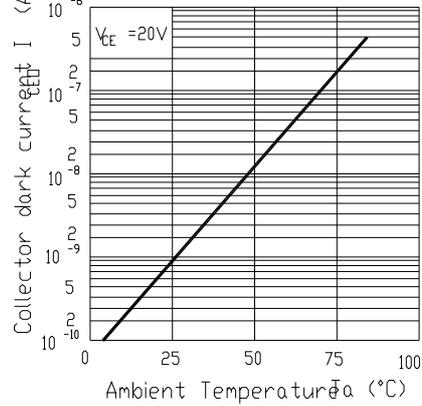


Fig.3 Spectral Sensitivity

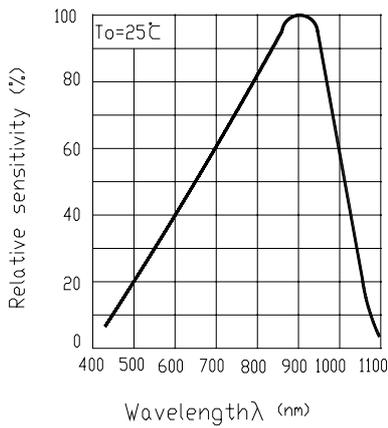
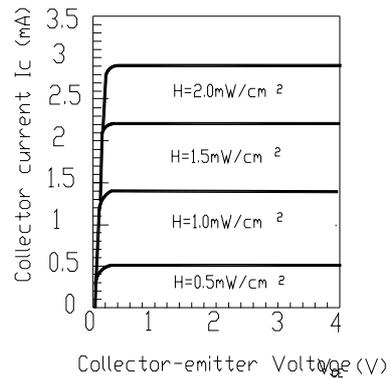


Fig.4 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage



Typical Characteristics For ITR

Fig.1 Relative Collector Current vs. Shield Distance(1)

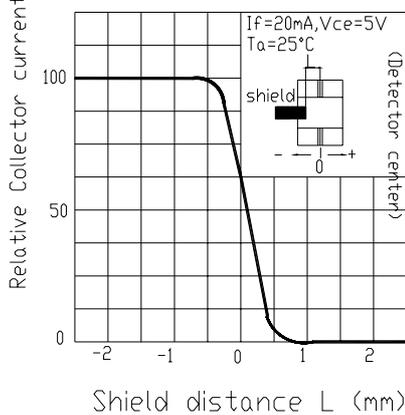
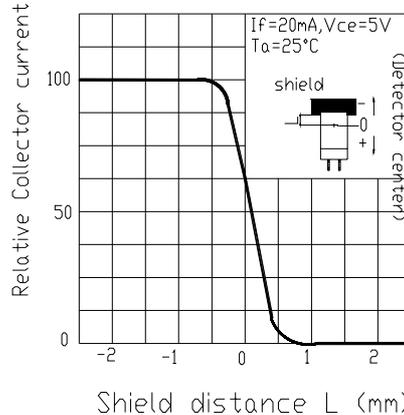


Fig.2 Relative Collector Current vs. Shield Distance(2)







Parameter	Purpose & Condition	Failure Judgement Criteria	Samples(n) Defective(c)
Operating Life Test	Evaluates product's endurance to prolonged electrical or temperature stresses. Standard test Condition:  $V_{CE}=5V$ $I_F=20mA$ Time : 1000hrs	$I_R \geq U \times 2$ $I_{c(on)} \leq L \times 0.8$ $V_F \geq U \times 1.2$  U : Upper specification limit	n =22 , c=0
High Temperature  High Humidity	Evaluates product's ability to withstand prolonged storage at high temperature and high humidity. Standard test Condition:  Temperature: 85°C Relative humidity:85% Time : 1000hrs	L : Lower specification limit	n =22 , c=0
Soldering Heat	Evaluates product's ability to withstand soldering heat  Standard test conditions  Solder temperature : 260±5°C Solder time : 10 seconds		n =22 , c=0

■Supplements

1.Parts

(1) Chip

Type	Material	Peak Wavelength
IR	GaAs or GaAlAs	940 nm
PT	Silicon	860 nm

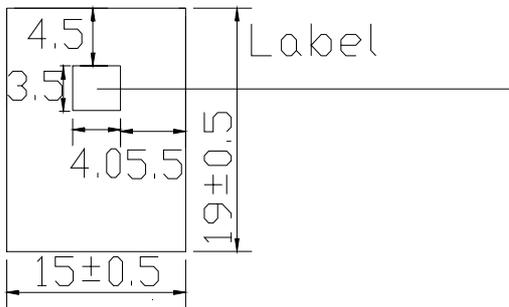
(2)Material

Type	Lead frame	Wire	Part Package	Holder
Material	SPCC	Gold	Epoxy	ABC

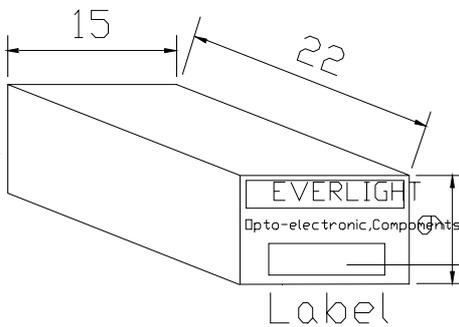


**Packing Specifications**

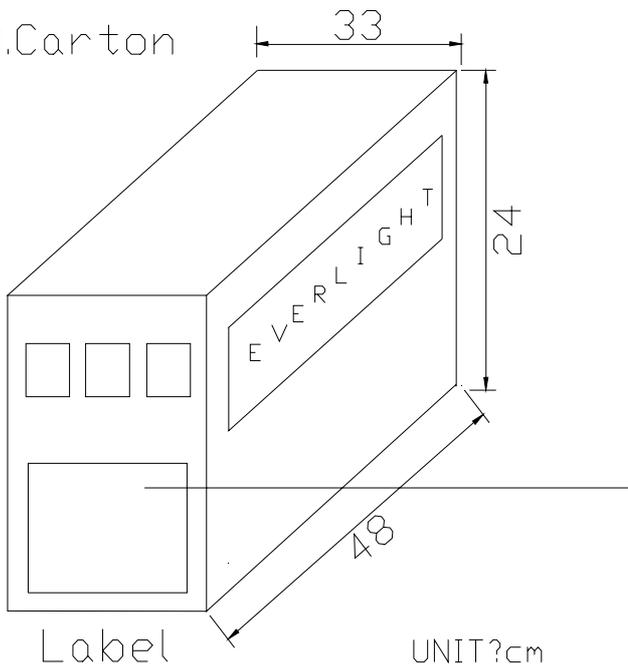
1. Bag



2. Box



3. Carton



CPN:

P/N:



ITR8102

QTY: 150

CAT:



HUE:

REF:

LOT NO:

MADE IN TAIWAN

CPN : Customer's Product Number

P/N : Product Number

QTY : Packing Quantity

CAT : Ranks

HUE : Peak Wavelength

REF : Reference

LOT NO : Lot Number

MADE IN TAIWAN : Production place

**Packing Quantity Specification**

1. 150Pcs/1Bag , 4Bags/1Box

2. 10Boxes/1Carton

This datasheet has been downloaded from:

[www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com)

Datasheets for electronic components.