

**IPN**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD CULHUACAN**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO MECANICO

**POR LA OPCION DE TITULACION:**

SEMINARIO:

CONTROL MODERNO APLICADO A MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS Y A SISTEMAS  
AUTOMATIZADOS

**Reg.**

DES/ESIME-CUL/5122005/09/10

**PRESENTA:**

SALVADOR FERNANDO RAMA LEON

**TEMA:**

"MAQUINA DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL"

**INTRODUCCION:**

Este trabajo presenta el diseño y construcción de un MAI. El prototipo funciona de forma manual y automática a través de un PLC. El MAI esta constituido de manera conjunta por sistemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos

**CAPITULADO:**

- I. INTRODUCCION A LA MECATRONICA
- II. DESCRIPCION Y OPERACIÓN GENERAL DEL MODULO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL
- III. SISTEMA MECANICO
- IV. SISTEMA DE CONTROL

Fecha: México D.F. a 8 de octubre de 2010

\_\_\_\_\_  
M. EN C. LAZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA  
COORDINADOR DEL SEMINARIO

\_\_\_\_\_  
M. EN C. GUILLERMO TRINIDAD SANCHEZ  
ASESOR

\_\_\_\_\_  
ING. EDGAR MAYA PEREZ  
ASESOR

\_\_\_\_\_  
HECTOR BECERRIL MENDOZA  
SUBDIRECTOR ACADEMICO ESIME CULHUACAN



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**

REG. DES/ESIME-CUL/5122005/09/10

“MODULO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL”

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO MECANICO**

**PRESENTA:**

SALVADOR FERNANDO RAMA LEON

**ASESORES:**

M. EN C. LAZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA

M. EN C. GUILLERMO TRINIDAD SANCHEZ

ING. EDGAR MAYA PEREZ

MEXICO, D.F. A 08 DE OCTUBRE DEL 2010



## ÍNDICE

Objetivo.- -----	(1)
Introducción.- -----	(1)
CAPITULO 1.- Introducción a la mecatronica	
1.1.-Antecedentes.-----	(3)
1.2.-Disciplinas que integran la mecatronica.-----	(4)
1.3.-Elementos de un sistema mecatronico.-----	(5)
CAPITULO 2.-Descripción y Operación general del modulo de automatización industrial	
2.1.-Descripción general del MAI.-----	(6)
2.2.-Definiciones de los componentes que conforman el MAI.-----	(7)
2.3.-Operación del MAI.-----	(8)
2.3.1.- Modo manual.-----	(8)
2.3.2.-Modo PLC.-----	(9)
CAPITULO 3.- Sistema mecánico	
3.1.-Sistema neumático.-----	(11)
3.1.1.-Unidad de mantenimiento.-----	(11)
3.1.2.-Cilindro de simple efecto.-----	(12)
3.1.3.-Cilindro de doble efecto.-----	(13)
3.1.4.-Electroválvulas.-----	(14)
3.2.-Cálculos mecánicos del MAI.-----	(14)
CAPITULO 4.- Sistema de control	
4.1.-Introducción.-----	(20)
4.2.-Control manual.-----	(25)
4.2.1.-Tarjeta FA_MAN.-----	(27)



4.3.-Control por PLC.-----	(31)
4.3.1.-Tarjeta FA_ PLC.-----	(33)
4.4.-Tarjeta de control y supervisión de errores.-----	(36)
4.5.-Tarjeta de potencia.-----	(39)
4.6.-Fuentes de alimentación.-----	(44)
4.6.1.-Distribución de la fuentes en las tarjetas del MAI.-----	(46)
Conclusiones.- -----	(48)
Recomendaciones.- -----	(48)
Bibliografía.- -----	(49)
Anexos.- -----	(50)



## **OBJETIVO:**

La maquina de automatización industrial se diseño con el fin de ingresar los conocimientos del área mecatronica para asumir procesos automatizados.

Esta maquina cuanta con los elementos y equipos que definen un sistema mecatronico los cuales son: Mecanismos, actuadotes, controladores y sensores.

## **INTRODUCCION:**

Este trabajo presenta el diseño y construcción de un MAI (Modulo de automatización industrial). El prototipo funciona de forma manual y automática a través de un PLC. El MAI esta constituido de manera conjunta por sistemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos.

El MAI, consta de un sistema de almacenes en donde se encuentra el producto inicial o materia prima y el producto final o producto terminado, el cual es desplazado a través de un mecanismo tipo brazo manipulador o brazo automatizado, recordando que un brazo manipulador se puede desplazar en cualquiera de sus ejes de manera continua, en este caso en particular esto no es posible pues el brazo diseñado se mueve tan solo en cierto numero de posiciones de acuerdo a los sensores y a su sistema neumático que cuenta con :

- Un pistón el cual tiene como función desplazar las piezas a una banda transportadora sobre el cual hay sensores que detectan el color y el tipo de material de las piezas
- Un mecanismo neumático que permite sujetar la pieza a procesar
- Un cilindro neumático que permite el ascenso y descenso del broquero
- Un cilindro neumático que permite sujetar y poner el material en cualquier parte de la maquina

El sistema electrónico esta constituido básicamente en dos partes

- Adquisición de dato
- Salida de control
- El primero fue diseñado para leer los datos de los sensores así como el seleccionar al tipo de sistema, ya sea manual o automático con un PLC, mientras que el segundo es el que tiene la capacidad de proporcionar la energía necesaria a los actuadotes, este sistema se encuentra integrado por tarjetas de alimentación, control para los servomotores de CD y switcheo.

## **Estructura del trabajo**

En el primer capitulo se describen todos los antecedentes históricos de un sistema mecatronico, así como la disciplinas y los elementos que lo integran, así como su descripción y la función para la cual son empleados.

En el según do capitulo se describe de forma general el MAI. En el se habla de cada una de las partes que lo conforman, como lo son los almacenes, alimentador de piezas, la banda trasportadora, la estación de trabajo y el brazo manipulador.



En el capítulo tres se detallan todos los elementos mecánicos, abordando en él las partes neumáticas y las partes mecánicas de las cuales está conformado el MAI, así como los cálculos que se ocuparon para su diseño.

El capítulo cuatro hace referencia al sistema de control, mencionando el funcionamiento de cada una de las tarjetas electrónicas, su composición, además de las fuentes de alimentación y de la tarjeta de potencia y de los diagramas de construcción de los componentes electrónicos.

Finalmente se muestran los anexos de los componentes empleados en el MAI, la biografía y dibujos mecánicos.

A continuación se presenta el diagrama a bloques de la rutina que seguiría el MAI



## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LA MECATRÓNICA

### 1.1 ANTECEDENTES

El término “Mecatrónica” fue creado en Japón, es la combinación de las dos primeras sílabas de Mecánica y las últimas tres de electrónica, fundiendo en este término dos ingenierías importantes.

Desde nuestros inicios, los sistemas Mecatrónicos. Se establecieron en todos los aspectos de nuestra sociedad. Los mecanismos como la palanca, la rueda, la polea, los engranes, etc., han sido la base de las herramientas actuales; mientras tanto, la tecnología electrónica pertenece al siglo veinte, ya que todos los elementos que la constituyen fueron creados en los últimos 85 años.

En el pasado no existía ningún plan para la integración de la mecánica y la electrónica, sin embargo y debido a los avances que ha tenido la electrónica en cuanto a la capacidad para simplificar físicamente las configuraciones mecánicas, ha traído como resultado la creación de instituciones de investigación, como objeto de desarrollar métodos que lleven a la integración de la mecánica y la electrónica.

Con el término “Mecatrónica” se reconoce una tendencia multidisciplinaria dentro del diseño, que se inició hace varios años y su uso se ha acelerado a partir de la década de los ochenta. Sin embargo, el incremento de actividades dentro de la ingeniería a principios del siglo veinte, solo involucró elementos mecánicos, ya que la tecnología de la ingeniería eléctrica y electrónica se encontraban en sus etapas iniciales. Fue hasta los años cuarenta cuando el escenario de la ingeniería mecánica fue compartido con la ingeniería eléctrica, electrónica y posteriormente con la computación.

### DEFINICIONES

- “Mecatrónica es una actitud o filosofía que establece un enfoque multidisciplinario a la solución de problemas. Es por su naturaleza una actividad de grupo que involucra ingenieros mecánicos, electrónicos y de computación con el personal de otros departamentos dentro de la empresa. Esto pretende producir sistemas óptimos para diferentes clases de problemas. Mecatrónica no se considera una ciencia pero si una tecnología.[1]
- “Mecatrónica es una estrategia que combina ingeniería, mecánica, electrónica y de software que se aplica al desarrollo y manufactura de productos para generar una solución óptima de diseño. “[2]
- “Mecatrónica es una disciplina que combina diversas actividades interdisciplinarias del conocimiento, entre las que destacan ingeniería mecánica, ingeniería electrónica y los sistemas computacionales.[3]

- “Mecatrónica es una disciplina integradora que utiliza las tecnologías de la mecánica electrónica y tecnología de información para proveernos de productos, procesos y sistemas mejorados.”<sup>[4]</sup>

## 1.2 DISCIPLINAS QUE INTEGRAN LA MECATRÓNICA

Desde la creación del término “Mecatrónica” se dijo que era la integración de la Mecánica y la Electrónica, pero si no se le agrega la electricidad y la computación esta nueva tecnología estaría incompleta.

El siguiente diagrama de ven nos indica las áreas que componen la Mecatrónica

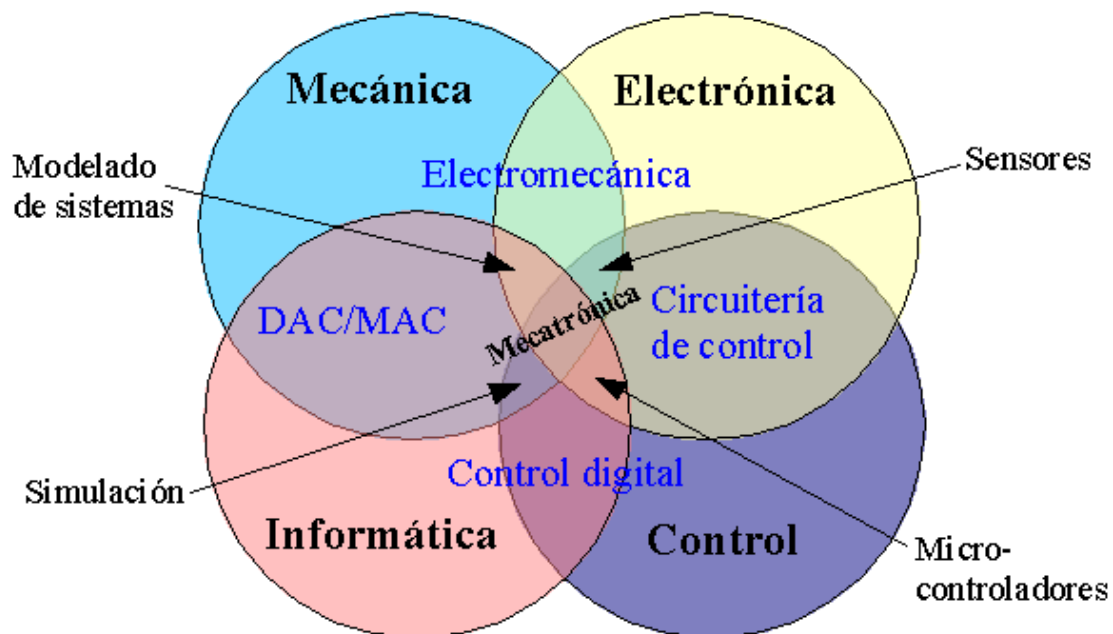


Fig. 1.1 Áreas que integran la Mecatrónica

Según el diagrama, en la actualidad se considera que son cuatro las ingenierías que componen la Mecatrónica: sistemas mecánicos, sistemas eléctricos, sistemas electrónicos o de control y sistemas computacionales o de informática; como resultado de la integración de estas cuatro ingenierías nacen nuevas ingenierías y tecnologías con el fin de propiciar la optimización de un producto o proceso industrial.

La Mecatrónica está centrada en mecanismos, componentes electrónicos y módulos de computación los cuales combinados hacen posible la generación de sistemas más flexibles, versátiles, económicos, fiables y simples.



### 1.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA MECATRÓNICO

Para que un sistema pueda considerarse Mecatrónico es necesario que cuente con los cinco elementos que a continuación se indican:

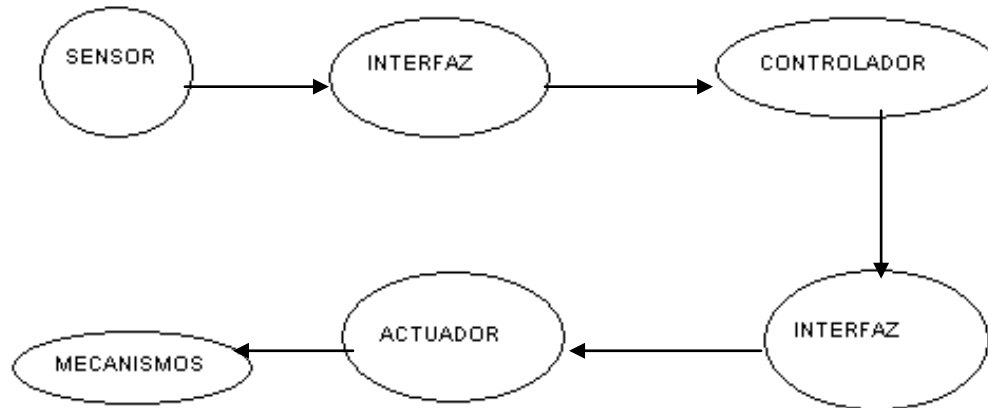


Fig. 1.2 Elementos de un sistema Mecatrónico

**Sensor.-** Es el elemento encargado de detectar las variables físicas del medio ambiente

**Interfaz.-** Se encarga de transmitir la información captada por los sensores, para que pueda ser registrada por el controlador. También adecua la información que se envía desde el controlador al actuador, o en su defecto a un circuito de potencia.

**Controlador.-** Elemento encargado de tomar las decisiones de acuerdo a la lógica proporcionada por un programa, es decir, es el elemento que da inteligencia al sistema.

**Actuador.-** Elemento que se encarga de ejecutar la instrucción proveniente del controlador, lo cual se traduce en alguna acción, por ejemplo el movimiento de un motor eléctrico, el accionamiento de una electroválvula, etc.

**Mecanismos.-** Es un conjunto de elementos mecánicos que realiza una tarea específica a partir del movimiento que le proporciona un actuador.

## CAPITULO 2

### DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN GENERAL DEL MÓDULO DE ACTUALIZACIÓN INDUSTRIAL

#### 2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MAI

El funcionamiento del Modulo de Automatización Industrial (MAI) consiste en el procesamiento de una pieza con características físicas específicas, tanto en el material, como en el color, la pieza es tomada de un almacén de materia prima por medio de una pinza neumática. Posteriormente se traslada al inicio de carrera de una banda transportadora, a lo largo de la cual se encuentran ubicados un par de sensores los cuales se encargan de discriminar las características de la pieza seleccionada, entre ellas el tipo de material y color de la pieza, estas características son las que sirven para que, al final de la banda transportadora sea posible determinar cual será el destino de la pieza, esto es si la pinza neumática, al recogerla determina trasladarla a la unidad de trabajo, en donde se simulará un proceso de barrenado, o bien decide depositarla en un almacén de acuerdo al lugar donde se quiera colocar.

En la figura 2.1 se muestra la estructura del MAI desde una perspectiva general. Son señalados cada uno de los módulos de los que se compone, así como su ubicación dentro de la estructura.

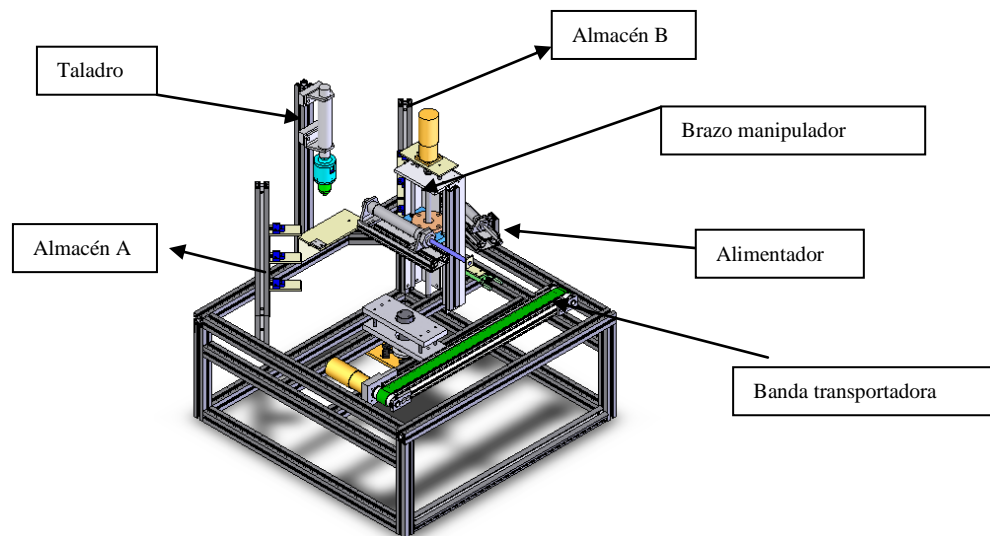


Fig.2.1 Módulo de Automatización Industrial.



## 2.2 DEFINICIONES DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL MAI

### **Almacenes**

Se cuenta con dos almacenes que están conformados por una base una torre y tres niveles de almacenamiento, en donde el almacén A está destinado para recibir el producto terminado, mientras que el almacén B nos sirve para contener la materia prima. En este lugar se montan foto micro sensores los que detectan la presencia del producto.

### **Taladro**

Es el lugar donde la pieza se somete a un proceso de trabajo. En este módulo se tiene un cilindro de doble efecto, en su flecha se tiene un motor de 12 VCD. Para detectar la posición del taladro arriba/abajo, el cilindro contiene dos sensores magnéticos. Cuando la pieza está sometida al proceso de trabajo debe sujetarse, esto se logra con un cilindro de simple efecto.

### **Alimentador**

El alimentador de piezas provee de materia prima a la banda transportadora. Es un cilindro neumático de doble efecto, montado sobre una pieza de aluminio, también lleva dos sensores magnéticos para detectar la posición del alimentador al frente/atrás. El extremo exterior del vástago se encuentra unido al alimentador de piezas de aluminio, el cual tiene la función de desplazar la pieza hacia la banda transportadora cuando el vástago se extiende.

### **Banda transportadora**

La banda transportadora se encuentra anexa al alimentador. Es una cama de aluminio que contiene una banda de poliuretano, la cual entra en movimiento una vez accionado el motor de corriente continua de 24V ubicado al final de la cama. Por encima de esta, se encuentran ubicados dos sensores, uno de ellos es utilizado para detectar cuando el material es de metal, mientras que el otro es utilizado para detectar si el material es de color claro u oscuro. En el fin de la banda se encuentra ubicado un sensor más, que detecta cuando una pieza llega hasta el límite de la banda y pueda ser transportada hasta el siguiente proceso.

### **Brazo Manipulador**

El brazo cuenta con una torre que está hecha de tubo de aluminio, en la parte superior lleva un motor eléctrico de 24 VCD para que pueda tener un movimiento vertical de ascenso y descenso.

Para posicionar el brazo en los niveles bajo, medio y alto se dispone de tres sensores de límite, dos más de estos mismos se colocan en la parte inferior y superior para indicar un límite de sobrecarrera del brazo. El movimiento giratorio de izquierda a derecha se efectúa por medio de un motor de 12 VCD. El posicionamiento de giro se controla con 7 sensores de límite.



El brazo es un cilindro neumático de doble efecto, el cual cuenta con 2 sensores magnéticos para detectar cuando el brazo esté extendido o retraído. La garra neumática, es la que sostiene la pieza que se traslada para seguir la secuencia del proceso.

### 2.3 OPERACIÓN DEL MAI

El MAI tiene la particularidad de funcionar de dos modos distintos que es en forma manual y de un PLC que es el que realizara una rutina programada

Para realizar esta rutina se dispone de 9 actuadores y 27 sensores. De los nueve actuadores 5 son neumáticos y 4 son eléctricos. La tabla 2.1 indica los sensores utilizados y su ubicación, mientras que la tabla 2.2 muestra los actuadores.

Tabla 2.1 Localización de sensores

<i>Localización de sensores</i>	<i>Tipo de sensor</i>	<i>Cantidad</i>
En el brazo (móv. circular)	Interruptor de limite	7
En el brazo (tornillo sin fin)	Interruptor de limite	5
Cilindro del brazo	Magnético	2
Cilindro alimentador	Magnético	2
Cilindro taladro	Magnético	2
En almacenes	Fotoeléctrico	6
Sobre la banda	Inductivo	1
Sobre la banda	Reflectivo	1
Fin de banda	Interruptor de limite	1

Tabla 2.2 Localización de actuadores

<i>Actuador neumático</i>	<i>Actuador eléctrico</i>
Cilindro del brazo	Motor del brazo (móv. circular)
Cilindro del alimentador	Motor del brazo (tornillo sin fin)
Cilindro del sujetador	Motor del taladro
Cilindro del taladro	Motor de la banda
Pinza neumática	

**2.3.1 Modo MANUAL:** Cuando se desee accionar el MAI en forma manual; se selecciona el modo manual mediante el selector de modo y se activa el interruptor principal. Al elegir el modo manual se activan los nueve micro interruptores del panel frontal.

Sobre este panel, y de izquierda a derecha, para mover el brazo se colocan tres interruptores; los dos primeros cuentan con tres posiciones, el primero gira con el brazo en sentido horario (CW) y antihorario (CCW) y en la posición central no realiza ninguna operación, el segundo permite desplazar el brazo hacia arriba y hacia abajo, se tiene un tercero de dos posiciones, que activa la electro válvula para desplazar el efecto final hacia delante y hacia atrás en forma neumática.

El cuarto interruptor es de dos posiciones y controla la electroválvula para abrir o cerrar la pinza neumática.

Para la estación del taladro se tienen tres interruptores de dos posiciones cada uno; el primero controla la electroválvula que permite bajar y subir el taladro, el siguiente es para que actúe el cilindro que sujete a la pieza sobre dicha estación, y el tercero para hacer girar o parar el motor del taladro.

El siguiente interruptor es para controlar la electroválvula que controla el cilindro neumático adelante-atrás del alimentador de piezas hacia la banda transportadora.

El último interruptor también es de dos posiciones, y se utiliza para avanzar y detener la banda transportadora.

**2.3.2 Modo PLC:** El PLC tiene comunicación por medio de un programa entre los elementos de entrada y salida. Como elementos de entrada, pueden ser entre otros, todo tipo de sensores e interruptores, estas señales de los elementos de entrada producen una respuesta a la salida que va directo a los actuadores, los actuadores a su vez pueden tener incorporados, otros sensores y producir nuevamente una nueva entrada y por consiguiente otra nueva respuesta en los actuadores. En la figura 2.2 se muestra la relación existente entre un PLC y estos elementos

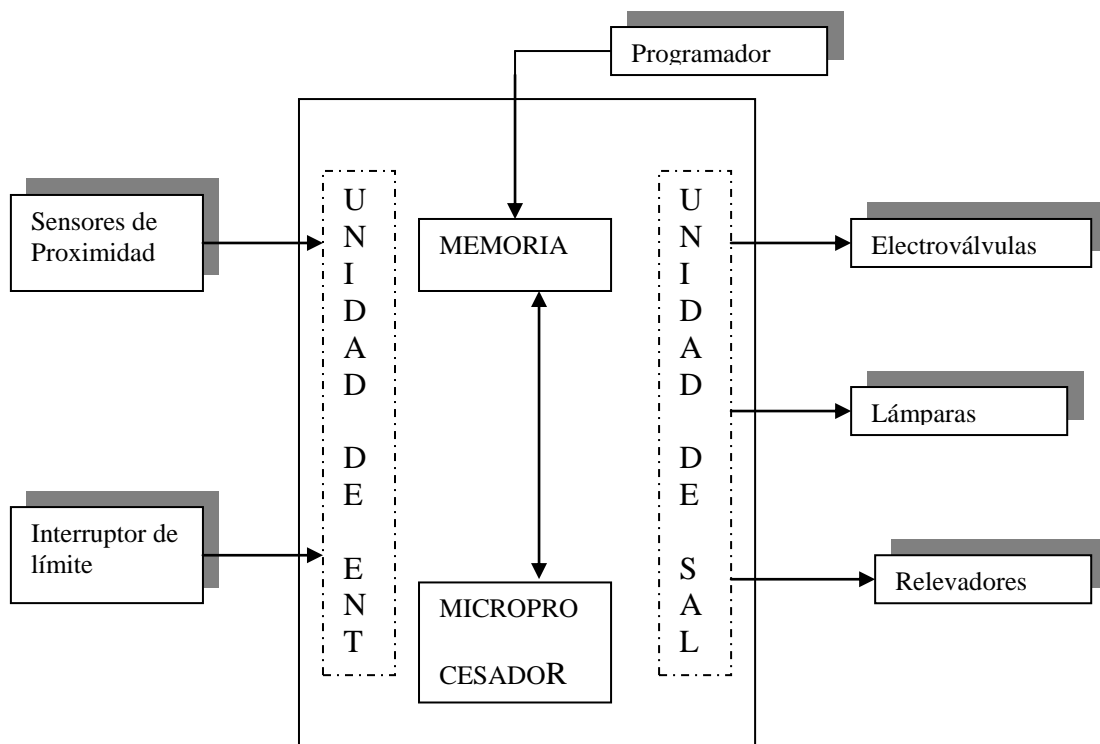


Figura 2.2 Señales de entrada y salida de un PLC

Con el selector de modos del panel frontal se elige el modo PLC, se utilizan los conectores tipo hembra del panel frontal para hacer las conexiones hacia y desde un PLC. Hacia el PLC se envían señales de los conectores marcados con S1-S24, así como 5 comunes (GND) que corresponde a los sensores. Desde el PLC se conectan 13 terminales (24VCD) y 11 corresponden a los conectores P1-P11, a través de ellos se energizan los actuadores.



La tabla 2.3 muestra a que elemento corresponde cada uno de los sensores S1-S24 y actuadores P1-P11 del panel frontal.

Tabla 2.1 de conectores del panel frontal

CONECTOR	SENSOR	CONECTOR	ACTUADOR
S1	Brazo en CCW	P1	Brazo gira en CW
S2	Brazo en almacén A	P2	Brazo gira en CCW
S3	Brazo en taladro	P3	Brazo hacia arriba
S4	Brazo en almacén B	P4	Brazo hacia abajo
S5	Brazo en CW	P5	Brazo al frente / atrás
S6	Brazo arriba	P6	Mano cerrar / abrir
S7	Brazo en medio	P7	Taladro abajo / arriba
S8	Brazo abajo	P8	Sujetador al frente / atrás
S9	Brazo al frente	P9	Taladro girar / parar
S10	Brazo atrás	P10	Alimentador al frente / atrás
S11	Taladro arriba	P11	Banda avanzar / parar
S12	Taladro abajo	CP	Común de Actuadores
S13	Alimentador al frente		
S14	Alimentador atrás		
S15	Fin de banda		
S16	Almacén A alto		
S17	Almacén A medio		
S18	Almacén A bajo		
S19	Almacén B alto		
S20	Almacén B medio		
S21	Almacén B bajo		
S22	Sensor de color		
S23	Sensor de metal		
S24	Posición error		
CS	Común de sensores		

## CAPÍTULO 3 SISTEMA MECÁNICO

### 3.1 Sistema Neumático

El MAI dispone de un sistema neumático integrado por la unidad de mantenimiento, hasta ella llega el aire desde un compresor que se encarga de tomarlo de la atmósfera; el aire es enviado a través de una manguera hasta el distribuidor de aire, y desde aquí es distribuido hacia todos los cilindros que contiene el MAI.

#### 3.1.1 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento se encarga de que el aire que es suministrado hasta el área de trabajo, se mantenga a la presión adecuada, se encuentre lo mas limpio posible y además lleva lubricación.

En ella se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

1.-El caudal total de aire en  $m^3/h$  es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante

2.-La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a  $50^{\circ}C$  (valores máximos para recipiente de plástico)

La unidad de mantenimiento mostrada en la figura 3.1 esta compuesta por

- Filtro
- Regulador con manómetro integrado
- Lubricador

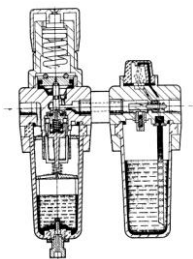


Fig. 3.1 Unidad de mantenimiento

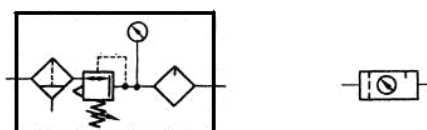


Fig. 3.2 Símbolo de la unidad de mantenimiento

### 3.1.2 Cilindro de simple efecto

Este cilindro es utilizado para sujetar las piezas mientras están siendo perforadas en la unidad del taladro

Este cilindro tiene una sola conexión de aire comprimido, como se muestra en la figura 3.3. Realiza trabajo en un solo sentido. Se necesita aire para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa

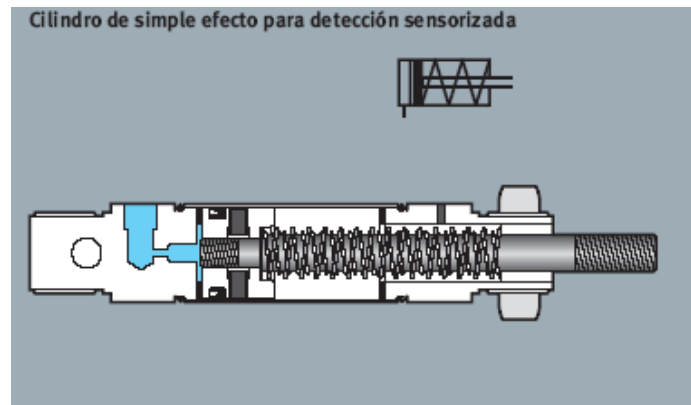


Fig. 3.3 Cilindro de simple efecto

Este cilindro puede llevar la conexión del aire de alimentación antes del muelle produciendo con ello la retracción del vástago dentro del cilindro cuando no hay aire, o bien puede llevar la alimentación de aire entre el muelle y el vástago, ocasionando ahora que sin aire, el vástago permanezca fuera del cilindro.

La figura 3.4 (a) nos muestra los símbolos para cuando el vástago se encuentra dentro del cilindro, mientras que la figura 3.4 (b) para cuando el vástago esta fuera del cilindro.



Fig. 3.4 Diferente posición de un vástago de simple efecto

En la figura 3.5 se ilustra el modo de funcionamiento de este cilindro en el momento en que es accionado el botón pulsador del aire de entrada (IN), este es transferido hasta el cilindro, produciendo que el vástago salga, el aire es retenido en la pared interna del cilindro, ahora al ser seleccionado el botón pulsador que se encuentra en el extremo derecho (out), ocasiona que el aire sea desfogado al exterior, con ello el vástago regresa a su posición original debido al muelle que se encuentra en el interior del cilindro.



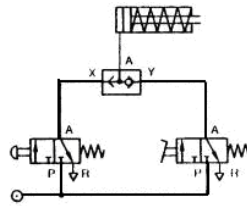


Fig. 3.5 cilindro de simple efecto

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de este, limita la carrera. Por estos cilindros no sobrepasan una carrera de 100 mm.

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

### 3.1.3 Cilindro de doble efecto:

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, Fig. 3.6 a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

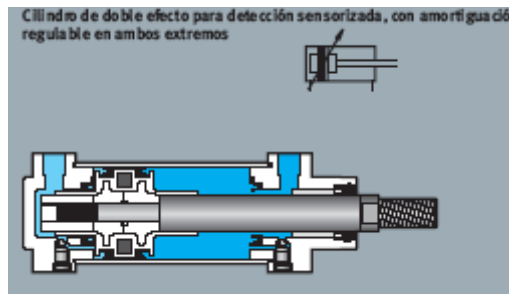


Fig. 3.6 Cilindro de doble efecto

La figura 3.7 nos muestra la forma en que funciona este cilindro, en condiciones iniciales el vástago se encuentra dentro del cilindro, ya que el aire de alimentación ocasiona que este se introduzca dentro de las paredes del cilindro, cuando es oprimido el botón pulsador, el aire ahora se introduce en las paredes del cilindro ocasionando ahora con ello que el cilindro sea expulsado.

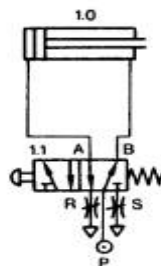


Fig. 3.7 Cilindro de doble efecto



### 3.1.4 Electroválvula:

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, y mandos eléctricos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro de luz pequeña, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

#### *Funcionamiento:*

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R. entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

Al desconectar el electroimán; el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles.

La función de las electroválvulas es regular la puesta en marcha de los cilindros neumáticos que contiene en Modulo de Automatización Industrial (MAI), así como el paro y dirección de los mismos.

Características de las electroválvulas:

- Requieren de 110 VCA con frecuencia de 50/60Hz
- Las flechas representan el sentido de circulación del fluido de aire
- La posición de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales
- Accionamiento combinado: electroimán y servo pilotaje
- Accionamientos indirectos (servo pilotaje) por presión en la válvula de mando principal, a través de la válvula

## 3.2 Cálculos Mecánicos del MAI

### Cálculos de la garra sujetadora

*Cálculo de la masa de la pieza a manipular*

La pieza es un cubo de 25 mm por lado

Vol. = lado X lado X lado

Vol. = 25 X 25 X 25 = 15.625mm

Considerando que la densidad del hierro es de 7.86 g/cm<sup>2</sup>

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Donde:

m= masa de la pieza

v= volumen de la pieza

$\delta$  = densidad del hierro

Despejando a la masa

$$m = \delta(v)$$

$$m = 7.86 \text{ g/cm}^3 (15.625 \text{ cm}^3)$$

$$m = 122.5 \text{ g} \approx .1225 \text{ kg}$$

### Fuerza para sujetar la pieza con las pinzas

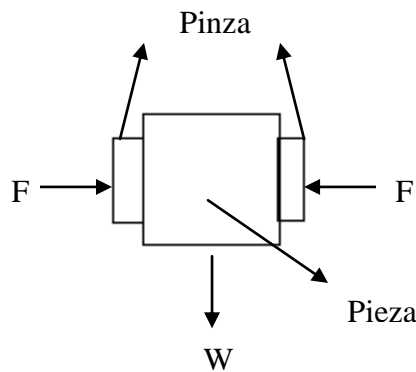


Fig. 3.8 diagrama de fuerzas

$$F = \frac{mg}{No\mu} \quad (2)$$

F= fuerza para sujetar la pieza (N)

m= masa del objeto a manipular (Kg.)

g= aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

No=numero de dedos que tiene la pinza sujetadora

$\mu$  =coeficiente de fricción entre las superficies de contacto ( $\mu =0.61$ )

Sustituyendo en la ecuación No. 2

$$F = \frac{(0.1225 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{(2)(0.61)} = 0.985 \approx 1 \text{ N}$$



## Cálculo del consumo de aire de los cilindros

### Consumo de aire del cilindro doble efecto

Fórmula del consumo de aire

$$\dot{v} = \left[ s * \frac{D^2 * \pi}{4} + s * \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \right] * n * \text{Relacion de compresion} \quad (3)$$

Donde:

- $\dot{v}$  = consumo de aire (l/min)
- s = longitud de carrera (cm)
- n = ciclos por minuto
- D = diámetro cilindro (cm)
- d = diámetro vástago (cm)
- Rc = 4.94

Fórmula para determinar la relación de compresión de aire

$$\rho_{e2} : \rho_{e1} = \frac{101.3 + \text{Presion de trabajo}}{101.3} = kPa \quad (4)$$

$$\rho_{e2} : \rho_{e1} = \frac{101.3 + 400Kpa}{101.3} = 4.94$$

### Cilindro de la estación de taladro

Datos:

- D = 2.5cm
- d = 1.0cm
- s = 5cm
- n = 1ciclo/min.
- P = 400kPa
- Rc = 4.94

Sustituyendo valores en la ecuación No. 3

$$\dot{v} = \left\{ \left[ \frac{5cm(2.5cm)^2 \pi}{4} \right] + \left[ \frac{5cm[(2.5cm)^2 - (1.00cm)^2] \pi}{4} \right] \right\} (1c / \text{min})(4.95)$$

$$\dot{v} = 223.54cm^3 / \text{min}$$

$$\dot{v} = (223cm^3 / \text{min}) \left( \frac{1litro}{1000cm^3} \right)$$

$$\dot{v} = .223 l / \text{min}$$



### Cilindro del brazo manipulador

Datos:

$$D=2.0 \text{ cm.}$$

$$d=0.8 \text{ cm}$$

$$s= 8 \text{ cm}$$

$$n=1 \text{ ciclo/min}$$

$$P= 400\text{kPa}$$

$$Rc=4.94$$

Sustituyendo valores en la ecuación No. 23

$$\dot{v} = \left\{ \left[ \frac{8\text{cm}(2.0\text{cm})^2 \pi}{4} \right] + \left[ \frac{8\text{cm}[(2.0\text{cm})^2 - (0.8\text{cm})^2] \pi}{4} \right] \right\} (1\text{c} / \text{min})(4.95)$$

$$\dot{v} = 228.90\text{cm}^3 / \text{min}$$

$$\dot{v} = (228.90\text{cm}^3 / \text{min}) \left( \frac{1\text{litro}}{1000\text{cm}^3} \right)$$

$$\dot{v} = .2289\text{l} / \text{min}$$

### Cilindro del alimentador de banda

Datos:

$$D= 1.6 \text{ cm.}$$

$$d= 0.6 \text{ cm.}$$

$$s= 10 \text{ cm.}$$

$$n=1 \text{ ciclo/min.}$$

$$P= 400\text{kPa}$$

$$Rc=4.94$$

Sustituyendo en la ecuación No. 23

$$\dot{v} = \left\{ \left[ \frac{10\text{cm}(1.6\text{cm})^2 \pi}{4} \right] + \left[ \frac{10\text{cm}[(1.6\text{cm})^2 - (0.6\text{cm})^2] \pi}{4} \right] \right\} (1\text{c} / \text{min})(4.95)$$

$$\dot{v} = 185.05\text{cm}^3 / \text{min}$$

$$\dot{v} = (185.05\text{cm}^3 / \text{min}) \left( \frac{1\text{litro}}{1000\text{cm}^3} \right)$$

$$\dot{v} = 0.185\text{l} / \text{min}$$

### Cilindro simple efecto

Fórmula del consumo de aire:

$$\dot{v} = s * n * \frac{D^2 * \pi}{4} * \text{Relacion de compresion} \quad . (5)$$

Datos:

D=10mm

d= 4mm

S= 30mm

n= 1 ciclo/min.

Sustituyendo valores en la ecuación No. 5

$$\dot{v} = 3cm(1ciclo / min) \left( \frac{(1cm)^2 \pi}{4} \right) (4.95)$$

$$\dot{v} = 11.66cm^2 / min$$

$$\dot{v} = (11.66cm^2 / min) \left( \frac{1litro}{1000cm^3} \right)$$

$$\dot{v} = .0116 l / min$$

**Consumo total de aire=  $\sum$  de todos los consumos de aire . (6)**

Sustituyendo en la ecuación No. 26

$$\begin{aligned} \text{Consumo total de aire} &= .229 l/min. + .2289 l/min. + .185 l/min. + .0116 l/min. \\ &= 0.6545 l/min. \end{aligned}$$

### Cálculo de la fuerza para mover la pieza del alimentador a la banda

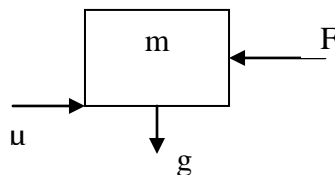


Figura. 3.9 Diagrama de cuerpo libre de la pieza

$$F = (m) (\mu) (g) \quad . (34)$$

Donde:

F = fuerza necesaria para empujar la pieza (N)

m = masa de la pieza (.122kg)

g = aceleración de la gravedad ( $9.81m/s^2$ )

$\mu$  = coeficiente de fricción aluminio-hierro (0.6)

Sustituyendo en la ecuación 34 tenemos:

$$\begin{aligned} F &= (.122kg)(9.81m/s^2)(0.6) \\ F &= .72N \end{aligned}$$



De acuerdo a los cálculos efectuados se necesita una fuerza de  $.72\text{N}$  para poder desplazar la pieza y el cilindro instalado para esta función proporciona una fuerza de  $100\text{N}$

## CAPITULO 4

### SISTEMA DE CONTROL

#### 4.1 Introducción

El módulo de automatización industrial (MAI) es muy versátil en cuanto a la manera de realizar el control de secuencias de sus operaciones. Las tareas que realiza este prototipo pueden realizarse de dos formas distintas. La primera de forma manual en la que pueden manipularse cada uno de los nueve actuadores del MAI desde el tablero de control. y también es posible manipularla mediante un PLC.

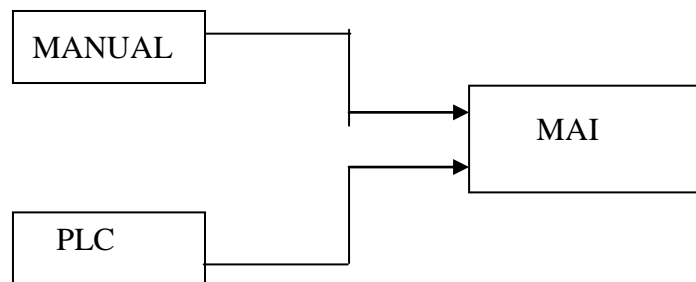


Fig. 4.1 Diagrama a bloques del sistema de control

En el panel frontal de control de secuencias, se encuentra entre otros accesorios el selector de modos de operación, el cual nos permite ver y decidir con que modo se va a trabajar en el control de secuencias del MAI.

El sistema de control del MAI funciona de la siguiente manera, como se mencionó anteriormente se empieza con el selector de modo el cual realiza la conexión a tierra de la terminal de dos estados de los buffer que permiten la activación de los actuadores desde la tarjeta electrónica respectiva, es decir, FA\_MA, FA\_PLC.

En el momento en el que el selector de modos es posicionado en uno de los modos automáticamente el otro modo quedará deshabilitado, permitiendo que solo funcionen los actuadores del modo seleccionado.

En el diagrama a bloque mostrado en la figura No. 4.1 es posible apreciar la posición del switch habilitador en el bloque de salidas desde cada una de las tarjetas electrónicas de control.

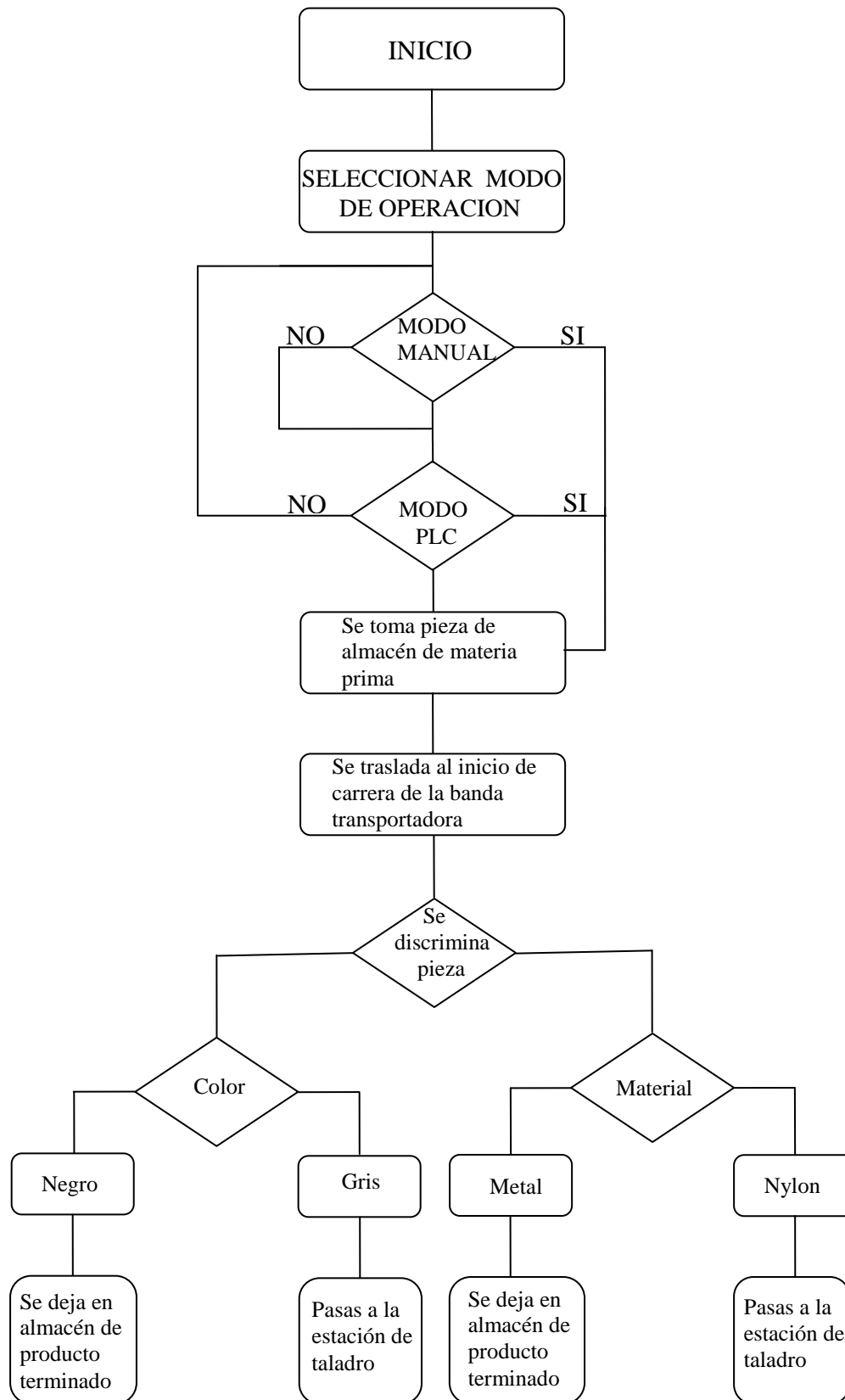
La parte medular del sistema de control es un BUS o canal principal de datos, a través del cual se soportan y conducen todas las señales correspondientes tanto a la activación de actuadores como el estímulo de sensores, sea cual sea el modo de operación.

Parte desde ese mismo BUS principal el grupo de sensores de accionamiento para actuadores y monitoreo de sensores hacia la etapa de control de errores, en la cual se supervisará que las condiciones de operación del MAI se encuentren en condiciones adecuadas y seguras para los dispositivos del prototipo, específicamente que el brazo manipulador no salga de los límites establecidos de operación.





De manera consecutiva el flujo de información, después de la etapa de supervisión de errores se encuentra un bloque que describe en su máxima expresión al sistema mecatrónico. Se compone de tres sub-etapas, una correspondiente a los actuadores, los cuales son accionados una vez que la etapa de control y supervisión de errores determina que es posible hacerlo, otra de mecanismos quienes están ligados de manera muy estrecha con los actuadores, y quienes son los responsables de transformar una fuerza en movimiento efectivo de los mecanismos originados por los actuadores.



4.2 Grafica de la metodología de la investigación



Según sea el estado que guarden los sensores en función a los cambios producidos por la combinación de actuadores y mecanismos, serán retroalimentadas las nuevas condiciones, de manera que puedan ser nuevamente procesadas por cualquiera que sea el modo de control de operación. La retroalimentación se realiza por medio de la tarjeta FA\_MAN, quien como se observa en el diagrama, las recoge del exterior y las suministra nuevamente al bus principal, para que nuevamente puedan ser recogidas por el modo de operación que gobierne las ejecuciones del MAI.

En el diagrama a bloques 4.3 se especifica cual es la dirección del flujo de las señales de actuadores y sensores, desde y hacia los dispositivos de control, en los que se detalla la fuente de alimentación.

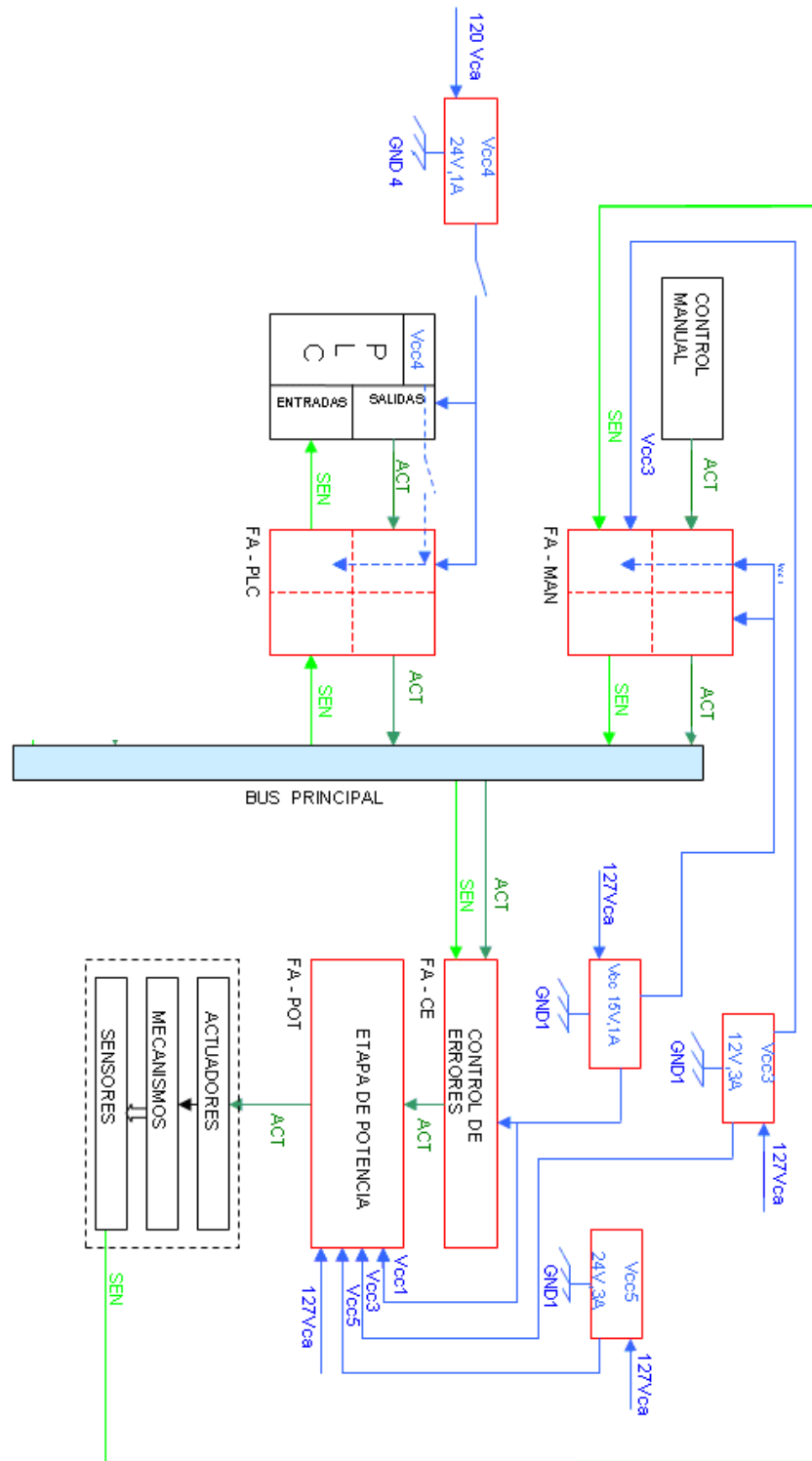


Fig. 4.3 Diagrama a bloques del sistema de control del MAI

## 4.2 CONTROL MANUAL

El sistema de control manual cuenta con una serie de interruptores tipo palanca ubicados en el tablero de control.

Son nueve los interruptores que componen el sistema de control manual los cuales activan a cada uno de los actuadores del MAI.

Cuando un interruptor tipo palanca es activado se energiza la bobina de un relevador, entonces el contacto normalmente abierto de dicho relevador se cierra energizando a su vez la bobina de la electroválvula que corresponde al cilindro en cuestión. Cuando esto sucede la válvula permite el acceso de aire a presión por el lado del émbolo y el desfogue del fluido que ya se contenía por el lado del vástago, para el caso de un cilindro de doble efecto.

Se hace uso de los contactos de relevadores para hacer circular corriente a través de la bobina de las electroválvulas debido a que requieren 120v de corriente alterna

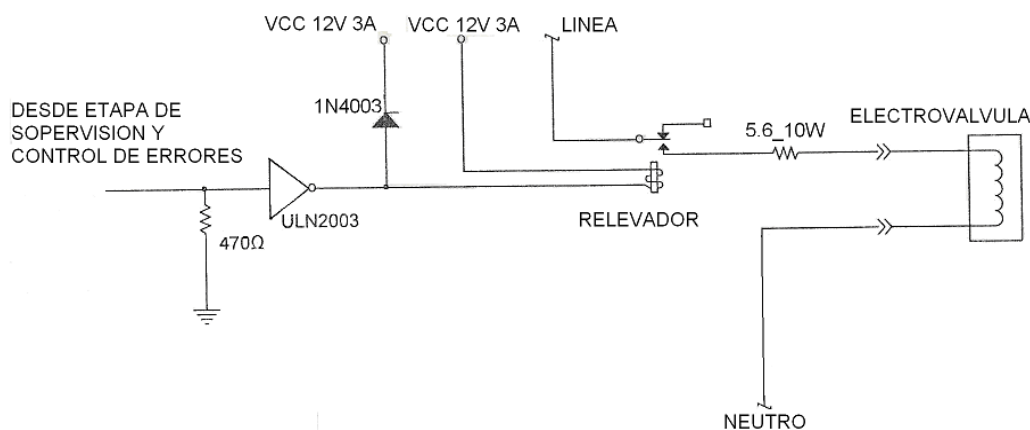


Fig. 4.4 Diagrama esquemático de energización de electroválvulas en etapa de potencia

La bobina de cada relevador requiere una señal de 12v de cd para energizarse. Los contactos son capaces de aguantar hasta 5A de corriente a 120v de corriente alterna. Estas características hacen adecuado a este relevador para realizar el control a potencia de las electroválvulas.

Cuando el interruptor tipo palanca es regresado a la posición en la que el vástago debe ser retraído, se desenergiza la bobina de la electroválvula por medio del contacto del relevador, del cual también se desenergiza la bobina, lo cual deriva en un cambio en los canales de suministro y desfogue de aire en el cilindro neumático.

En el caso de los cilindros de simple efecto, al desenergizar la bobina de la electroválvula implica únicamente bloquear el acceso de aire a presión en el lado del émbolo.

Los motores de corriente directa que corresponden al taladro y a la banda transportadora requieren también de una señal que sature a un transistor, para el caso del taladro, o que incremente las dimensiones del canal de conducción de un MOSFET IRF730, para el caso de la banda.

La señal que determina el estado conductivo entre las terminales de emisor a colector en el TIP 42C y de surtidor a drenador en el MOSFET IRF730 proviene del interruptor tipo palanca.

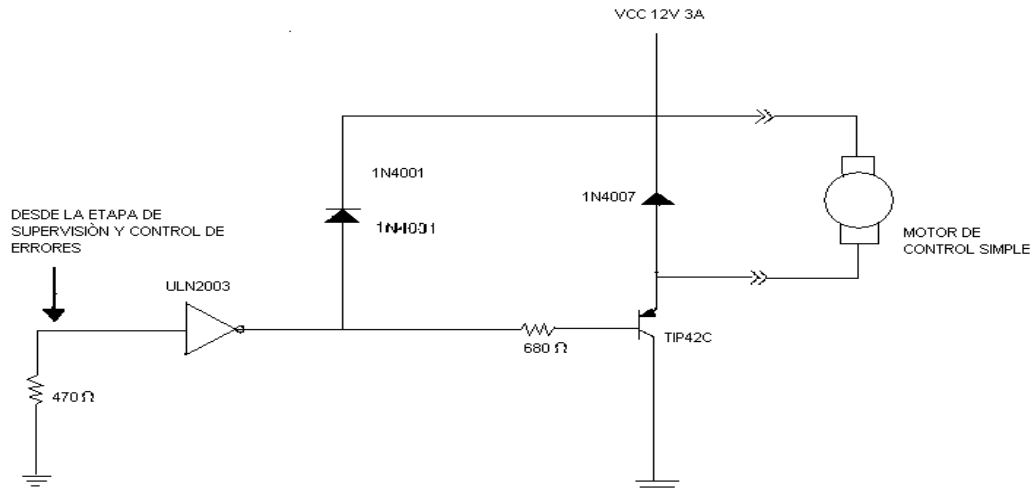


Fig. 4.5 Diagrama esquemático de la activación simple de un motor de cd.

Cuando el interruptor descansa en la posición indicada en el panel frontal de control como girar, se genera una conexión en alto desde este interruptor hasta la entrada del buffer del ULN2003, pasando por la etapa de supervisión y control de errores. La operación inversora que realiza el buffer proporciona que a su salida exista un estado en bajo, el cual sirve para enviar a la zona de saturación al transistor TIP 42C del taladro, así mismo para ampliar la zona de conducción en el canal del MOSFET de la banda transportadora.

En el momento en que las terminales de base y compuerta de los transistores TIP 42C e IRF730 respectivamente se recibe una señal, el circuito que se encuentra interconectado en sus terminales restantes se cierra. En este caso este circuito lo constituye el motor de corriente directa y un diodo en paralelo con este actuador.

El funcionamiento de estos circuitos ha sido descrito más a detalle en el apartado de la tarjeta FA\_POT.

A diferencia de los dos motores de cd mencionados anteriormente, hay otros dos motores de cd que son los que gobiernan los desplazamientos vertical y circular del brazo, sin embargo estos dos motores requieren que su flecha gire en el sentido de las manecillas del reloj (CW) y en sentido contrario (CCW) debido a la función que vaya a desempeñar. Por esa razón es necesario que un interruptor tipo palanca de tres posiciones y un tiro gobierne el giro y freno de la flecha de los motores.

Cada posición del interruptor corresponde a una tarea en específico, giro en CW, giro en CCW y freno. Para cada uno de esos tres puntos existe una terminal del microcontrolador de la etapa de supervisión y control de errores, destinada a recibir la señal correspondiente en la posición en la que descansa el interruptor. En el caso en que las condiciones del MAI lo permitan, las señales recibidas por el microcontrolador pasarán a la etapa de potencia.

Estos motores hacen uso de un puerto H que controla el sentido de giro y freno de cada uno de ellos. Este puente se encuentra en la tarjeta de potencia y está contenido en el circuito integrado LMD18200 el cual cuenta a su vez con un módulo interno de control, que es el que decide la activación o desactivación de los transistores internos que conforman el puente, y que es en donde se reciben los pulsos o señales provenientes de la etapa de supervisión y control de errores.

Dependiendo del estado lógico de las señales que se reciben en el módulo de control del LMD18200 se determina la dirección del flujo que tomará la corriente que circule por el puerto H y por el motor de cd. En realidad esa decisión consiste en activar o desactivar dos de los cuatro transistores MOSFET con los que cuenta el puente contenido en el circuito integrado y por los cuales circula la corriente una vez que estos se encuentren en condiciones de conducir el flujo de electrones.

La corriente a través del puente H y del motor de cd en una y otra dirección alternadamente es la responsable de la inversión en el sentido del giro de la flecha del motor de cd

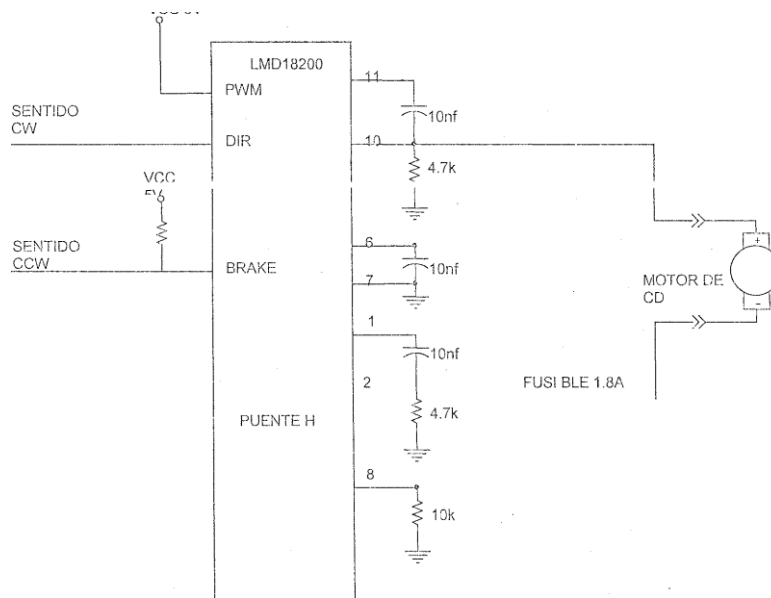


Fig. 4.6 Conexión típica del puerto H MLD18200

#### 4.2.1 TARJETA FA\_MAN

La tarjeta FA\_MAN cumple con una función fundamental en el control de secuencias del MAI. Es aquí donde son recibidas todas las señales proveniente de los sensores e interruptores de limite colocados a lo largo de cada proceso del MAI para posteriormente reforzar el nivel de corriente de las mismas y enviarlas al bus o canal común de control, que es donde son concentrados todos los estímulos provenientes de los sensores e interruptores para que el resto de las tarjetas electrónicas de control las puedan tomar y hacer uso de ellas para la manipulación de rutina y tareas del prototipo.

En la figura 4.7 y 4.8 se muestra el diagrama a bloques y esquemático eléctrico de una sección de entrada desde la conexión a tierra de los interruptores de límite hasta su disposición al BUS común.

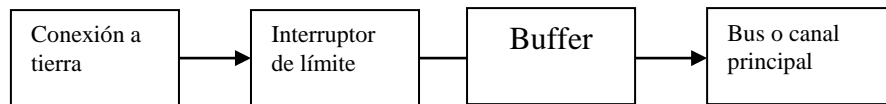


Fig. 4.7 Diagrama a bloques de la conexión de sensores en la tarjeta FA\_MAN

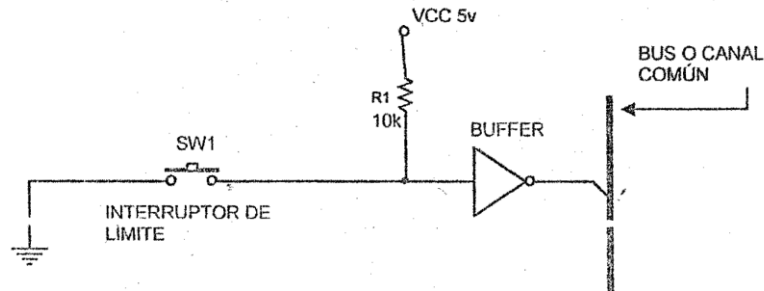


Fig. 4.8 Diagrama esquemático de la conexión de sensores en la tarjeta FA\_MAN

Los interruptores de límite que se emplean para detectar cuando alguno de los mecanismos se encuentra en el límite de sus tareas, son normalmente abiertos.

Constan de dos terminales, una de las cuales tiene una conexión directa a tierra o punto común del sistema tal y como se muestra en la figura 4.8 la otra constituye una de las líneas de entrada a la tarjeta de FA\_MAN, lo cual después de recibirla, la conduce hacia la entrada de un buffer de tres estados, en la cual también se encuentra conectada una resistencia de 10kΩ hacia un voltaje de alimentación de corriente directa de 5 volts. A esta conexión con el elemento resistivo se le llama PULL UP.

La fuente de alimentación a la cual se conecta la resistencia de PULL UP debe proporcionar el voltaje con el cual se desea que la señal salga del buffer, para este caso la señal de salida será de 5 volts.

El buffer es un elemento contenido en el circuito integrado 74LS240 cuya función es la de recibir un estímulo eléctrico en su terminal de entrada la cual se caracteriza por contar con la presencia de una resistencia en PULL UP, y trasladar a ese estímulo hacia la salida del elemento con intensidad de corriente reforzada, lo cual se consigue gracias a la baja resistencia o impedancia de salida. La salida del buffer es inversora, es decir que una señal en alto o un 1 lógico, como digitalmente se conoce, en la entrada es convertida en una señal en bajo o 0 lógico a la salida.

La función de la terminal de disparo a tercer estado del buffer consiste en permitir o impedir que la señal de entrada pase a la salida según sea el nivel de dicha señal. Para trasladar señales desde los interruptores o los sensores hacia el bus de control es necesario que dicha terminal este todo el tiempo en tierra. Si no fuera así y no existiera conexión o la existiera pero hacia el voltaje de alimentación, la impedancia a la salida tendería a un valor infinito, con lo cual sería imposible tener señal alguna.

Cuando alguno de los interruptores de límite es activado, el circuito que parte desde el punto común o tierra y pasa por dicho interruptor hasta la entrada del buffer se cierra, de manera que en ese momento el estado en esta terminal cambia, pasa al estado en alto



que le representaba la resistencia en PULL UP a un estado en bajo que le concede la conexión por medio de interruptor de límite hacia tierra.

La conexión siempre presente de la entrada del buffer hacia la fuente de alimentación por medio de la resistencia en PULL UP generaba que en la salida de este existiera un estado en bajo, por las características inversoras que ya se mencionó que posee el elemento, sin embargo cuando alguno de los interruptores de límite es activado, la señal de salida pasa a ser un estado en bajo o un 0 lógico a un estado en alto o un 1 lógico gracias al enlace de la entrada del buffer con el común o tierra por medio de dicho interruptor. La característica principal de esa señal de salida es la intensidad de corriente superior con la que ahora cuenta en relación con la cual fue recibida.

De manera breve, las señales que proporcionan los interruptores de límite en el MAI son recibidas por la tarjeta FA\_MAN, la cual somete a esas señales a un proceso de inversión de nivel y amplificación de corriente por medio de un buffer. Las salidas de cada uno de estos elementos forman parte ahora del bus o canal común del sistema de control del MAI, del cual podrán ser empleadas por el resto de las tarjetas de control. Es justamente por esta razón por la cual se emplea un dispositivo de amplificación de corriente como el buffer, si en un determinado momento son más de una las tarjetas que solicitan el empleo de una misma señal, esto deberá tener la capacidad de corriente suficiente como para cumplir con los requerimientos de los dispositivos que la solicitan, y con lo cual estos pueden trabajar de manera adecuada.

Si por alguna razón la intensidad de corriente que proporciona la salida del buffer, o si simplemente no existiera este y el flujo no cumpliera con la necesidad de los dispositivos que hacen uso de esa señal, estos últimos generarían seguramente errores de interpretación al recibirla y obviamente al procesarla.

En el caso de los sensores de luz infrarroja que se encargan de manifestar la disponibilidad de espacio en los almacenes, el funcionamiento y empleo de los buffer es el mismo que con los interruptores de límite, incluso con la resistencia de PULL UP, la única diferencia es que estos dispositivos no cuentan con dos, sino con tres terminales. La energización de estos dispositivos es de 12 volts, razón por la cual la tarjeta cuenta también con los conectores de entrada provenientes de la fuente de alimentación de ese nivel.

Se muestra a continuación el diagrama eléctrico que facilita la comprensión de la conexión de los sensores figura 4.9

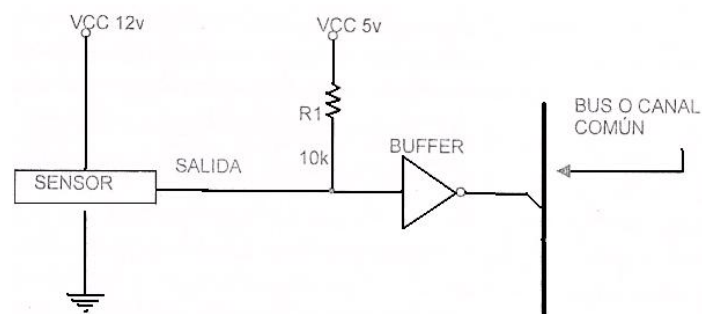


Fig. 4.9 Diagrama esquemático de la conexión de sensores fotoeléctricos



Cuando los sensores entregan una señal de salida, es debido a que existe frente a ellos un elemento capaz de reflejar la luz que estos emanan. Sin este obstáculo o con el pero a una distancia relativamente grande, el sensor no entregará señal alguna.

Según sea el estado en la terminal de salida del sensor, es como el elemento de control (manual o por PLC) determinará que acción se realizará en la posición a la que pertenece dicho elemento, es decir que a sabiendas de que cada uno de estos dispositivos corresponde a un espacio de almacenamiento de piezas. El impulso que entrega el sensor es trabajado de igual manera que el que se origina en los interruptores de límite, antes de llegar al bus o canal de control pasa por un refuerzo de voltaje y corriente, de lo cual se encarga un buffer como ya se mencionó.

En la tarjeta FA\_MAN se encuentran las terminales correspondientes al control o selector de modos. Por medio de este se determina la manera en la cual operará el MAI, ya sea manual o por PLC.

Hacia esa tarjeta llegan también los impulsos correspondientes a cada uno de los actuadores del MAI originados mediante la activación de otra serie de interruptores de cola de rata. Por cada actuador existe un interruptor, y para cada interruptor existe un buffer cuya terminal de disparo a tercer estado se conecta en el tiro correspondiente al modo manual del interruptor selector de modos de control.

El funcionamiento de los actuadores en el modo manual se consigue de la siguiente manera: el tiro de cada interruptor tiene una conexión directa con la entrada de un buffer del 74LS240, el cual cuenta también con una resistencia de PULL UP. La terminal del polo del mismo elemento se conecta a tierra.

Cuando el interruptor se posiciona de manera tal que la conexión a tierra se “extiende” hasta la entrada del buffer por medio del tiro y a través del polo, el estado lógico en esta terminal cambia, pasando de ser un estado en “alto” que proporciona de manera constante la resistencia de PULL UP, a ser un estado en bajo, generado por la conexión a tierra ya descrita.

La transición de estado lógico en la entrada del buffer como consecuencia del cambio en la posición del interruptor cola de rata propicia también que exista un cambio invertido a la salida del mismo siempre y cuando la terminal de disparo a tercer estado lo permita.

La terminal de disparo del buffer deberá tener una conexión a tierra para que la impedancia a la salida sea suficientemente baja como para permitir la presencia de una señal con las características de voltaje y corrientes necesarias por las etapas posteriores esta conexión se realizará directamente hacia el voltaje o simplemente no se efectúa hacia terminal alguna, la impedancia de la salida del buffer será tan grande que imposibilitara la presencia de cualquier señal.

El control de la terminal de disparo de tercer estado del buffer se realiza por medio del interruptor cola de rata correspondiente al selector de modos.

Al seleccionar un determinado medio de control habilita la manipulación de los actuadores desde ese medio a través de la conexión a tierra de la terminal de disparo de los buffer destinado para ello como en la figura 4.10 y 4.11

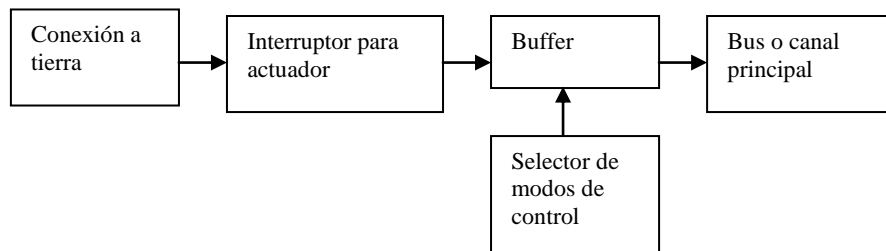


Fig. 4.10 Diagrama a bloques de la habilitación del control de los actuadores mediante el selector de modos

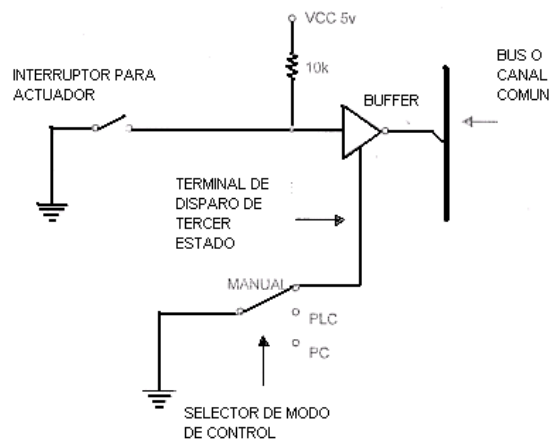


Fig. 4.11 Diagrama eléctrico de la habilitación del control de los actuadores mediante el selector de modos

Dos de los actuadores cuentan con interruptores de dos tiros y un polo, este último se conecta a tierra. Ambos elementos son motores, los cuales cumplen funciones determinadas cuando la flecha gira en sentido de las manecillas del reloj (CW) y en el sentido opuesto (CCW), de ahí que el interruptor correspondiente a cada uno debe responder de dos tiros. El interruptor en una posición corresponde a CW y en la otra a CCW

Una vez enviada por el bus de control, la señal correspondiente a cada actuador arriba a la tarjeta de potencia, en la que será manipulada a fin de acondicionar sus características eléctricas según las requiera el actuador al que sea destinada.

### 4.3 CONTROL POR PLC

Para realizar el control de secuencias desde un PLC debe seleccionarse dicho modo de operación desde el selector de modos en el panel de control. Cuando este se selecciona se habilita la manipulación de todos los actuadores por medio de la tarjeta FA\_PLC, la cual está involucrada directamente con este dispositivo programable.

A cada uno de los elementos que intervienen en el MAI corresponde una dirección de memoria del PLC. A los actuadores les serán designadas direcciones en un canal de salida y a los sensores, por el número que representan 2 canales de entrada.

Es necesario partir de la elaboración de un diagrama de escalera que satisfaga condiciones de operación del MAI, identificando claramente la dirección y el canal de los contactos a los cuales corresponden tanto sensores como actuadores.

Una vez determinado el diagrama de escaleras, por medio de la consola de programación del PLC se introducen las instrucciones correspondientes a dicho programa. Ya completado el traspaso de instrucciones, se coloca en modo de ejecución o RUN el PLC, de manera tal que ahora se dispone del intercambio de información entre el prototipo y los canales de entrada y salida del dispositivo programable.

El control por medio del PLC involucra directamente la habilitación del mando de los actuadores desde la tarjeta electrónica FA\_PLC, que es también la encargada de monitorear el estado de los sensores en el prototipo y trasladarlo hacia el canal de entrada del PLC.

El PLC no requiere de una interfaz de comunicación con la MAI, ya que esta puede disponer de las líneas de entrada y salidas suficientes como para satisfacer lo requerido por el prototipo.

Las tareas y secuencias en el MAI deberán ser determinadas desde cada modo de control, los programas en ejecución desde el PLC podrán ser iguales o no, según la necesidad o decisión del programador.

A continuación en la figura 4.12 se indica el camino que sigue la señal desde que se genera en el sensor, entra a la tarjeta FA\_MAN llega al BUS, del BUS entra a la tarjeta FA\_PLC, como esta seleccionado el modo PLC, solo esta tarjeta responde con señal que entra al BUS, del BUS la señal entra a la tarjeta del Control de Errores, Control de errores la envía a la tarjeta de Potencia y finalmente esta tarjeta envía la señal al actuador correspondiente.

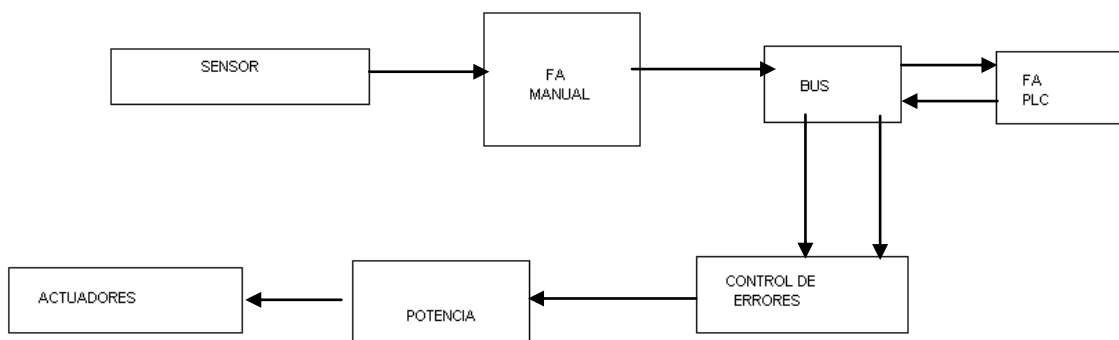


Fig. 4.12 Diagrama de bloques del seguimiento de señal en modo PLC

### 4.3.1 TARJETA FA\_PLC

Esta tarjeta es la responsable de que la comunicación e intercambio de señales de control entre el MAI y el PLC sea eficaz.

Su principal función consiste en que, una vez seleccionado el modo de operación por PLC desde el interruptor selector en el panel frontal de control, todas y cada un de las señales provenientes de los sensores posicionados a lo largo del MAI arriban a los conectores de entrada de la tarjeta, para que desde ahí sean conducidas hasta las terminales de admisión de un buffer.

Como un medio de protección tanto para el PLC como para el MAI se hace necesario aislar eléctricamente ambos equipos, es decir que si llegase a ocurrir un desperfecto como un corto circuito en alguno de los dos elementos, el otro no sufra las consecuencias de la falla originada por el primero, por lo tanto se requiere de un elemento que cumpla con esta tarea.

El dispositivo opto acoplador PC817 se ha seleccionado como el elemento encargado de ejecutar las funciones ya descritas. Este circuito integrado se constituye internamente por un elemento de emisión de luz (LED), y un elemento receptor a esas incitaciones luminosas, en este caso un fototransistor, cuya terminal de base recibe dicho estímulo de fotones.

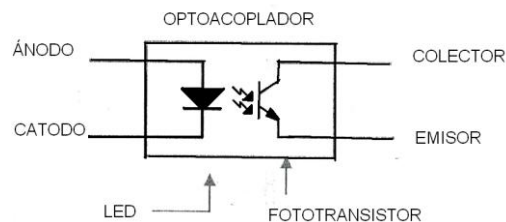


Fig. 4.13 Diagrama interno del opto acoplador

Por cada pulso de voltaje recibido en el LED, se genera un flujo de corriente a través del mismo, lo cual a su vez origina la emisión de un rayo de luz. Como respuesta a la recepción de este último por medio de la base del fototransistor, este elemento NPN se dispara hacia su zona de saturación lo cual origina el libre flujo de electrones desde la terminal de colector hasta la del emisor. Con el circuito adecuado conectado a la salida del fototransistor sería posible observar que genera una respuesta equivalente en tiempo a la que recibe el LED.

La característica del opto acoplador hace posible que por cada impulso que se recibe en las terminales del LED exista un estímulo a la salida del transistor, que al ser conectado a una de las terminales del canal de entrada del PLC pueda ser interpretado por este como una señal de control.

El ánodo del LED cuenta con una conexión directa hacia el voltaje de alimentación de 5 volts por medio de una resistencia de 10k $\Omega$  (PULL UP), mientras que el cátodo se conecta hacia la salida del buffer.

A continuación se muestra en la figura 4.14 una de las conexiones de la tarjeta FA\_PLC, donde la señal entra por el BUS o Canal Común pasa al BUFFER y luego al opto acoplador para llegar al PLC

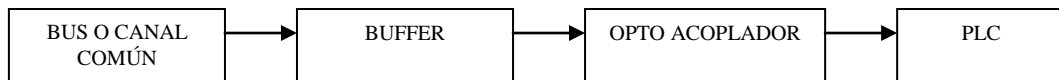


Fig. 4.14 Diagrama a bloques del circuito de señal de salida de la tarjeta FA\_PLC

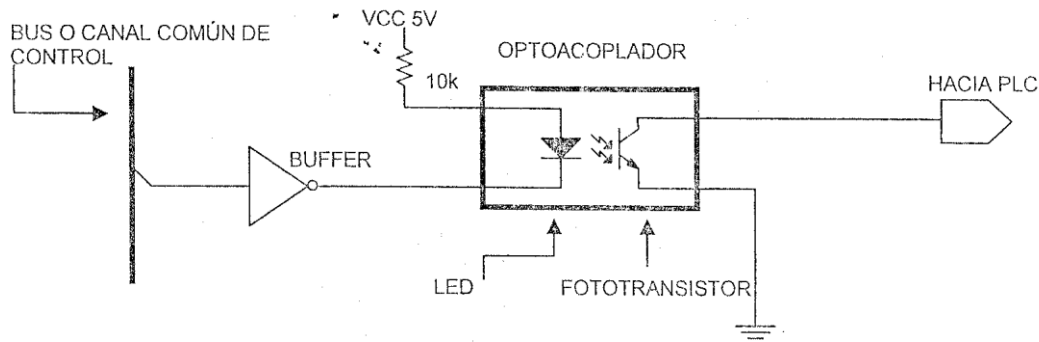


Fig. 4.15 Diagrama eléctrico esquemático del circuito de señal de salida de las tarjetas FA\_PLC

Cuando en el bus de control exista una señal en alto, querrá decir que uno de los interruptores o sensores a sido activado, entonces su respectivo buffer en la tarjetas FA\_PLC invertirla la polaridad de esa señal y la convertirá en un estado en bajo o conexión a tierra, lo cual cierra el circuito del LED del opto acoplador polarizándolo directamente y generando en el un impulso luminoso. Cabe recordar que la terminal de tercer estado del buffer se encuentra conectada siempre a tierra, por lo cual existe la posibilidad de tener una señal de salida como en la figura 4.15.

La función del fototransistor del opto acoplador como entrada del PLC consiste solamente en comportarse como interruptor. El colector está conectado directamente a la terminal de entrada del PLC, mientras que el emisor tiene una conexión a tierra.

Cuando la base del fototransistor recibe el impulso luminoso por parte del LED, el transistor se va a su región de saturación, y en ese instante es cuando el dispositivo NPN se comporta como un interruptor cerrado entre las terminales de colector y emisor, permitiendo pues la conexión de forma indirecta entra la terminal de entrada del PLC y tierra.

Bajo las condiciones anteriores existe en el PLC una señal de control en una terminal. Esto sucede que de manera interna, dicha señal cierra un circuito interno del PLC, lo cual es interpretado como dicha señal de control. Se sabe que la señal que es enviada desde el MAI, específicamente por el fototransistor del PC817 a la salida de la tarjeta FA\_PLC, es una conexión a tierra, por lo cual, se necesita que exista también una conexión hacia la terminal de voltaje por parte del circuito interno del PLC. Esa conexión se logra con el punto común del canal de entrada de este último. Al contacto hacia el voltaje de alimentación, cualquier estímulo o conexión a tierra en algunas de las terminales de entrada será interpretada como una señal de control por parte del PLC.

En función a las señales de control es como se logra determinar la tarea de sus secuencias programadas desde el PLC

Hacia esa misma tarjeta de control son incorporadas las señales de control para cada uno de los actuadores. Evidentemente estos pulsos son proporcionados por el canal de salida del PLC y recibidos en FA\_PLC.

Cuando cada señal es recibida en la tarjeta FA\_PLC, es dirigida inmediatamente hacia la terminal de catodo del LED en un opto acoplador PC817. Para que este elemento emisor de luz cumpla su función, se infiere que si ha de recibir un impulso en la terminal antes citada, este necesita estar en estado lógico programable “bajo” o conexión a tierra, dando por hecho pues que el ánodo cuenta ya con una resistencia de PULL UP que de manera constante le brinda la polarización positiva del diodo.

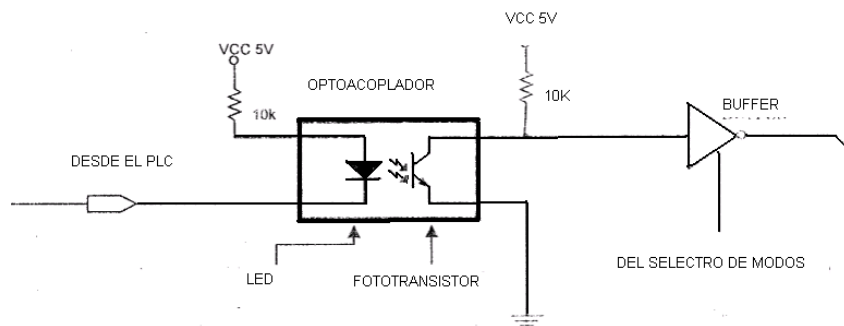


Fig. 4.16 Diagrama eléctrico esquematizado del circuito de entrada de una señal desde el PLC hacia el bus principal

El impulso en “bajo” que debe proporcionar el PLC para que el LED complete su polarización directa y emita luz deberá ser activado por programa, y corresponderá a su vez a la respuesta o decisión que este tome como resultado al estímulo de alguno de los sensores o interruptores en el MAI.

Como respuesta al impulso luminoso por parte de la terminal de base, nuevamente el fototransistor se dirige hacia la zona de saturación, cerrando el circuito que se encuentre entre sus terminales de colector, y emisor.

El transistor en cuestión es NPN, por lo cual generalmente el emisor será conectado a tierra. Por su parte el colector tiene conectada de manera directa una resistencia en PULL UP y la entrada de un buffer, esto es que mientras en el LED no proporcione un estímulo de luz hacia el fototransistor y este ultimo no se sature, en la entrada del buffer existirá siempre un estado en alto proporcionado por la resistencia en PULL UP.

Cuando el transistor se satura cierra el circuito conectado entre las terminales de colector y emisor, es entonces cuando el estado lógico en la entrada el buffer cambia de “alto” a “bajo”.

Las características y tarea del buffer son iguales que en la adquisición de datos, reforzar en voltaje y corriente una señal e invertirla. Para este caso, el reforzamiento se realiza antes de que esta sea suministrada al bus común de control proveniente de manera indirecta del PLC.

La señal en bajo proveniente desde el PLC y generada por programa, es recibida por el LED de un opto acoplador, el cual se polariza de manera directa, proporcionado así el impulso luminoso que satura a un fototransistor, el cual cierra el circuito conectado entre su colector y emisor, para este caso este circuito cuenta con una resistencia en PULL UP y la entrada de un buffer. El transistor saturado significa una conexión a tierra de la entrada del buffer, y por consecuencia, un estado “alto” con voltaje y corriente reforzados a la salida del mismo. Mientras el transistor no se sature, la resistencia en PULL UP proporciona un estado en “alto” en la entrada del buffer y por consecuencia una salida con un nivel lógico cero.

Cada salida de los buffer correspondientes a un actuador del MAI, se envía hacia el bus o canal común de control siempre y cuando su terminal de tercer estado se encuentre conectada a tierra por medio del selector de modo de control, para que posteriormente la tarjeta de potencia se encargue de proporcionarles los niveles de voltaje y corriente que requiere cada actuador en particular.

#### 4.4 TARJETA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE ERRORES

La tarjeta de control y supervisión de errores cumple una función vital en el funcionamiento del MAI. Por medio de un conector se reciben los bits correspondientes tanto a la respuesta de casi todos los sensores como a la activación de los actuadores, para posteriormente ser trasladados hacia alguna de las terminales de los microcontroladores PIC 16F874.

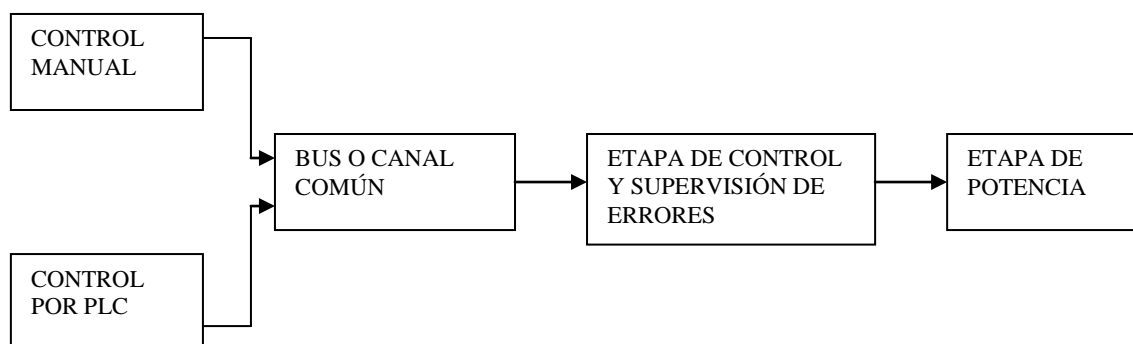


Fig. 4.17 diagrama a bloques del entorno de la tarjeta de control y supervisión de errores.

La importancia y relevancia de esta tarjeta radica principalmente en que de acuerdo a la información digital de entrada en cada una de sus terminales se verán afectados o no, algunos otros bits de los puertos del dispositivo, bits que en su mayoría corresponden a la activación de los actuadores del prototipo.

El propósito de la tarjeta de control y supervisión de errores es realizar un eficaz control y supervisión de errores tanto en la operación manual como en la ejecución de tareas desde el dispositivo de programación (PLC). Es decir sea cual sea el modo de operación, los bits afines a los sensores posicionados a lo largo del MAI se recibirán en los microcontroladores de la tarjeta de control y supervisión de errores.

Los microcontroladores ejecutarán un programa cuya función principal es la de monitorear el estado de los sensores de sobrecarrera en el prototipo. Cuando alguno de





estos interruptores de límite es accionado, se han vuelto entonces inseguras las condiciones de operación en el MAI.

Cuando el movimiento circular de la estructura del brazo sobrepasa alguna de sus posiciones de límite en sentido de las manecillas del reloj (CW) y sentido contrario a estas (CCW), es inminente un error en la posición de la pinza neumática al ser empujada por el cilindro neumático del brazo manipulador, es decir, una vez activado el interruptor de posición mecánica de sobrecarrera por la estructura del brazo manipulador ya sea en CW o CCW, la ubicación del brazo será incorrecta.

Podría darse el caso en el que durante la ejecución de un programa desde el PLC se ordena la activación del motor de corriente directa que manipula el desplazamiento circular del brazo manipulador en CW o CCW. La condición que determina la desactivación del giro del motor en la dirección en la que se está desempeñando será al accionamiento del sensor que monitorea la presencia del brazo en alguno de los dos extremos, de la torre de sensores.

En el instante en que los interruptores sean activados, el programa detendrá la carrera del motor.

Los microcontroladores de la tarjeta de control y supervisión de errores son los encargados de recibir los bits provenientes de los sensores del MAI y en función a ellos, proveer o inhibir los bits de activación para los actuadores. Es decir, la activación de los actuadores depende de la decisión que tomen los microcontroladores PIC 16F874, y la decisión que éstos tomen se liga directamente al programa almacenado previamente a ellos.

El programa con el que cuentan los microcontroladores se destinara en su totalidad al análisis y monitoreo de los sensores de sobrecarrera, cuando uno de ellos se vea activado, los bits que accionan ciertos actuadores en específico pasarán a un estado en bajo, inhabilitándolos a cualquier función. Los actuadores afectados por la decisión del programa en el microcontrolador serán determinados según el criterio del programador.

Hasta el momento se ha mencionado el error de sobrecarrera en el desplazamiento del brazo manipulador, pero también es probable un desplazo erróneo en el traslado vertical del brazo, tanto hacia arriba como hacia abajo.

El error de carrera vertical sucede, al igual que en el de carrera circular, por una omisión en la lógica del programa en cuanto a la condición de desactivación del motor de cd al instante de ocurrir el estímulo del sensor de la posición en la parte alta o baja del brazo manipulador, según sea la trayectoria en la que se desplace el brazo.

La consecuencia del error en el desplazamiento vertical podría ocasionar daños en los dispositivos y estructura mecánica del prototipo. Si no es frenado a tiempo el motor de corriente directa, lo único que detendría el avance en el sentido que fuese sería la estructura física del brazo manipulador y al detener el avance el brazo, la flecha del motor sería forzada a frenar, y nunca se desenergizaría el actuador. Esto provocaría que el motor buscara la compensación en corriente en el embobinado del rotor para intentar mover nuevamente la flecha, mientras no se consiga, el incremento de corriente



continuar, a tal grado que cuando la intensidad en el flujo de electrones sea muy alta, el alambre del cual se constituye dicho embobinado se calentará y después de un determinado periodo de tiempo se trozará dañando permanentemente el motor.

Evidentemente que cuando el prototipo opera en condiciones seguras y adecuadas las señales correspondientes a los actuadores que ingresen a los microcontroladores provenientes de la respectiva tarjeta del modo de control en operario, pasaran hacia la etapa de potencia, por medio de la terminal de dicho actuador sin manipulación por programa en los PIC 186F874. Esa transferencia transparente solo se interrumpirá cuando se active alguno de los interruptores de límite de sobrecarrera.

Tabla 4.1 Distribución de terminales para sensores en los microcontroladores PIC 16F874

SENSOR	TERMINAL EN PIC 16F874 IC1		TERMINAL EN PIC 16F874 IC2	
ERROR 4			2	Pto. A
ERROR 3			40	Pto. B
ERROR 2			39	Pto. B
ERROR 1			38	Pto. B
BRAZO ARRIBA			26	Pto. C
BRAZO EN MEDIO			25	Pto. C
BRAZO ABAJO			24	Pto. C
BRAZO AL FRENTE			30	Pto. D
BRAZO ATRÁS			29	Pto. D
BRAZO EN CW			28	Pto. D
ALIMENTADOR AL FRENTE	39	Pto. B		
ALIMENTADOR ATRÁS	38	Pto. B		
BRAZO CW	40	Pto. B		
TALADRO ARRIBA			36	Pto. B
TALADRO ABAJO			34	Pto. B
BRAZO EN TALADRO			27	Pto. C
ALMACÉN B ALTO	36	Pto. B		
ALMACÉN B MEDIO	35	Pto. B		
ALMACÉN B BAJO	33	Pto. B		
BRAZO EN ALMACÉN	34	Pto. B		
ALMACÉN A ALTO	4	Pto. A		
ALMACÉN A MEDIO	2	Pto. A		
ALMACÉN A BAJO	3	Pto. A		
BRAZO EN ALMACÉN A	5	Pto. A		

El diseño del programa de supervisión y control de errores en los microcontroladores, contempla la posibilidad de accionar algunos de los actuadores que no intervengan o interactúen de manera indirecta en el brazo manipulador, tal es el caso de la banda transportadora, el alimentador y el taladro los cuales podrán ser accionados o apagados en el momento en el que se les solicite manualmente o por programa. Y el resto de los actuadores serán inhabilitados.

Los elementos mencionados anteriormente podrán ser observados por medio de luces indicadoras, emitidas por un LED correspondiente a cada actuador.

Hay otra serie de luces o LED, las cuales serán destinadas para monitorear la activación de los actuadores cuando no existe error, es decir en condiciones adecuadas y seguras de

operación. Esto ayuda mucho en la etapa de prueba y depuración de errores de los programas de los microcontroladores, ya que se podrá visualizar el estado en cada actuador por medio de diodos emisores de luz.

Una vez procesadas las señales provenientes del MAI y ejecutada la rutina de supervisión y control de errores, los bits correspondientes a cada uno de los actuadores son puestos a disposición de un bus o canal de salida, desde donde serán dirigidos nuevamente hacia la etapa de potencia del MAI.

#### 4.5 TARJETA DE POTENCIA

La tarjeta FA\_POT cumple con una función indispensable en el MAI. Es la responsable de proporcionar los niveles necesarios de voltaje y corriente a las señales provenientes del sistema de control a través del BUS o canal común, para posteriormente activar cada uno de los actuadores del MAI.

Cada una de las señales se recibe en las terminales de entrada de la tarjeta con características eléctricas insuficientes como para activar directamente cualquiera de los, actuadores o como para energizar la bobina de los relevadores que relacionan a éstos, por lo cual es necesario acondicionarlas para que cumplan su función.

Cuatro de los nueve actuadores son motores de corriente directa, y el resto son cilindros neumáticos. Dos de los motores de corriente directa requieren de un control eficaz de cambio en el sentido de giro de su flecha, estos son los que controlan los desplazamientos circular y vertical de la pinza neumática a lo largo del MAI. Los otros dos no necesitan un control mas allá del que solamente les permita el giro de la flecha en un solo sentido, son los correspondientes al taladro y a la banda de desplazamiento de la pieza.

Los motores de control simple (en los que la flecha gira en un solo sentido), necesitan únicamente de un pulso de voltaje previamente desde la etapa de control correspondiente. El tiempo de duración de ese pulso depende según la tarea que vaya a realizar el MAI, por ejemplo, si se desea activar el motor de cd correspondiente al taladro, en la etapa de control y supervisión de errores es donde se decide cuanto tiempo permanecerá activo éste en función a la duración del pulso que ahí se determine, mientras el tiempo activo de esta señal sea mayor, en la misma proporción permanecerá activado el taladro. El control de éstos actuadores se describe gráficamente en la figura 4.18 y 4.19

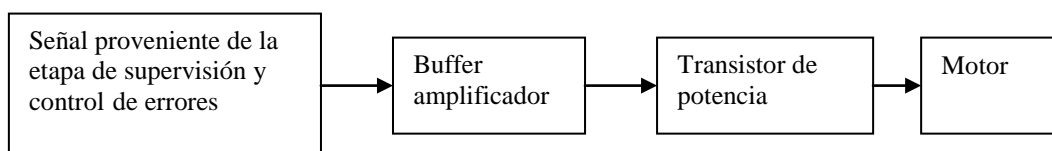


Fig. 4.18 Diagrama a bloques de la conexión de un motor de cd para control sencillo.

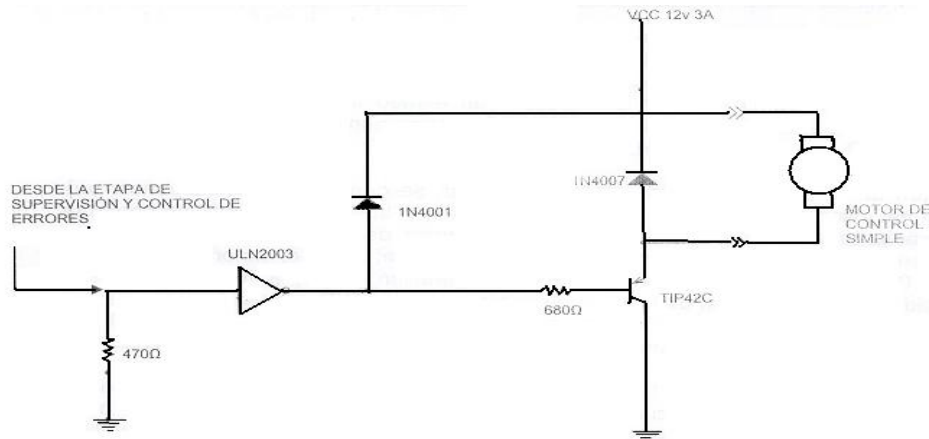


Fig. 4.19 Diagrama eléctrico esquemático de la conexión de un motor de cd para control sencillo

Una vez que el modo de control ha decidido accionar alguno de los dos motores de mando sencillo, envía una señal por medio del BUS de control hacia la etapa de control y supervisión de errores, de no existir error o impedimento alguno, el microcontrolador de esa etapa determina la retransmisión del impulso recibido hacia la tarjeta de potencia, en la cual se recibe en la vía correspondiente por medio de un canal de entrada que reúne las señales de los actuadores.

En la terminal de cada uno de los actuadores de control sencillo existe una etapa de amplificación y reforzamiento de parámetros eléctricos que se realiza por medio de un buffer inversor y amplificador contenido en un circuito integrado ULN2003.

La etapa de supervisión y control de errores determina el momento en el cual envía un pulso de activación al motor del taladro del MAI. Esta señal es recibida por la tarjeta FA\_POT y dirigida a su vez hacia la terminal de entrada de un buffer amplificador inversor, el cual en ese mismo punto cuenta ya con una resistencia en PULL UP, gracias a la cual, por sus características de inversión de señal, entrega a la salida todo el tiempo un estado en “alto”. Al recibir el impulso desde la etapa previa, se cierra entonces el circuito en la entrada del buffer por medio de la resistencia conectada a tierra, generando una caída de tensión interpretada como un uno lógico, que a su vez el dispositivo invierte, entregando pues un cero lógico a la salida.

El estado en bajo de la salida del buffer se emplea para llevar a saturación al transistor de potencia PNP TIP 42C, el cual cuando se encuentra en esa región cierra el circuito conectado entre sus terminales de emisor y colector. Para este caso el circuito lo constituyen un diodo y el motor de cd conectados en paralelo.

La alta impedancia que representa el diodo al flujo de corriente desde la terminal de alimentación hasta tierra propicia que cuando se cierre el circuito por medio del transistor de potencia, toda la corriente circula por el motor.

Cuando el transistor regresa a su región de corte como resultado del cambio en el estado de la señal en la base, el circuito entre las señales de emisor y colector se abre nuevamente, orillando entonces al motor a detenerse. Sin embargo la carrera en el giro del actuador no cesa por completo, lo cual genera entre sus terminales una fuerza



contraelectromotriz. Esta energía es capaz de dañar al transistor y de afectar algunos dispositivos de la fuente de alimentación del circuito.

Para contrarrestar los efectos de la fuerza contraelectromotriz se ha colocado el diodo en paralelo con el motor. La terminal del cátodo está conectada con la terminal que se convierte en negativa en el motor una vez que éste genere la fuerza contraelectromotriz, y el ánodo con el extremo opuesto, es decir con la terminal que en ese momento se hace positiva. Bajo esas circunstancias el diodo queda polarizado de manera directa, permitiendo así el flujo de la corriente, originado por la fuerza ya descrita, a través de él y cerrando a su vez un circuito que tiene como fuente de alimentación la energía que genera el motor y como elemento resistivo y conductor el diodo 1N4003.

En el caso del motor que gobierna el avance de la banda transportadora, el funcionamiento del circuito de activación para el actuador es el mismo que para el motor del taladro, la principal diferencia radica en la manera en que el elemento de conmutación o transistor permite el cierre del circuito.

El dispositivo de conmutación para el desplazamiento de la banda es un transistor de efecto de campo de semiconductor óxido metálico (MOSFET). A diferencia del transistor bipolar, éste elemento recibe una señal en la terminal de compuerta y dependiendo del estado en “alto” o “bajo” del impulso, el canal de conducción interno del MOSFET se hace más ancho o más angosto, permitiendo o limitando entonces el flujo de electrones a través de él.

Existen un par más de motores de corriente directa, que a diferencia de los descritos anteriormente, cumplen con una determinada función, uno de los motores es el responsable de trasladar verticalmente la pinza neumática a lo largo de su flecha. El otro desplaza horizontal y circularmente esta pinza, a fin de que pueda alcanzar cada uno de los puntos.

La manera más común de realizar la inversión en el giro de la flecha del motor de corriente directa es invertir físicamente la polaridad de alimentación en las terminales. Este procedimiento es impráctico desde el punto de vista del control del MAI.

Se requiere entonces encontrar la manera más adecuada de realizar el control en el cambio de sentido de giro en el actuador de cd sin modificar físicamente las terminales de alimentación.

Los puentes H son circuitos que permiten controlar motores eléctricos de cd en dos direcciones desde un circuito digital (un microcontrolador, el puerto de una computadora etc.).

La mejor manera de manejar un elemento electromecánico pequeño con un circuito digital es utilizando un transistor como interruptor. De sea forma, el circuito de control solo prende y apaga el transistor y éste a su vez es el que prende y apaga el motor.

Un puente H es básicamente el arreglo de cuatro interruptores acomodados como se observa en la figura 4.20

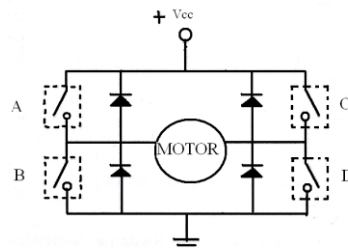


Fig. 4.20 Diagrama eléctrico esquemático de un puente H

Los puentes H se utilizan para un motor eléctrico de corriente directa funcione en dos sentidos sin tener que realizar una inversión de polaridad en las terminales de alimentación.

Si se cierran solamente los contactos A y D la corriente circulará en un sentido a través del motor, y si se cierran solamente los contactos B y C la corriente circulará en sentido contrario. Evidentemente se debe tener la precaución de nunca cerrar los contactos A y B ó C y D porque se generaría un cortocircuito. Un puente H necesita de cuatro diodos de protección para el motor para evitar cortos circuitos.

Para el puente H se ocupó el circuito integrado LMD 18200 que es el que va a determinar cual de los interruptores se cerraran, es decir por cual de los transistores circulara la corriente que energizara al motor de cd

En la figura 4.21 se muestra la manera en la cual se interconectan el puente H y el motor de cd.

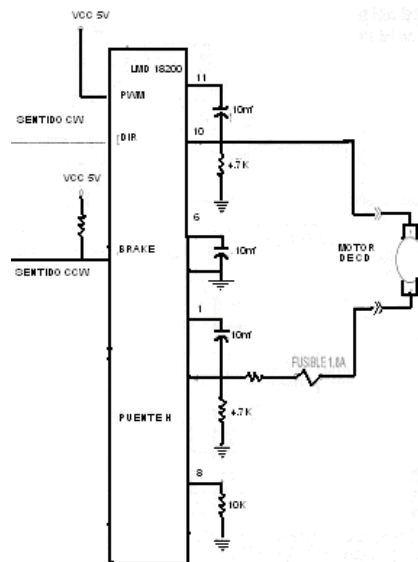


Fig. 4.21 Circuito de conexión del puente h y el motor de cd.

Cinco más de los actuadores corresponden a cilindros neumáticos. Cada uno de ellos requiere la presencia de aire a presión, ya sea en el lado embolo o en el lado vástago, para adquirir la capacidad de convertir el desplazamiento del vástago en fuerza u otro movimiento.

El flujo de la presión de aire del cual depende cada cilindro neumático es controlado por medio de una electroválvula, la cual a su vez depende de la energización de un solenoide que le permite a ésta cambiar su estado físico interno, modificando entonces los canales de conducción de fluido y ocasionando que el aire a presión tenga un punto de destino diferente al que previamente tenía.

Cada uno de los cilindros neumáticos cuenta con una electroválvula. El pulso o la señal que energiza la bobina de cada electroválvula dependen directamente de la etapa de supervisión y control de errores. Si no existe error alguno y las condiciones de funcionamiento y operación lo permiten, la etapa de control envía una señal hacia la tarjeta de potencia, en la cuál será recibida y encaminada hacia la entrada de un buffer inversor amplificador, el cual forma parte del circuito integrado ULN2003.

En la figura 4.22 y 4.23 se muestra la señal de activación de las electroválvulas de los cilindros neumáticos.

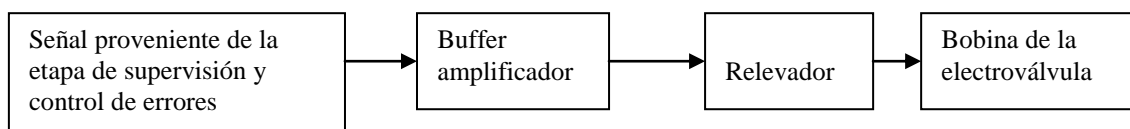


Fig. 4.22 Diagrama a bloques el circuito de potencia para la activación de las electroválvulas

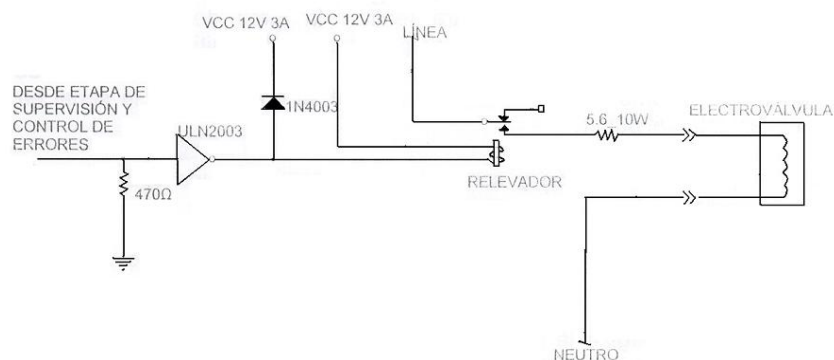


Fig. 4.23 Diagrama esquemático eléctrico del circuito de potencia para la activación de las electroválvulas

Como se aprecia en la figura 4.23, en la entrada del buffer hay una resistencia en PULL UP, de la misma forma que en el caso de los motores de cd. La conexión a tierra permanente que representa este elemento resistivo propicia que en la salida del buffer exista siempre un estado en “alto”.

Si la etapa de supervisión y control de errores determina que algunos de los cilindros neumáticos será activado, enviará una señal hacia la entrada del buffer correspondiente. Cuando el pulso llegue a ese punto, existirá entonces una caída de tensión originada por el cierre del circuito que comienza con la señal de voltaje enviada y cierra con una conexión a tierra a través de la resistencia en PULL UP.



La caída de tensión en esta terminal se interpretará como un 1 lógico, pasando entonces a cambiar el estado de la señal de salida del buffer a un estado en bajo o un 0 lógico gracias a la inversión de estado.

La presencia o ausencia de señal en la salida del buffer, es decir los unos y los ceros lógicos, representan la energización o desenergización de la bobina de un relevador.

La energización de la bobina de cada electroválvula se debe realizar con una señal de corriente alterna. El control de secuencias del MAI se realiza en su totalidad con corriente directa, por lo cuál, se requiere relacionar la señal de control de cd con la señal de potencia de ca. Un relevador electromagnético es el que se encarga de eso.

Para ese caso se empleo un dispositivo que cuenta con dos contactos, uno normalmente abierto (NA) y otro normalmente cerrado (NC) y una bobina la cual se energiza con la señal en “bajo” previamente del buffer.

La etapa de control y supervisión de errores manda una señal en “alto” a la entrada del buffer, y la convierte en la conexión a tierra que necesita la bobina del relevador para cerrar el circuito que comienza en la terminal de voltaje de alimentación de 12v y a través del inductor se cierra en dicha conexión a tierra.

Cuando se energiza la bobina del relevador por obra del estado en bajo que entrega el buffer del microcontrolador ULN2003 se cierra el contacto NA y se abre el NC. Cada contacto se compone a su vez por un par de terminales, una de las cuales tiene una unión a la línea de alimentación de corriente alterna y la otra hacia la bobina de la electroválvula correspondiente a un actuador neumático.

Cada uno de los inductores de las electroválvulas tiene conectada una de sus terminales a tierra y otra hacia un contacto NA de un relevador. En el momento en que éste contacto se cierra, se cierra también el circuito de corriente alterna del cual forma parte de la bobina de la electroválvula, provocando así que ésta última se energice, y propiciando que los canales de flujo de aire cambien de posición.

El cambio de posición de los canales de caudal de aire en el interior de la electroválvula es el responsable del suministro del fluido en alguno de los puntos de ingreso de aire a presión en el cilindro neumático. El control de ingreso y desfogue de ese aire por medio de la activación de la bobina de las electroválvulas, es el causante del desplazamiento del vástago del cilindro neumático.

#### **4.6 FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

Las fuentes de alimentación es la encargada de suministrar energía eléctrica a las tarjetas que componen el MAI. Sin embargo la energía con la que se alimenta la fuente es corriente alterna, por lo general de 120 a 130 volts, este voltaje no es útil para los componentes, que se encuentran en las tarjetas, como lo son integrados, microcontroladores, capacitares, entre otros elementos, por lo cual este voltaje debe de ser reducido y transformado a voltaje continuo.

Para la reducción del voltaje se usaron transformadores, el cual es una maquina eléctrica que convierte la energía eléctrica de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica con



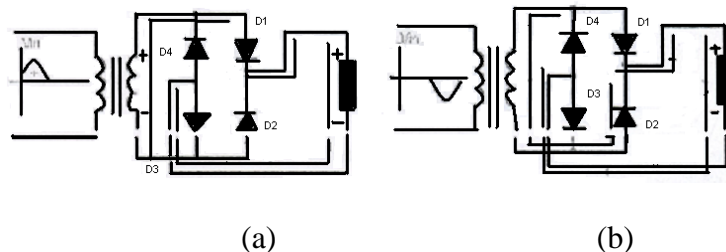
un valor mayor o menor, según sea el tipo de transformador (elevador o reductor), esto se lleva a cabo por medio de un campo magnético, esta construido por dos o mas bobinas de alambre, aisladas eléctricamente entre si, alrededor de un núcleo de material ferromagnético, al embobinado que recibe la energía eléctrica se le llama primario, mientras que el embobinado que contiene el voltaje ya reducido se le llama secundario.

La salida del voltaje que se obtiene por el secundario continúa siendo voltaje alterno, solo que de menor voltaje. Se ocuparon 5 fuentes con las características que se muestran en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Relación de transformadores usados en el MAI

<i>Voltaje de entrada</i>	<i>Voltaje de salida</i>	<i>Corriente</i>	<i>Características</i>	<i>Cantidad</i>
127V AC	12V DC	3 A	Sin derivación central	1
127V AC	12V DC	1 A	Sin derivación central	2
127V AC	24V DC	3 A	Sin derivación central	1
127V AC	24V DC	1 A	Sin derivación central	1

Para poder convertir a voltaje directo se emplea un puente de diodos que lo convierte a voltaje continuo pulsante de onda completa.



(a) (b)  
4.24 Puente rectificador de onda completa.

El puente rectificador consta de 4 diodos, los diodos D1 y D3 se polarizan en forma directa, (Fig. 4.24a) cuando el semiciclo de alterna es positivo, alimentando a la resistencia de carga RL. Cuando el semiciclo de alterna llega con polaridad negativa, (Fig. 4.24b), produce que los diodos que entran ahora en conducción sean los diodos D2 y D4. La corriente como en el caso anterior también pasa por la carga RL, en el mismo sentido que en el semiciclo positivo.

La salida obtenida tiene una forma de onda rectificada completa, pero es pulsante, para poder hacerla casi lineal se utiliza un capacitor en paralelo con la carga. El capacitor se carga a la tensión máxima y se descarga a través de RL, mientras que la tensión de salida del transformador disminuye a cero volts, repitiéndose nuevamente el ciclo. La Fig. 4.25 nos muestra una gráfica de la onda sinusoidal después de la rectificación y una idea aproximada de esta misma onda ya filtrada por el capacitor

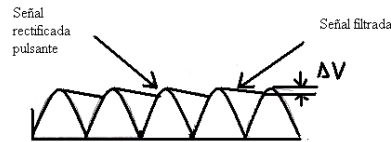


Fig. 4.25 Onda pulsante después de la rectificación

La Fig. 4.26 nos muestra un circuito básico que contienen todas las fuentes de alimentación, en el se puede observar el transformador, el puente de diodos y el capacitor conectado en paralelo a la carga.

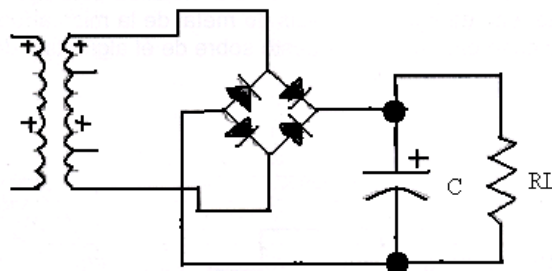


Fig. 4.26 Fuente de alimentación básica

Hasta aquí contamos con un voltaje que se encuentra rectificado y filtrado, pero el voltaje no es tan exacto ni tan constante como se necesita, para ello es indispensable el uso de un regulador de tensión, esta tensión será de acuerdo a las necesidades del circuito.

#### 4.6.1 Distribución de las fuentes en las tarjetas del MAI.

La fuente Vcc1 y Vcc2 ilustradas en la figura 4.27 con alimentación de 5 volts se encarga de proporcionar voltaje a los circuitos integrados 74LS240, de las tarjetas FA\_MAN y la tarjeta FA\_PLC.

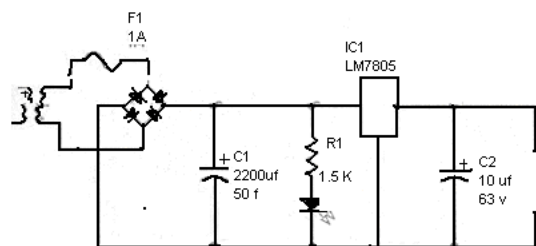


Fig. 4.27 Diagrama eléctrico utilizado en Vcc1 y Vcc2

La fuente Vcc3 de 12 volts y 3 A. se encarga de proporcionar energía al motor del taladro, al motor que proporciona el movimiento giratorio de la torre, así como a las bobinas de los relevadores. Los contactos de estos, son los que controlan a las electroválvulas del sistema neumático.

En la figura 4.28 se observa que se utiliza un regulador LM350K. Para que proporcione un voltaje a 12 volts se cuenta con la resistencia variable de  $10\text{K}\Omega$ , además el circuito cuenta con el diodo D1, el cual protege al regulador de la descarga del capacitor C3 mientras que el diodo D2 lo protege de la descarga del capacitor C2.

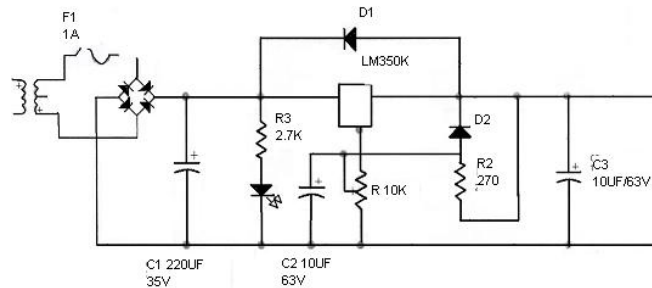


Figura 4.28 Diagrama eléctrico de la fuente Vcc3 y Vcc5

La fuente Vcc4 es de 24 volts, 1A. Se encarga de proporcionar alimentación a las señales del PLC, con esto se evita que la fuente interna del mismo se sobrecargue, el diagrama de esta fuente es similar en constitución a las fuentes de 5 volts (Vcc1 y Vcc2), la diferencia la constituye el regulador de voltaje y la resistencia limitadora de corriente para el led, mientras que en aquellas utiliza un regulador LM7824, y una resistencia de  $2.7\text{K}\Omega$ . En la figura 4.29 se ilustra este diagrama.

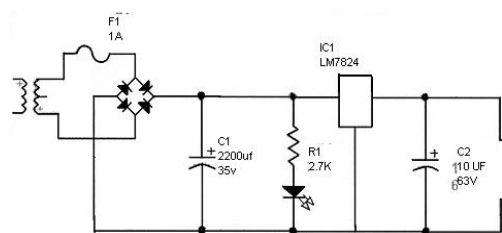
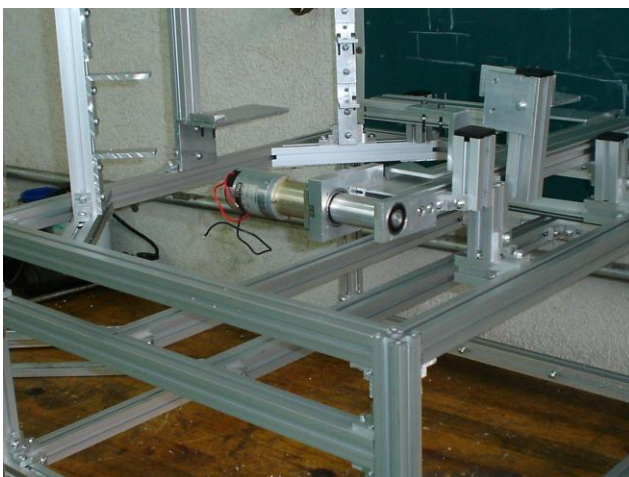
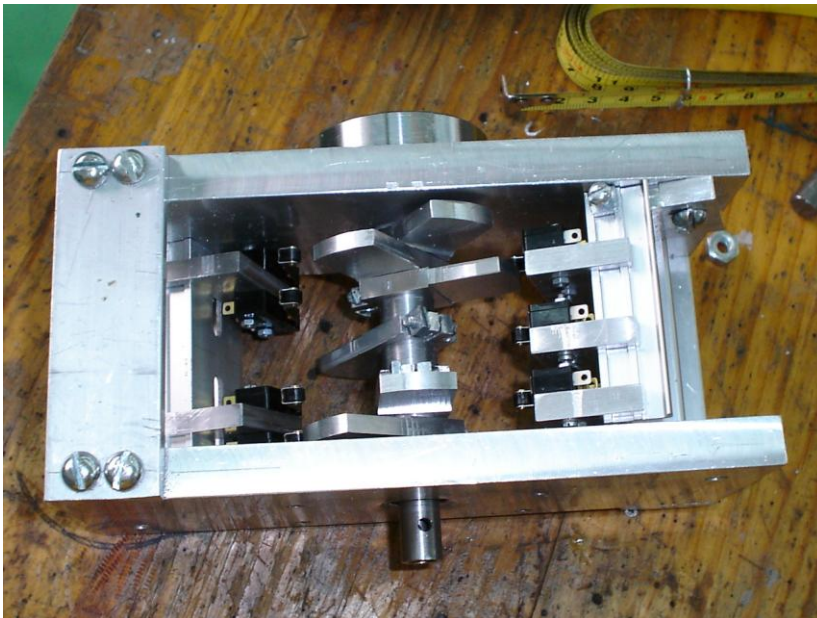
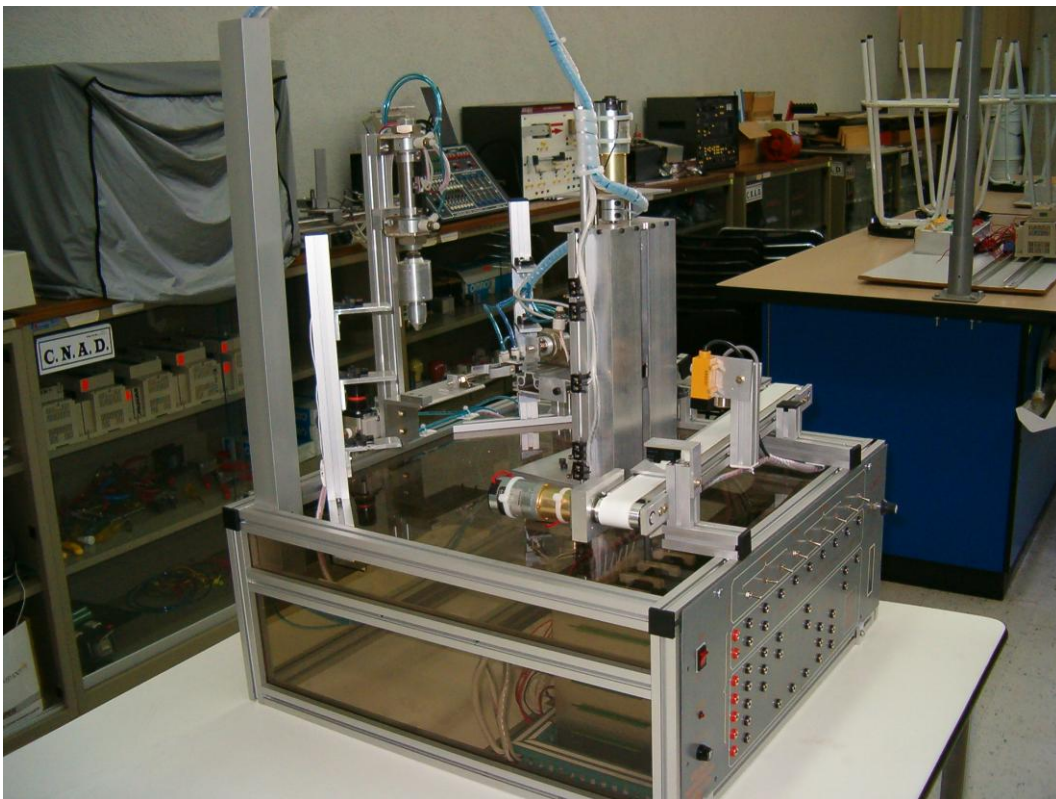
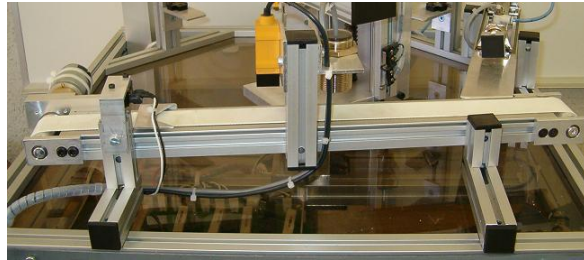


Figura 4.29 Circuito eléctrico utilizado en Vcc4

La fuente Vcc5 tiene un circuito de 24 volts y 3A. Es similar a la fuente Vcc3, la diferencia solo lo constituye el secundario del transformador, al igual que en la fuente Vcc3 el potenciómetro de  $10\text{K}\Omega$ , es usado para regular el voltaje de salida a 24 volts. Esta fuente se utiliza para proporcionar energía al motor de la banda transportadora y al motor que proporciona el movimiento del tornillo sin fin. El diagrama del circuito eléctrico aparece en la figura 4.27.

A continuación se muestran algunas fotos de la construcción del MAI







## CONCLUSIONES:

En el presente trabajo se diseñaron los elementos que forman la “máquina de automatización industrial” que tiene la finalidad de optimizar los procesos de manufactura utilizando dispositivos comerciales,

Los comandos con que cuenta el MAI (Manual y PLC). Fueron diseñados para realizar prácticas y secuencias que desarrollen procesos industriales automatizados y de control de un nivel básico, hasta secuencias que requieren un gran conocimiento del área.

El costo de esta máquina se reduce ya que todos sus elementos con los cuales esta formada son nacionales y se pueden conseguir muy fácilmente y a precios muy accesibles así evitando pedir asesoría al extranjero y sobre todo costos elevados por importaciones de refacciones.

Con el diseño del MAI se logro llevar a la práctica los conocimientos recibidos durante todo el periodo del seminario ya que en la actualidad cualquier proceso que se tenga en la industria esta automatizado por medio de diferentes formas de control aplicado a diversas máquinas para hacerlas más eficientes y reducir costos de operación y fabricación, pero sobre todo acelerando la productividad, reduciendo costos y mejorando la calidad de los acabados en los productos.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda para este proyecto otras diferentes opciones de control como podría ser por medio de una computadora o de un PIC. Ya que el MAI cuenta con las condiciones e instrumentos que se lo facilitan, además de que no elevaría demasiado su costo



## BIBLIOGRAFIA:

- [1] *Mecatronica Elemental*  
HURST JAMES en 1990  
Estados Unidos  
Wendsiter 150 Pág.  
Estados Unidos
- [2] *Aplicación a la Mecatronica*  
PESTON, VITOLAS y MURPHY  
Ed. Krectinst 230 Pág.  
Estados Unidos
- [3] *Tercer Congreso De Mecatronica*  
La Asociación Mexicana de Mecatrónica  
2003
- [4] *Definicion de mecatronica*  
El CENIDET  
[www.cenidet.gob.com](http://www.cenidet.gob.com)
- [5] *Baldor Electronic Company*  
BALDOR MOTION PRODUCTS, BR1202  
Estados Unidos, 2002
- [6] *Ball & Lead Screws*  
THOMSON INDUSTRIES Febrero 2004  
Release, Estados Unidos  
Danaher Motion, 2004, 159 pag.
- [7] *Mecatrónica, 2da Edición*  
BOLTON W  
Estados Unidos  
Alfaomega, 2001
- [8] *Diseño de elementos de máquinas, 2da edición*  
MOTT ROBERT L  
Estados Unidos  
Prentice May, 1995
- [9] *Sistemas Digitales, Principios y aplicaciones*  
TOCCI RONALD J  
Estados Unidos  
Prentice May 6ta edici

## ANEXOS:

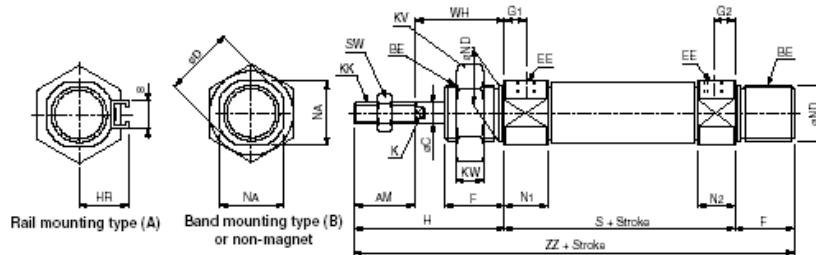
### ACTUADORES NEUMÁTICOS

- *CILINDROS DE DOBLE EFECTO*

#### Dimensions

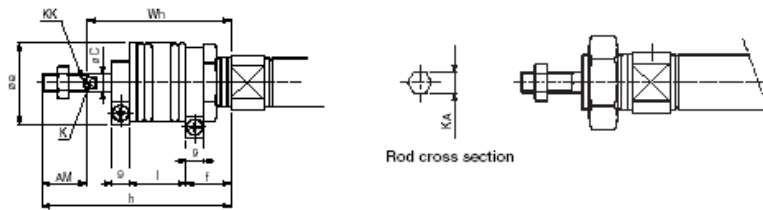
[First angle projection]

Double acting, Single rod  
Rubber cushion: C□85E Bore-Stroke-□  
Without magnet, Built-in magnet



With rod boot

C□85KE  
Non-rotating, Piston rod (Rubber cushion only)



Bore	AM	BE	øC	øD	EE	F	G1	G2	H	HR	K	KA	KK	KV	KW	N1	N2	NA	øND	S	SW	WH	ZZ
8	12	M12 x 1.25	4	16.7	M5 x 0.8	12	7	5	28	10	—	4.2	M4 x 0.7	19	6	11.5	9.5	15	12	46	7	16	86
10	12	M12 x 1.25	4	16.7	M5 x 0.8	12	7	5	28	10.5	—	4.2	M4 x 0.7	19	6	11.5	9.5	15	12	46	7	16	86
12	16	M16 x 1.5	6	19.7	M5 x 0.8	17	8	6	38	14	5	6.2	M6 x 1	24	8	12.5	10.5	18.3	16	50	10	22	105
16	16	M16 x 1.5	6	19.7	M5 x 0.8	17	8	6	38	14	5	6.2	M6 x 1	24	8	12.5	10.5	18.3	16	56	10	22	111
20	20	M22 x 1.5	8	28	G 1/8	20	8	8	44	17	6	8.2	M8 x 1.25	32	11	15	15	24	22	62	13	24	126
25	22	M22 x 1.5	10	33.5	G 1/8	22	8	8	50	20	8	10.2	M10 x 1.25	32	11	15	15	30	22	65	17	28	137

With Rod Boot

Bore	Item Stroke	AM	øC	øe	f	K	KK	h						
								1 to 50	51 to 100	101 to 150	151 to 200	201 to 300	301 to 400	401 to 500
20	20	8	36	20	6	M8 x 1.25	71	84	96	109	134	159	—	
25	22	10	36	20	8	M10 x 1.25	74	87	99	112	137	162	187	

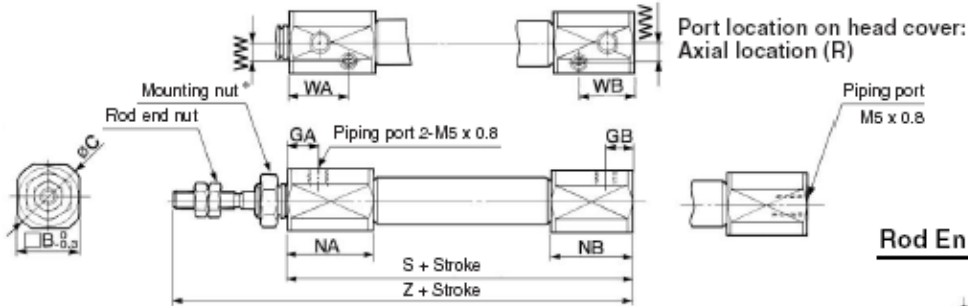
  

Bore	Item Stroke	l							Wh						
		1 to 50	51 to 100	101 to 150	151 to 200	201 to 300	301 to 400	401 to 500	1 to 50	51 to 100	101 to 150	151 to 200	201 to 300	301 to 400	401 to 500
20	12.5	25	37.5	50	75	100	—	51	64	76	89	114	139	—	
25	12.5	25	37.5	50	75	100	125	52	65	77	90	115	140	165	

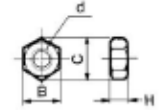


• **CILINDRO DE SIMPLE EFECTO**

With air cushion: CJ2B **Bore size** **Stroke** **A** **Port location on head cover**



**Rod End Nut**



Material: Iron

Part no.	Applicable bore (mm)	B	C	d	H
NTJ-006A	6	5.5	6.4	M3 x 0.5	2.4
NTJ-010A	10	7	8.1	M4 x 0.7	3.2
NTJ-015A	16	8	9.2	M5 x 0.8	4

• For details of the mounting nut, refer to page 6-3-11.

Bore size (mm)	A	B	C	D	F	GA	GB	H	MM	NA	NB	NDh8	NN	S	T	Z
6	15	12	14	3	8	14.5	—	28	M3 x 0.5	16	7	6 <sup>+0.018</sup>	M6 x 1.0	49	3	77
10	15	12	14	4	8	8	5	28	M4 x 0.7	12.5	9.5	8 <sup>+0.022</sup>	M8 x 1.0	46	—	74
16	15	18.3	20	5	8	8	5	28	M5 x 0.8	12.5	9.5	10 <sup>+0.022</sup>	M10 x 1.0	47	—	75

With Air Cushion: Dimensions other than the table below are the same as the table above.

Bore size (mm)	B	C	GA	GB	NA	NB	WA	WB	WW	S	Z
10	15	17	7.5	6.5	21	20	14.5	13.5	4.5	65	93
16	18.3	20	7.5	6.5	21	20	14.5	13.5	5.5	66	94

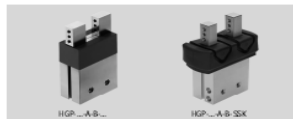
• **PINZA NEUMÁTICA**

**Pinzas paralelas HGP**  
Hoja de datos



Diámetro del émbolo: 6... 35 mm  
Carrera: 4... 25 mm

- Variantes**
- Con seguro para la separación...  
...alvo sin presión HGP...-G1  
...clera s/ta presión HGP...-G2
  - Con tapa protectora contra el polvo
- www.festo.com/jc/  
Inca mbico  
Juegos de pinzas de desgaste  
→ 1 / 7.5-16



Datos técnicos generales	6	10	16	20	25	35
Diámetro del émbolo	6	10	16	20	25	35
Conexión	Plano inclinada	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Funcionamiento	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto
Funcionamiento de la pinza	Paralela	Paralela	Paralela	Paralela	Paralela	Paralela
Cantidad de dedos	2	2	2	2	2	2
Fuerza máx. aplicada a la pinza de los dedos (extremo)	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2
Carrera	2	2.9	5	6.5	7.5	12.5
Características	M3	M3	M3	M3	M3	M3
Precisión de repetición <sup>1)</sup>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Precisión máx. de reposición	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Precisión máx. de trabajo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Clasificación de precisión	Mecánico (dentado de precisión)	Mecánico (dentado de precisión)	Mecánico (dentado de precisión)	Mecánico (dentado de precisión)	Mecánico (dentado de precisión)	Mecánico (dentado de precisión)
Tipo de fijación	Con rosca interior y taladro para montar	Con rosca interior y taladro para montar	Con rosca interior y taladro para montar	Con rosca interior y taladro para montar	Con rosca interior y taladro para montar	Con rosca interior y taladro para montar

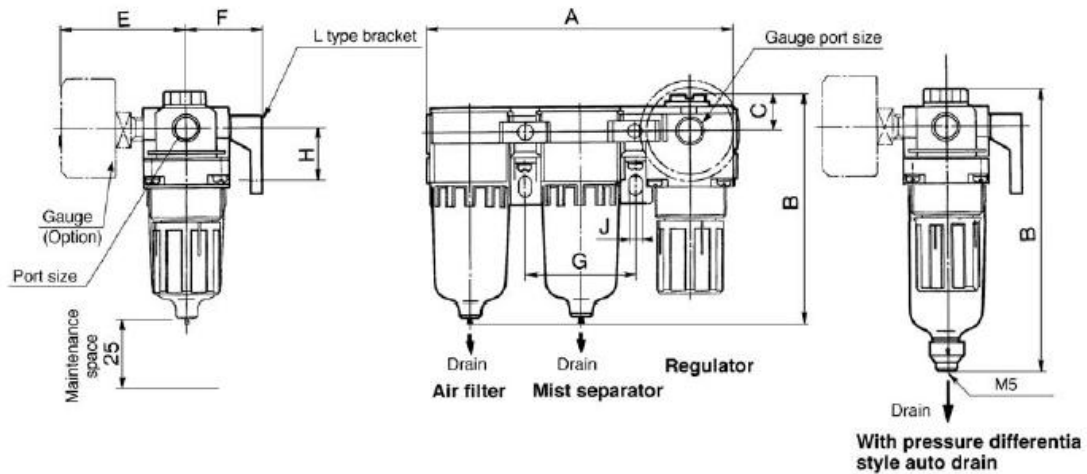
1) Datos válidos para funcionamiento en condiciones normales.  
2) Depende de la posición final bajo cada nivel de funcionamiento con presión y 1.0 bar en serie, según se indique en el manual de instalación.

Condiciones de funcionamiento y del entorno	6	10	16	20	25	35
Diámetro del émbolo	6	10	16	20	25	35
Peso máx. de pieza	HGP...-A-B	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Clasificación	HGP...-G1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Peso máx. de funcionamiento	HGP...-G2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Medio	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar
Temperatura ambiente	0... 50	0... 50	0... 50	0... 50	0... 50	0... 50
Clase de protección a la corrosión <sup>2)</sup>	2	2	2	2	2	2

1) Clase de protección a la corrosión: 1 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 2 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 3 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 4 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 5 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 6 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 7 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 8 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 9 según norma de ISO 10110.  
Máx. de protección a la corrosión: 10 según norma de ISO 10110.

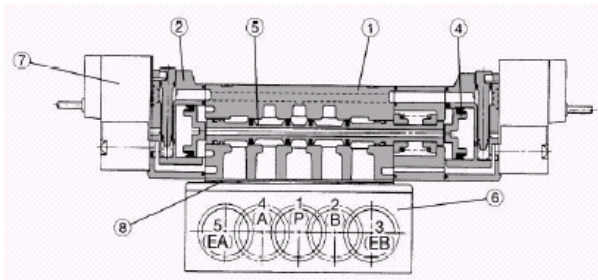
Peso [g]	6	10	16	20	25	35
Diámetro del émbolo	6	10	16	20	25	35
HGP...-A	18	75	194	296	725	1369
HGP...-G1	—	76	197	302	737	1387
HGP...-G2	—	76	197	302	737	1387
con tapa protectora contra el polvo	—	—	197	302	737	—
HGP...-SDX	—	—	197	302	737	—

- **UNIDAD DE MANTENIMIENTO**



- **ELECTROVALVULA**

3 position closed center/exhaust center/pressure center



**Model/Series SY7000**

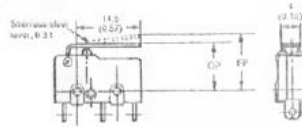
Valve model	Configuration	Port size	Effective area (mm <sup>2</sup> ) (in <sup>2</sup> )		Weight (g) <sup>(1)</sup>			
			P→A/B	A/B→EA/EB	Grommet	L.M. plug connector	DIN connector	
SY7□40-□ <sup>02</sup> / <sub>03</sub>	2 position	Single	23.22 (1.29)	21.6 (1.2)	215 (86)	219 (90)	242 (113)	
		Double	23.22 (1.29)	21.6 (1.2)	231 (102)	238 (109)	284 (155)	
	3 position	Closed center	Rc(PT)1/4	14.04 (0.78)	12.24 (0.68)	233 (104)	241 (112)	287 (158)
		Exhaust center	Rc(PT)3/8	14.04 (0.78)	20.88 (1.16) [12.96 (0.72)]			
		Pressure center		24.48 (1.36) [13.5 (0.75)]	12.42 (0.69)			

## SENSORES

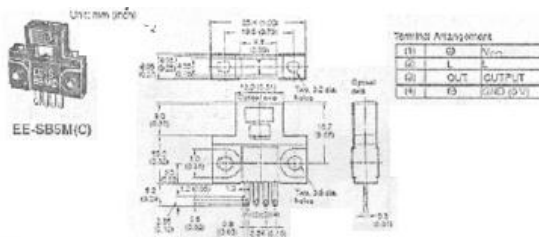
### SS-5GL2

SS-5GL2

	Part number
Characteristics	SS-01GL2 SS-5GL2
OF max.	50 g
RF min.	6 g
OT min.	1.2 mm (0.047 in)
MD max.	0.8 mm (0.032 in)
FP max.	19.3 mm (0.760 in)
OP	14.5 ± 0.8 mm (0.571 ± 0.032 in)



### SENSOR EE-SB5M



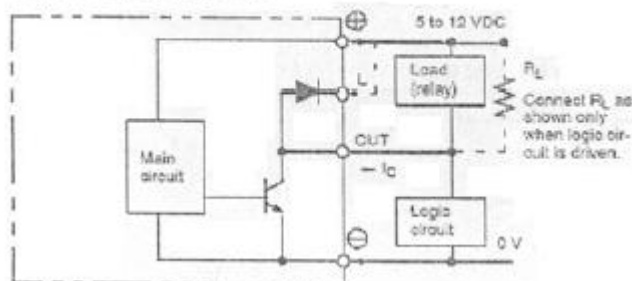
### Specifications

#### RATINGS

Item	Diffuse	EE-SB5M	EE-SB5MC	EE-SB5V(E)	EE-SB5VC
Supply voltage	5 to 12 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.	5 to 12 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.	5 to 12 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.	5 to 12 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.	5 to 12 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.
Current consumption	38 mA max.	38 mA max.	38 mA max.	38 mA max. (DC element I <sub>a</sub> = 25 mA)	38 mA max.
Maximum forward direct current (I <sub>f</sub> )	—	—	—	30 mA max.	—
Forward voltage (V <sub>f</sub> )	—	—	—	1.5 V max. (I <sub>f</sub> = 30 mA)	—
Reverse voltage (V <sub>r</sub> )	—	—	—	4 V max.	—
Standard reference object	White paper with reflection factor of 90% (standard sensing object: 16 × 16 mm)				
Differential distance	0.1 mm				
Control output	At 5 to 24 VDC: 50 mA load current (I <sub>L</sub> ) with a residual voltage of 0.5 V max. When driving TTL: 40 mA load current (I <sub>L</sub> ) with a residual voltage of 0.4 V max.				
Configuration	without detecting object	ON	OFF	ON	OFF
Response frequency (See note)	30 Hz				
Connecting method	EE-1001/009 Connector: soldering terminals/board				
Light source	3xAs infrared LED with a peak wavelength of 940 nm				
Receiver	Si photo-transistor with a sensing wavelength of 800 nm max.				

Note: The response frequency was measured by detecting the following disks rotating.

### INTERNAL/EXTERNAL CIRCUIT DIAGRAM EE-SB5M(C) Light-ON



CIRCUITOS INTEGRADOS

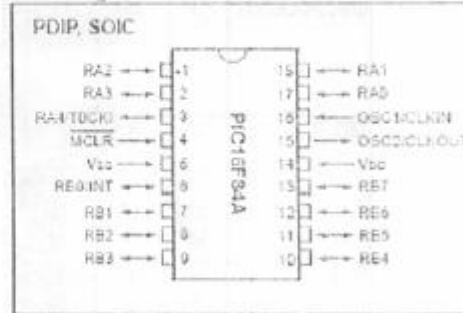


# PIC16F84A

## 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

### High Performance RISC CPU Features: Pin Diagrams

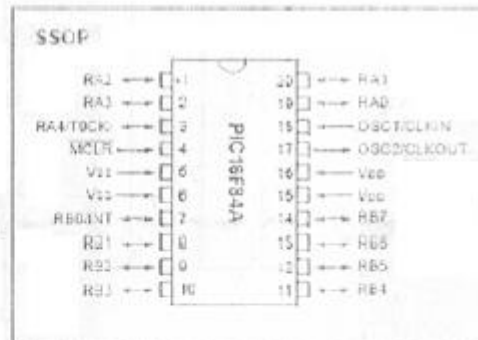
- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack



- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

### Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler



### Special Microcontroller Features:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode

### CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage ranges:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - <math>\approx 2\text{ mA}</math> typical @ 5V, 4 MHz
  - 15  $\mu\text{A}$  typical @ 2V, 32 kHz
  - <math>< 0.5\ \mu\text{A}</math> typical standby current @ 2V



## PIC16F87XA

40-Pin PDIP

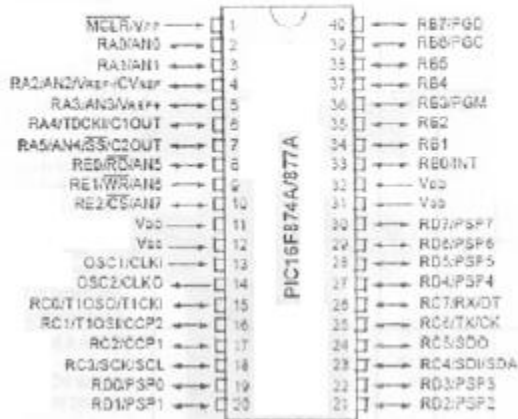


TABLE 1.1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F87XA
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K
Data Memory (bytes)	192
EEPROM Data Memory (bytes)	128
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN



Diagrama de los componentes de las tarjetas FA\_MAN y FA\_PLC

