



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN
DE UNA CELDA FLEXIBLE DE
MANUFACTURA (F.M.S)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
ANTONIO GRANADOS JASSO**

ASESOR: ING. NICOLÁS CALVA TAPIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre Maria Gregoria: Como resultado de su tenacidad para llevar a sus hijos por el camino de la superación, la fe y cariño.

A mi Padre Salvador: Por su empeño en darnos conocimiento y habilidades para trabajar correctamente sin olvidar la honestidad.

A mi hermano Juan Manuel, quien sin su apoyo no hubiese podido continuar con mis estudios.

A mis hermanos Maricela, Edgar, Erika, Salvador, Roberto con quienes compartí alegrías y sinsabores, pero hemos salido adelante.

A Alma, por su amor que me ha profesado y entregado en todo este tiempo y que me ha impulsado a la conclusión de este trabajo

A Miguel Ángel y Alejandro, como ejemplo de superación.

A mis amigos Ángel, Adolfo, Carlos, Cesar, Ricardo, Familia Noriega, Guille, quienes me facilitaron el camino para iniciar esta tesis y con quienes he pasado grandes momentos al compartir su amistad.

A Jesus con quien he superado adversidades y alcanzado objetivos, pero no olvidemos que hemos de seguir sembrando aún.

Al Ing. Nicolás Calva quien con paciencia y consejos ha buscado el terminar un ciclo de forma adecuada.

A quienes en un principio compañeros y hoy amigos. *Tomas, Nacho, Ruben, Miguel Ángel, Cristobal, Elías, Ivan, Octavio,* al brindarme la posibilidad de adquirir conocimientos de enorme desarrollo.

A Genaro, soporte principal de dicha tesis, al facilitarnos sus conocimientos, y sus acertados apuntes, pero sobre todo llamarlo con orgullo amigo.

A todos aquellos que han contribuido a la realización de esta tesis.

INDICE

INDICE

Agradecimientos	I
Índice	II
Introducción	III
<u>Capítulo 1 Introducción a la Automatización</u>	
1.1 Antecedentes de la automatización.	1
1.2 La automatización de procesos.	2
1.3 Componentes de la automatización.	7
1.4 Control y regulación.	9
1.5 Terminología en la regulación de sistemas de lazo cerrado.	11
1.5.1 Controlador Proporcional.	14
1.5.2 Controlador Integral.	16
1.5.3 Controlador Diferencial.	17
1.5.4 Reguladores Mixtos (PID).	19
1.6 Implementación de la sintonización en un PLC.	20
1.6.1 Método de Ziegler & Nichols.	21
1.6.2 Método de Chien, Hrones y Reswick.	22
<u>Capítulo 2 Sensores</u>	
2.1 Introducción.	27
2.2 Cadena de medición.	27
2.3 Señales de salida típicas de los sensores.	34
2.4 Sensores de proximidad.	36
2.4.1 Sensores Inductivos.	37
2.4.2 Sensores Capacitivos.	38
2.4.3 Sensores Ópticos.	40
2.4.4 Sensor Magnético Electrónico.	43
2.5 Salidas PNP o NPN.	44
2.6 Estándares.	45

INDICE

Capítulo 3. Actuadores

3.1	Introducción.	49
3.2	Fundamentos y propiedades.	50
3.3	Actuadores Neumáticos.	55
3.3.1	Clasificación de los actuadores neumáticos.	56
3.4	Actuadores hidráulicos.	61
3.4.1	Clasificación de los actuadores hidráulicos.	62
3.5	Actuadores eléctricos.	65
3.5.1	Motor de corriente continua (CD).	65
3.5.2	Tipos de arreglo para motores de CD.	69
3.5.3	Comparación de un motor de CD.	71
3.5.4	Motor de corriente alterna (CA).	72
3.5.5	Tipos de arreglo para motores de CA.	74
3.5.6	Comparación de un motor Asíncrono contra Síncrono.	76
3.5.7	Motores Paso a Paso.	77
3.5.8	Motores Servo.	78
3.5.9	Comparación de un servo motor de CA.	80
3.5.10	Beneficios y aplicaciones de los servo motores.	80
3.5.11	Sistema de control de movimiento para servomotor.	81

Capítulo 4. Controladores Lógicos Programables

4.1	Introducción.	85
4.2	Fundamentos.	86
4.2.1	El código BCD.	86
4.2.2	El sistema de numeración hexadecimal.	87
4.2.3	Interpretación de señales.	88
4.3	Estructura de un PLC.	90
4.3.1	Unidad Central del PLC.	92
4.3.2	Modo de funcionamiento de un PLC.	92
4.3.3	Memoria del PLC.	95
4.3.4	Módulo de entradas.	96
4.3.5	Módulo de salidas.	97
4.3.6	Comunicación con el usuario.	98
4.4	Programación.	99
4.4.1	Lenguajes de Programación.	101
4.4.2	Comandos a emplear en el proyecto.	106

Capítulo 5. Robótica

5.1	Introducción.	109
5.2	Definiciones.	111
5.3	Características de los Robots.	112
5.3.1	Anatomía del Robot.	112
5.3.2	Tipos de robot Industriales (Espacio Operativo).	116
5.4	Componentes del robot.	119
5.4.1	Brazo del Robot.	120
5.4.2	Control del Robot.	121
5.4.3	Clasificación por el tipo de Control del Robot.	124
5.5	programación.	125
5.5.1	Lenguajes de Programación.	127
5.5.2	Comandos a emplear del lenguaje Melfa Basic IV.	130

Capítulo 6. Diseño y configuración del proyecto (celda)

6.1	Objetivos.	135
6.1.1	Objetivo General.	135
6.1.2	Objetivos específicos.	135
6.2	Justificación del Proyecto.	136
6.3	El sistema FMS.	137
6.3.1	Herramientas.	142
6.3.2	Preparación y Funcionamiento.	144
6.3.3	Diseño de control.	146
6.4	Descripción de los procesos.	148
6.5	Las Estaciones de Entrenamiento y sus Componentes.	151
6.5.1	Estación Distribución.	151
6.5.2	Estación de Verificación.	152
6.5.3	Estación de Procesos	155
6.5.4	Estación de Manipulación.	157
6.5.5	Estación de Robot.	159
6.5.6	Estación de ensamble para robot.	160
6.5.7	Estación de Almacén logístico.	162
6.5.8	Estación Banda de transporte.	165
6.5.8	Estación de Control y visualización.	169

INDICE

6.6	Funcionamiento y configuración de la red.	169
6.6.1	Conexiones de comunicación con MPS y Banda.	170
6.6.2	Conexiones de comunicación de Robot y Banda.	173
6.6.3	Conexiones de comunicación Almacén y Banda.	175
6.7	Integración y Conexionado	176
6.7.1	Montaje Mecánico.	177
6.7.2	Suministro de aire comprimido.	178
6.7.3	Suministro eléctrico.	178
6.7.4	Conexionado del robot con estación de ensamble	179
6.7.5	Direcciones	180
6.8	Puesta en marcha	183
6.8.1	Arranque de la Estación de Transporte	184
6.8.2	Arranque de la Estación de Almacén	185
6.8.3	Arranque de la Estación de MPS	185
6.8.4	Arranque de la Estación de Robot con Ensamble	186
6.8.5	Arranque de la Estación de Visualización con Intouch	188
6.9	Programas	188
6.9.1	Programas de la Estación de Transporte	189
6.9.2	Programas de la Estación de Almacén	190
6.9.3	Programas de la Estación de Ensamble con Robot	191
6.10	Conclusiones	194
ANEXOS		
	Anexo A: Diagramas Neumáticos	195
	Anexo B: Diagramas Eléctricos	201
	Anexo C: Programas	207
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		223

INTEGRACIÓN DE UNA CELDA DE PRODUCCIÓN PARA ENTRENAMIENTO

INTRODUCCION

El continuo desarrollo de tecnología, no permite retrasos en cuanto a adquisición de conocimientos, ya que son los que nos permiten desarrollar, implementar y mejorar las aplicaciones industriales existentes en la actual Industria Mexicana.

El entorno Nacional Industrial nos permite grandes aplicaciones, las cuales están enfocadas al mejoramiento de los procesos productivos y que cada vez requieren más automatización.

Ya que, cuando hablamos de ésta, los diferentes procesos productivos y administrativos ven en ella una posibilidad muy grande de desarrollo, crecimiento y simplicidad en la realización de múltiples tareas. Y éste concepto aplica para los diferentes entornos y niveles que conforman la compañía.

La automatización depende de tecnologías que le permitan cumplir su función; De hecho el crecimiento de las áreas de la Electrónica, Control de Procesos Industriales, Cómputo y software, Salud y Comunicaciones han conllevado a la aparición de un número significativo de compañías representantes de equipo y de desarrollo de circuitos interfaces para las mencionadas tecnologías, demanda al mismo tiempo, la creación de compañías de fabricación de complejos sistemas, asesoría, planeación, instalación y adaptación de circuitos diseñados en el país para necesidades específicas del mismo; así como la de desarrollo de software en el área de simulación y de monitoreo.

Ahora bien, lo anterior demanda personal altamente calificado, el cual pueda tomar decisiones a nivel de campo sin esperar la consulta de "expertos" extranjeros, con los retardos y costos adicionales. Por tal motivo se hace necesario y vital para desarrollarse adecuadamente, el acercarse a los Centros de Investigación Nacional, Escuelas superiores y sobre todo a los Centros de Capacitación Privados

INTRODUCCION

Industriales, donde labora personal altamente Cualificada, con conocimientos actualizados a fin de tener una información y preparación para la adopción y desarrollo de tecnologías con dispositivos de punta.

De una manera natural el primer paso es la capacitación del personal por medio de cursos cortos ó seminarios en Tecnologías Básicas, Diseño de Circuitos, e Integración de las mismas, que nos permitan participar en proyectos a corto, medio y largo plazo con una conciencia de aprendizaje por todas las partes involucradas “concientes” de los tiempos y movimientos. Pero sobre todo, con la evolución de la Electrónica e Informática exageradamente rápida, solo con una mentalidad moderna y agresiva por la gente para enfrentar los problemas en forma sistematizada se podrá consolidar la infraestructura que nos permita mantener una Industria Nacional realmente competitiva a nivel internacional.

La Universidad Tecnológica de Tulancingo, ubicada en el estado de Hidalgo, consciente de esta actualidad desde la década pasada, se ha preocupado de instalar en sus laboratorios equipo por medio del cual sus alumnos puedan adquirir conocimientos y desarrollar sus habilidades preparándose de forma calificada para este entorno industrial y demandante en México.

Para ello adquirieron para el laboratorio de Procesos de Producción una celda de manufactura flexible, de hecho fue una de las primeras que instalaba la compañía Festo Pneumatic S.A en México.

Desde el inicio no funciono completamente como se esperaba al inicio del proyecto, debido entre otras cosas a que fue equipo adquirido a diferentes compañías con diferentes protocolos de comunicación que no permitían su interacción entre otros hechos. Esto llevo a que los alumnos no pudieran trabajar en forma profesional en el laboratorio.

Se empezó a realizar una reingeniería de dicha celda de manufactura, en la que se empezó a trabajar, comenzando desde la reconfiguración del equipo hasta la instalación de controles lógicos programables que permitieran una comunicación en red Ethernet.

INTRODUCCION

Todo lo anterior sin costo alguno para la Universidad, con el único fin de la compañía de que la celda de manufactura funcionara correctamente y cumpliera los fines para los que fue adquirida.

Introducción a la Automatización

1.1 Antecedentes de la automatización

Las técnicas de automatización continúan en su carrera de evolución hacia la integración de los sistemas, pero sin olvidar la condición de simplificar; siguiendo con estas premisas se presentan técnicas revolucionarias en los diferentes campos industriales, técnicos y científicos, por mencionar algunos, regulación, posicionamiento, control, mecanismos que nos permitan sentar las bases sólidas para permitirnos obtener el máximo beneficio de ellas.

Un aspecto donde se hace hincapié es la estandarización de los recursos y la normalización internacional, debido a que es una técnica de aplicación muy generalizada que permitirá un mejor entendimiento de los diferentes procesos ya que marcan una tendencia vanguardista..

En una constante evolución en pro de la flexibilidad en los procesos de fabricación, la técnica no se limita al empleo de una sola tecnología y recurre a sistemas interdisciplinarios.

La labor del profesional técnico actual es la de conocer las posibilidades que presenta cada tecnología y cada técnica aplicada, sopesar los pro y los contra y tomar la decisión de los medios a aplicar en la automatización sin olvidar los costos de su puesta en marcha y su posterior mantenimiento, factores que unidos influirán en la optimización y la rentabilidad final de la aplicación concebida.

Actualmente no se concibe ningún automatismo sin sumar las ventajas de diversas tecnologías interdisciplinarias como la mecánica, la hidráulica, la neumática, la electricidad y la electrónica, a las que hay que adicionar la informática y las comunicaciones con su amplio abanico de posibilidades.

CAPITULO I

Cuando se requiere de controles sofisticados, necesitamos incorporar técnicas de diferentes campos con sus ventajas naturales, tales como, rapidez, flexibilidad, fácil regulación, potencia, que permitan mediante la incorporación del microprocesador, administrar las tareas propias del control, y al mismo tiempo supervisar los lazos de regulación del sistema.

En un proceso automático podemos encontrar dos componentes principales: la máquina y el control (mando). Estos dos componentes se encuentran en acción recíproca e intercambian información constantemente.

Dependiendo del problema a resolver y del grado de automatización, estos componentes podrán ser muy sencillos o altamente complejos.

Como se mencionó anteriormente, para comprender mejor las relaciones dentro de un sistema de control, es importante realizar en él una estructuración razonable y de fácil comprensión para todos los involucrados en el proceso. Por tal motivo, podemos distinguir la siguiente clasificación de los sistemas de control.

- Sistemas en lazo abierto.
- Sistemas en lazo cerrado.

Los cuales son tratados ampliamente dentro de la teoría de control automático.

1.2 La automatización de procesos

La moderna técnica de mando crea las condiciones previas para que los procesos de trabajo puedan desarrollarse de forma autónoma. El concepto "autómata" proviene del griego y quiere decir "que se mueve por sí mismo". Si conjuntamos los conceptos bajo el de secuencia automática, sobreentendemos que se trata de una secuencia autocontrolada en un proceso productivo.

CAPITULO I

En él, una instalación de control, se encarga de determinadas funciones vigilando el adecuado ciclo del proceso. Entonces podemos decir que un proceso es autónomo cuando tiende a regularse por si mismo.

El ser humano sigue y deberá ser quien manda la máquina. Recordemos, por ejemplo, el lavado de ropa, una persona ajusta un determinado programa en su lavadora y la pone en marcha. Todo el proceso de lavado, hasta el momento de sacar la ropa limpiado y secado, es controlado por la máquina.

Podemos hablar de la automatización en cuatro fases:

La fase inferior de un ciclo de trabajo es el trabajo manual, por medio del cual se elaboran piezas sin recurrir a máquinas. En este caso el hombre debe aplicar energía necesaria para la elaboración de la pieza. Por ejemplo utilizando una lima. Además, en cada fase de elaboración se tiene que verificar el orden correcto de las fases de mecanización.

La siguiente fase es la mecanización, en la cual una máquina se encarga del trabajo manual. Ahora la máquina aporta la energía de accionamiento. Sin embargo, en cada momento del proceso de elaboración, es el hombre quien determina qué operación debe realizar la máquina. Como sabemos él es quien imparte la orden para realizar los diferentes pasos en la mecanización. Un ejemplo de ésta etapa es la fabricación de una pieza en un torno convencional.

La tercera fase es la automatización parcial. La máquina realiza automáticamente pasos parciales en la mecanización de una pieza que se repiten constantemente. En un torno automático, por ejemplo, el operario ajusta un ciclo de desbaste sólo una vez y la máquina lo realiza posteriormente por si sola n cantidad de veces.

La última fase es la automatización total. Ahora la mecanización es llevada a cabo por una serie de elementos entrelazados que toman las decisiones y ejecutan acciones en forma coordinada.

Cabe aquí realizarnos los siguientes cuestionamientos:

¿Dónde automatizar? ¿Cuándo automatizar? ¿Hasta dónde automatizar?

Se automatiza en todos los casos en los que se tienen que realizar trabajos de rutina, repetitivos, que para el hombre son aburridos, pesados, molestos o peligrosos para la salud. Enfocado en un inicio para los procesos técnicos de producción. Un buen punto de partida es la de eliminar del proceso los famosos “cuellos de Botella” con dispositivos diseñados por gente de planta, asesores y proveedores

La tendencia de la globalización, la apertura de mercados, la internacionalización ha llevado a las diferentes industrias a mejorar sus procesos, aumentar producción, disminuir costos, incrementar la calidad de los productos, de ahí la importancia de la automatización y estos son parámetros que nos indican la necesidad de realizarla.

El punto ideal es llevar la automatización en su aplicación industrial de acuerdo al contexto teórico de la pirámide de la automatización, la cuál nos marca los cuatro niveles que la conforman y podemos observar en la figura 1.1

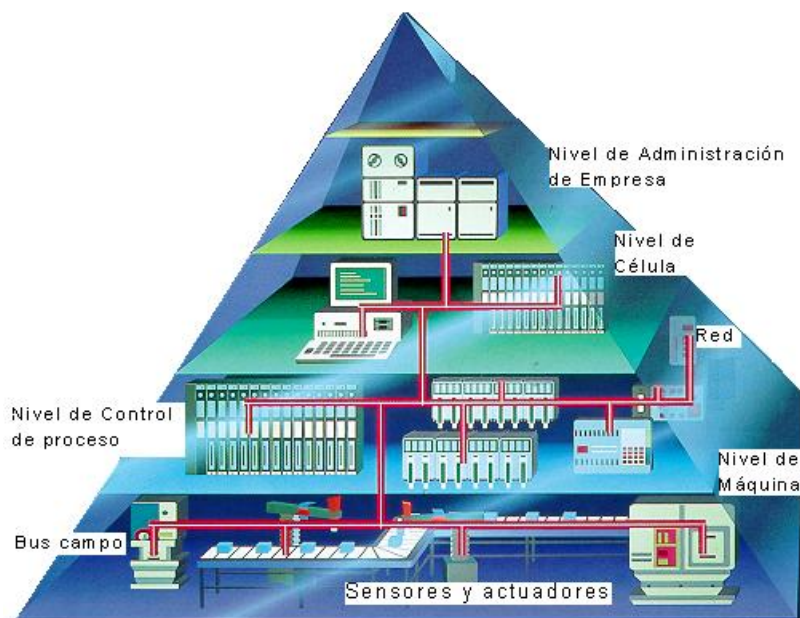


Figura.1.1 Estructura de la Pirámide del CIM.

CAPITULO I

Los cuatro niveles de organización, que conforman la pirámide del CIM y se utiliza para describir la estructura de una organización completamente automatizada son:

- ◆ Nivel de Administración de la empresa (planeación).
- ◆ Nivel de Célula (control central)
- ◆ Nivel de Control descentralizado
- ◆ Nivel de Campo (línea de producción)

1) Nivel de administración de la empresa:

La importancia de este nivel reside en las áreas de:

Planificación
Estrategia y
Objetivos

2) Nivel de célula

En la planta productiva, donde a su vez existen varias líneas de producción, el control se encuentra diseminado por cada estación de trabajo. A cada una de estas estaciones ó líneas se les conoce como "Células de producción".

La Filosofía de división de trabajo se mantiene en la actividad industrial, pero ahora está dirigida como células de trabajo. Cada célula desarrolla una actividad importante de funciones que dependen y son parte del sistema total de producción, cuyas células operativas mantienen una continua interacción entre ellas y con los diferentes niveles del control del proceso.

3) Nivel de control descentralizado (línea de proceso)

En la planta donde existen varias líneas de producción, el control se encuentra diseminado por cada estación de trabajo. A cada una de estas estaciones ó líneas de producción distribuidas en la planta se les conoce como "Estaciones de producción". La característica de la producción celular radica en el hecho de que el producto se va formando a través de cada una de estas células, de manera aislada e independiente de todo lo demás.

CAPITULO I

La falta de coordinación y comunicación entre las diferentes células productivas podría significar:

- Fabricar partes diferentes
- Fabricar más unidades de un determinado componente de las que son requeridas para un lote de producción.
- Nivel de calidad del producto.
- Costo adicional por el tiempo muerto de una línea de producción, Mientras una línea espera a otra que termine la etapa del proceso correspondiente.

4) Nivel de campo

Es la capa más baja en el modelo jerárquico, en el Incluye dispositivos de campo relacionados con el proceso, como son los sensores, actuadores y controles lógicos programables. Éstos facilitan el intercambio de información entre el producto y el proceso técnico y todo dato que se origine en este nivel, será transportado, evaluado y modificado en tiempo real por los controladores a través de una red definida, como observamos en la figura 1.2

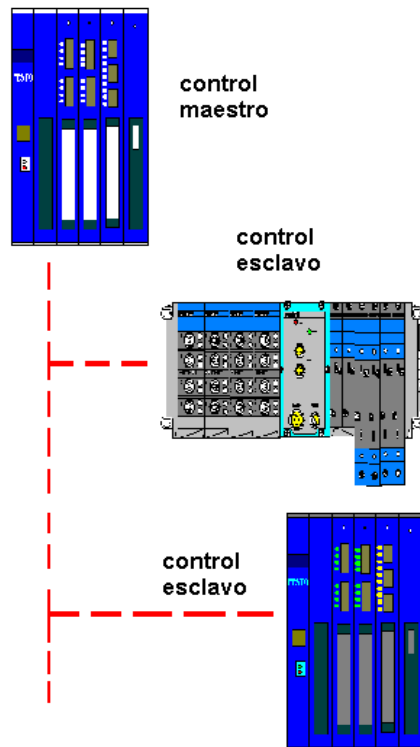


Figura. 1.2 Configuración de una red industrial

CAPITULO I

Debemos tomar en cuenta que no todo el proceso de automatización se lleva en un solo paso, generalmente se realiza en etapas, por ello debemos tener la capacidad de diseñar un sistema que debe ser expandible, con capacidad de incorporar más tecnologías y funciones; del mismo modo debe ser capaz de actualizar el sistema, de agregar software, por lo tanto, el sistema estará abierto para futuras ampliaciones a través del concepto de integración vertical y horizontal.

Finalmente, el punto principal de la automatización se encuentra en el sector de la producción, que de acuerdo con su funcionamiento podemos distinguir, en forma general, cuatro clases de procesos **de**:

- ◆ Transformación.
- ◆ Fabricación
- ◆ Distribución
- ◆ Medición y verificación

1.3 Componentes de la Automatización

El desarrollo automático del trabajo en un proceso técnico exige medir y/o mantener constantes determinadas magnitudes físicas, así como controlar las secuencias. Por lo anterior, las tareas resultantes de un sistema de mando, las podemos describir en tres grupos:

- ◆ Registro de los estados de proceso.
- ◆ Elaboración de los datos obtenidos.
- ◆ Influencia sobre el proceso en base a resultados.

Esta tarea la podemos ejemplificar en la figura 1.3

- ◆ Los sensores registran los estados de los procesos a través de señales.
- ◆ La señales son tratadas por el procesador.
- ◆ El procesador Trata dichas señales y genera a partir de ellas las señales para los actuadores.
- ◆ Un programa contiene la disposición de la ordenes para el procesador

CAPITULO I

- ♦ La señales producidas por el procesador influyen sobre los actuadores en forma directa.
- ♦ En los sistemas complejos, existen enlaces entre varios procesadores a través de las diferentes redes de comunicación.

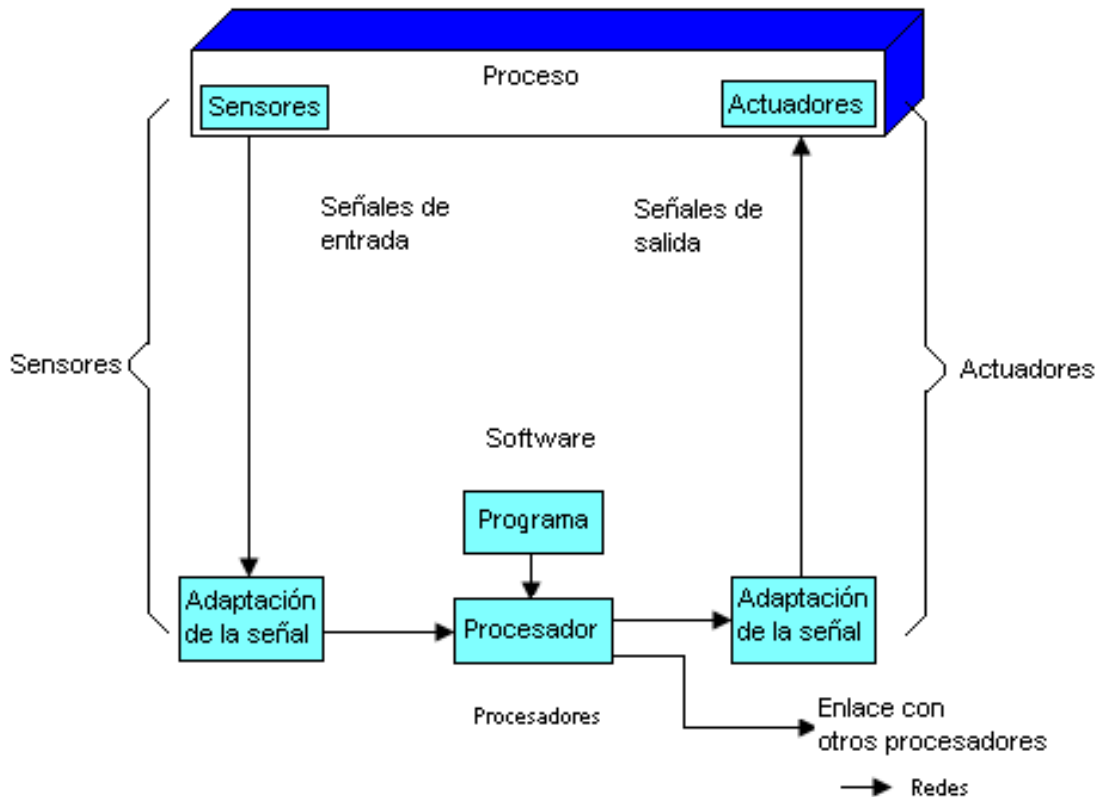


Figura. 1.3 Componentes de un sistema controlado

Podemos hablar, por tanto de diferentes sistemas parciales que comprenden a su vez el pentágono de la automatización, formado por las tecnologías de: **sensores, actuadores, procesadores, software y redes.**

En la figura 1.4 se muestra dicho pentágono.

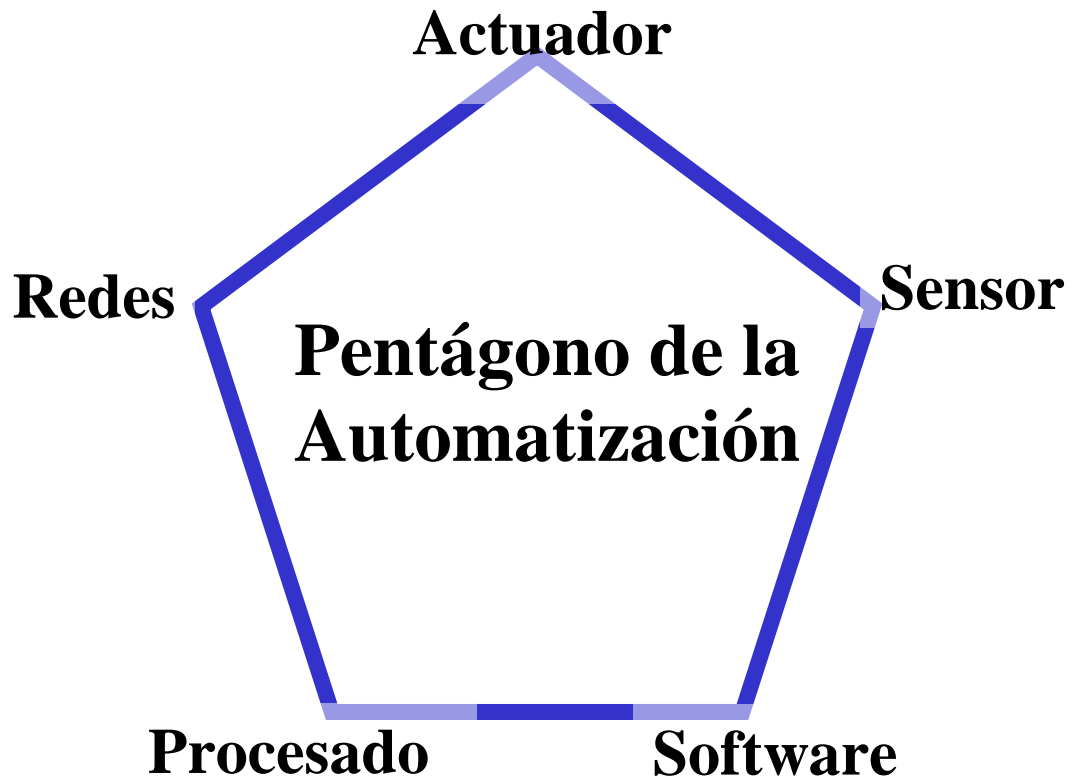


Figura. 1.4 Pentágono de la automatización.

1.4 Control y regulación.

Control, de acuerdo al DIN 19226, es el proceso en el que una o varias magnitudes de entrada, influyen en otras, que actúan como magnitudes de salida, en función de la lógica intrínseca del sistema.

Como se mencionó en el apartado 1.1, podemos utilizar dos tipos de control en la implementación de los sistemas industriales; En relación a los Sistemas en lazo abierto, hablamos de ellos cuando no existe retroalimentación de la señal de salida con respecto a la entrada.



Figura. 1.5 Sistema de control en lazo abierto

CAPITULO I

En él todos los bloques de transmisión en el diagrama de flujo de la señal se hallan conectados en serie, y regularmente empleamos señales de tipo binarias. Como se representa en la figura 1.5

Los Sistemas en lazo cerrado, figura 1.6, se caracterizan por la continua medición de la magnitud a regular, se le compara con otra magnitud, denominada punto de referencia (set point), e influye en función del resultado de dicha comparación, tratando de conseguir una adaptación a la citada magnitud piloto. El circuito que de ahí resulta, tiene lugar en un llamado lazo cerrado: el circuito de regulación.

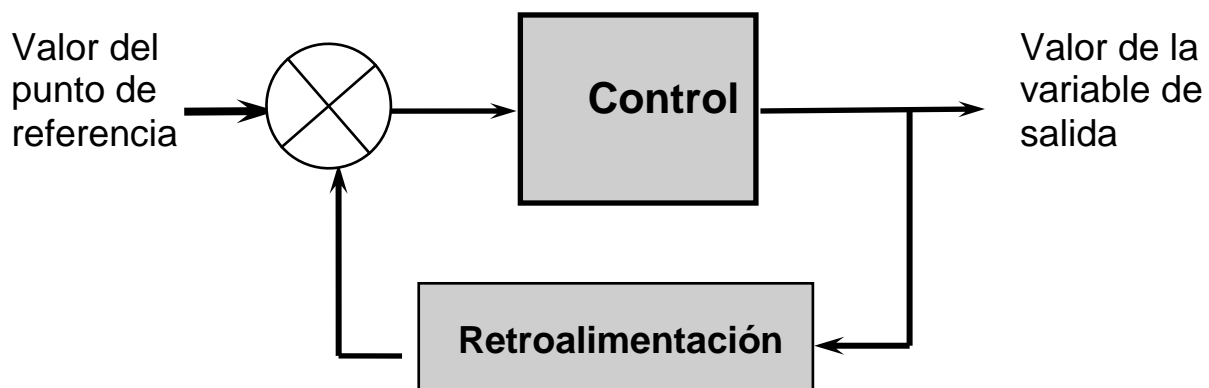


Figura 1.6 Sistema de control en lazo cerrado

En el sistema, si se comprueba que, debido a perturbaciones, se producen fluctuaciones no deseadas del valor efectivo ajustado, debe controlarse dicho valor a determinados intervalos y, en caso dado, reducir esas perturbaciones reajustando los parámetros del regulador o controlador.

Para entender mejor el comportamiento del controlador, se cuenta con el apoyo de la técnica de regulación, la cual trata de encontrar relaciones universales, que describen en un modelo el comportamiento temporal del circuito de regulación. Para ser independientes de la tecnología, son utilizados modelos matemáticos, los cuales se componen de una sucesión de ecuaciones. Por ello, la descripción de los modelos es muy abstracta y difícil de entender. Pero la mayoría de los procesos industriales no requieren de esos modelos matemáticos para poder ser controlados con un regulador.

1.5 Terminología en la regulación de sistemas de lazo cerrado.

La figura 1.7 muestra un circuito de regulación en lazo cerrado con las designaciones estándar para las diferentes señales y componentes de acuerdo la definición DIN 19226.

Variable regulada (x)

La variable regulada x es la variable de salida de un circuito de regulación en lazo cerrado. También se le conoce como el valor actual, el valor real o variable controlada.

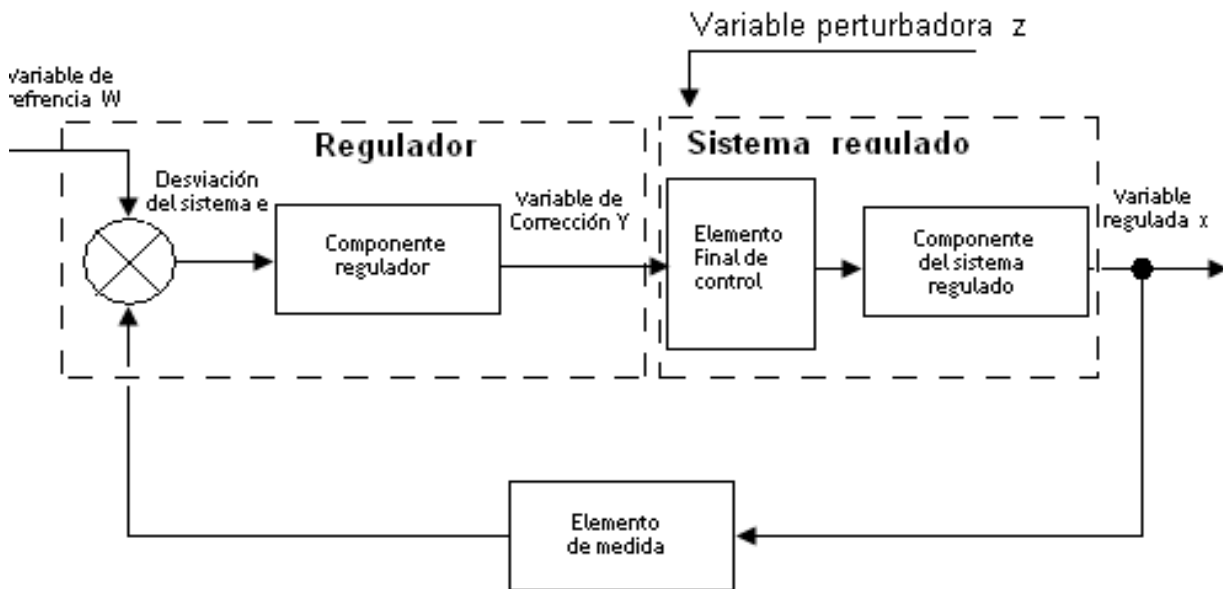


Figura1.7 Circuito de regulación de acuerdo a normas DIN.

Variable de referencia (w)

La variable de referencia w , representa el valor que debería asumir la variable regulada o controlada. En un sistema de regulación ideal ambas variables llegarían a tener el mismo valor. A la variable de referencia se le conoce también como punto de referencia.

Variable de realimentación (r)

De acuerdo a DIN 19226, la variable de realimentación se define como el valor medido de la variable regulada o controlada.

Desviación del sistema (e)

La desviación del sistema **e**, es la diferencia entre la variable de referencia **w** y la variable de realimentación. Se calcula como sigue:

$$e = w - r$$

Aunque de acuerdo a la norma DIN 19226, se hace una distinción entre la variable regulada **r** y la variable de realimentación **x**, a menudo suele simplificarse de la siguiente forma:

$$e = w - x$$

Solamente cuando la dinámica del modelo incluye la dinámica del transductor o existe realimentación unitaria.

Variable de control o variable manipulada (y)

El regulador compara la variable controlada con la variable de referencia y genera una variable de salida del regulador que se conoce como variable de control **y**. Dicha variable, aplica la acción del regulador al elemento final de control. Forma la señal de entrada para el sistema controlado.

Elemento final de control

El elemento final de control es parte del sistema regulado. Es excitado con la variable de corrección y actúa sobre el flujo de energía en el circuito de regulación en lazo cerrado.

Componente del sistema regulado

CAPITULO I

El componente del sistema regulado es la parte del componente de regulación en la cual se genera la variable regulada.

Sistema regulado

El sistema regulado consiste en el elemento final de control y el componente del sistema regulado.

Variable perturbadora (z)

Las variables perturbadoras o de interferencia actúan desde fuera del circuito de regulación en lazo cerrado y producen cambios no deseados en la variable regulada. Las variables perturbadoras actúan principalmente en el sistema regulado.

Sistema de medición

A un sistema de medición se le denomina sensor o codificador y se encarga de medir la variable controlada.

En un sistema inestable, el circuito de regulación en lazo cerrado ya no cumple con la función de mantener la desviación del sistema lo más pequeña posible. El comportamiento inestable conduce a un rápido desgaste de los componentes y bajo ciertas condiciones esto puede llegar a dañar permanentemente los equipos.

En la práctica, un regulador siempre debe ajustarse de forma tal que el funcionamiento del circuito de control sea estable.

El comportamiento en estado estable de un circuito de regulación en lazo cerrado, es su comportamiento en un estado en el cual la variable regulada no cambia drásticamente, si no en una forma infinitesimal.

$$e = w - x$$

Se alcanza un buen comportamiento en estado estable, cuando la desviación del sistema es pequeña o incluso cero.

CAPITULO I

Podemos considerar los siguientes aspectos en la estabilidad del sistema:

- ◆ Con un regulador correctamente seleccionado y con los parámetros sintonizados adecuadamente, la variable regulada seguirá a la variable de referencia tan solo con un pequeño retraso y con una mínima desviación.
- ◆ Si el regulador se halla mal sintonizado, la variable regulada puede oscilar.
- ◆ Si el regulador se halla muy mal sintonizado, pueden producirse desviaciones en su estado estable o permanente.

Si no se producen oscilaciones o estas decaen rápidamente, puede decirse que el regulador es estable. Si, por otro lado, la variable regulada presenta oscilaciones en estado permanente, puede decirse que el regulador es inestable.

El componente del sistema regulado, es el encargado de amplificar y modificar adecuadamente la señal de error que le proporciona el detector de error con la finalidad de lograr un mejor control del sistema en cuanto a: precisión, estabilidad, tiempo de respuesta, y sobre oscilaciones.

Acciones de Control del Regulador o Controlador:

- ◆ **PROPORCIONAL**
- ◆ **INTEGRAL**
- ◆ **DIFERENCIAL.**

1.5.1 Controlador Proporcional (P)

En el controlador proporcional (P) debe existir un valor e no nulo que de origen a una señal de salida que alimente al elemento a controlar. En éste, La variable manipulada reacciona proporcionalmente a la desviación del sistema.

Observamos en la figura 1.8, como los controladores P, convierten una señal de entrada en escalón en una señal de salida también en escalón y tienen una elevada capacidad de respuesta.

Comportamiento de un regulador (P) en lazo cerrado

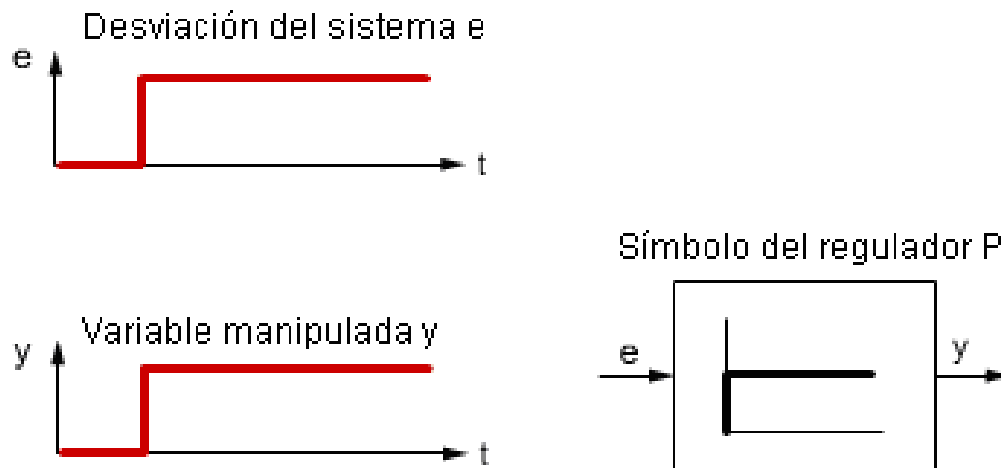


Figura 1.8 Acción de control proporcional

La variable de corrección (y) en un regulador de acción Proporcional se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$y = K_p \cdot (w-x) = K_p \cdot e$$

Donde:

K_p se conoce como el coeficiente de acción proporcional o ganancia proporcional.

e se conoce como error del sistema

Las ventajas de los reguladores proporcionales son su rapidez y su diseño sencillo. La desventaja es que en los reguladores proporcionales el lazo de regulación presenta una desviación permanente del sistema. La variable regulada (valor real) nunca alcanza el valor de la variable de consigna (punto de referencia); motivo por el cual, son empleados en donde no es indispensable una elevada precisión de regulación.

1.5.2 Controlador Integral (I)

Esta acción de control que toma el regulador integral es tanto más efectivo cuanto mayor es la desviación del sistema. Incluso una desviación muy pequeña del sistema provoca una señal de salida elevada si la duración es suficientemente larga. Convierte las señales de entrada en escalón a señales de rampa por medio de una suma continua (integración), es decir, los cambios en la variable manipulada se producen continuamente y son mucho más lentos que en el caso de un regulador proporcional.

Si se aplica una señal constante en la entrada de un regulador integral, la salida cambia continuamente hasta que se corrige la desviación del sistema. La variable manipulada de un regulador integral es proporcional a la superficie-tiempo de la desviación del sistema. Cuanto mayor es la desviación del sistema, mayor es la variable manipulada y más dura la desviación del sistema. Tal como se muestra en la figura 1.9. En los reguladores I, las desviaciones del sistema y la velocidad de corrección de la variable manipulada son proporcionales, es decir, cuanto mayor es la desviación, más rápidamente varía en elemento de regulación final.

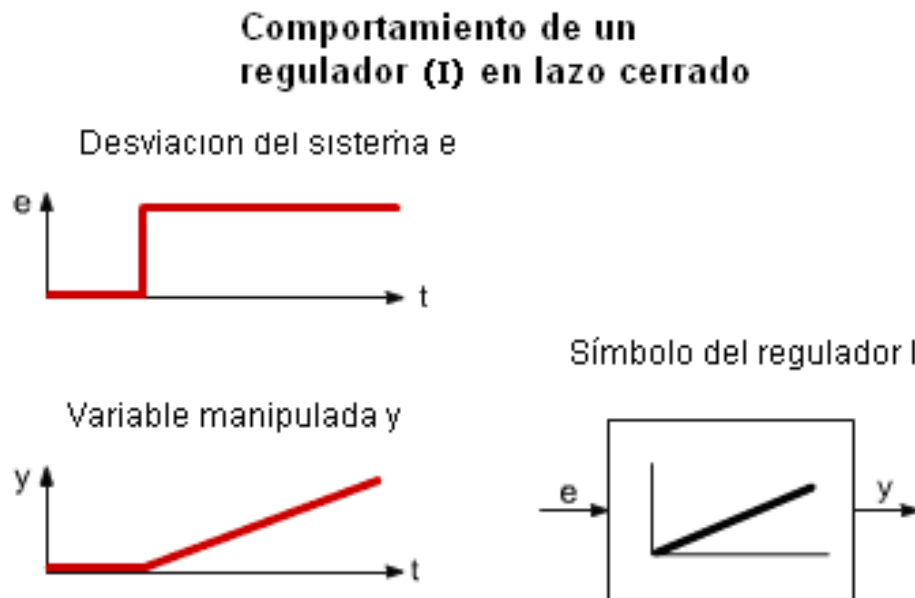


Figura 1.9 Acción de control integral

CAPITULO I

La variable de corrección se calcula por la integración de la desviación del sistema. En el caso de un regulador I, la variable de corrección se calcula utilizando una de las dos ecuaciones que se indican a continuación:

$$y = K_i \int (w-x) dt = K_i \int e dt \quad \text{o}$$

$$y = \frac{1}{T_i \int (w-x) dt} = \frac{1}{T_i \int e dt}$$

Donde: $T_i = 1/K_i$

T_i se conoce como la constante de tiempo y K_i como la ganancia del regulador o coeficiente del regulador de acción Integral.

El tiempo de acción Integral T_n , puede calcularse a partir del coeficiente de acción proporcional K_p y el coeficiente de acción Integral K_i , utilizando la siguiente fórmula:

$$T_n = \frac{K_p}{K_i}$$

Los reguladores puramente integrales raramente se usan ya que son propensos a la inestabilidad y reaccionan lentamente a cambios rápidos.

Sin embargo se utilizan para salvar las desventajas de los reguladores proporcionales, que no pueden corregir correcta y completamente la desviación del sistema. Por ello, en la práctica suelen hallarse en combinación con la acción de control proporcional formando los reguladores PI.

1.5.3 Controlador Diferencial

En algunos sistemas regulados, las fuertes variables perturbadoras tienen efectos muy rápidos. Consecuentemente, la variable controlada se desvía fuertemente de la variable de consigna en un tiempo muy corto. Las desviaciones de este tipo pueden corregirse con un regulador D.

La salida de un regulador D es proporcional al cambio relacionado con el tiempo de una desviación del sistema. Así, un cambio brusco (es decir, un escalón) genera una variable manipulada infinitamente grande

CAPITULO I

en la salida del regulador. Como se observa en la figura 1.10. Dado que un regulador D reacciona únicamente ante un cambio en la desviación del sistema, no se utiliza aisladamente, sino siempre en combinación con una acción P o una combinación de acción integral para formar un regulador PI.

Por otro lado, un regulador de acción derivativa no es capaz de corregir una desviación constante de un sistema. En tecnología de automatización raramente se utiliza un regulador de acción puramente derivativa. Un regulador D se utiliza en combinación con un regulador proporcional o con un regulador proporcional e integral.

Un regulador D es tanto más efectivo cuanto más rápido es el cambio en la desviación del sistema.

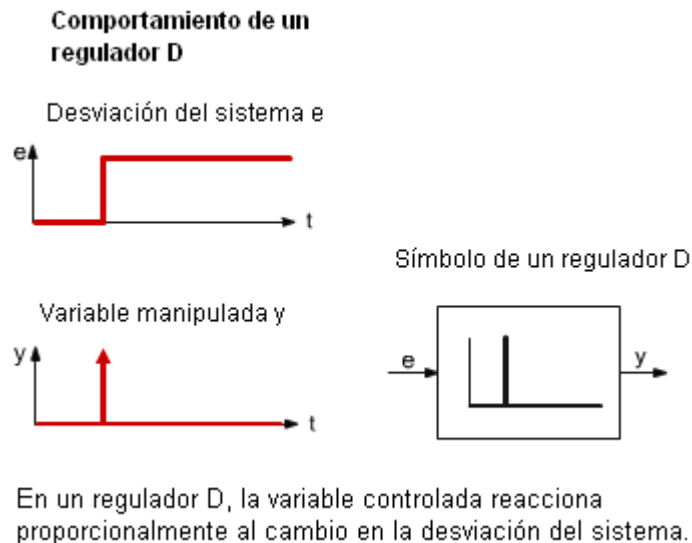


Figura 1.10 Acción de control Derivativo

La siguiente ecuación se utiliza para calcular la variable de corrección generada por el componente **D** del regulador.

$$y = K_d \frac{d}{dt} (w-x) = K_d \frac{d}{dt} e$$

Donde: **K_d** es el coeficiente de acción derivativo. El tiempo de acción derivativa **T_d**, depende del coeficiente de acción proporcional **K_p** y el coeficiente de acción derivativa **K_d**:

$$T_d = \frac{K_d}{K_p}$$

1.5.4 Reguladores Mixtos (PID)

Además de la acción de los reguladores P, I, D descritos, existen los reguladores mixtos, en el cual, un regulador PID también incluye la acción derivativa, en la que se tiene en cuenta además la velocidad con que se produce el cambio en la desviación del sistema. En la tabla Figura 1.11 Observaremos un resumen de los diferentes reguladores y sus características.

Resumen



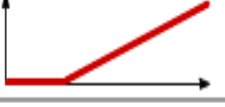

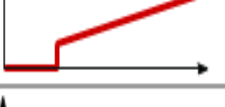


Tipo de regulador:	Comportamiento:	Características:
		
Regulador P		Para unos mínimos requerimientos de la variable de consigna. Tiene una rápida función de regulación en bucle cerrado, pero no es capaz de compensar completamente una desviación del sistema.
Regulador I		Tiene una rápida función de regulación en lazo cerrado y la desviación del sistema puede ser compensada completamente. Sin embargo, con grandes cambios en las variables perturbadoras, el regulador integral tiende a un ajuste alisado.
Regulador D		Reacciona solamente ante los cambios en la desviación del sistema; no se utiliza aisladamente.
Regulador PI		Los reguladores proporcionales a menudo están provistos de una pequeña parte de acción integral, con lo que la desviación del sistema puede compensarse completamente. Esta es una combinación utilizada corrientemente.
Regulador PD		Una combinación raramente utilizada, que es adecuada para utilizar en sistemas de regulación en lazo cerrado, en donde es esencial una rápida reacción ante grandes cambios de la variable perturbadora.
Regulador PID		Se utiliza si un sistema de regulación en lazo cerrado debe cumplir grandes requerimientos. La acción proporcional realiza una eficiente regulación en lazo cerrado, la acción integral asegura una elevada precisión y la acción derivativa aumenta la velocidad de la regulación.

Figura 1.11 Tabla de características de los reguladores PID

CAPITULO I

En la figura 1.12 se muestra el comportamiento para un sistema mixto, en el cual observamos como se realiza una sobre posición de acciones en una misma respuesta.

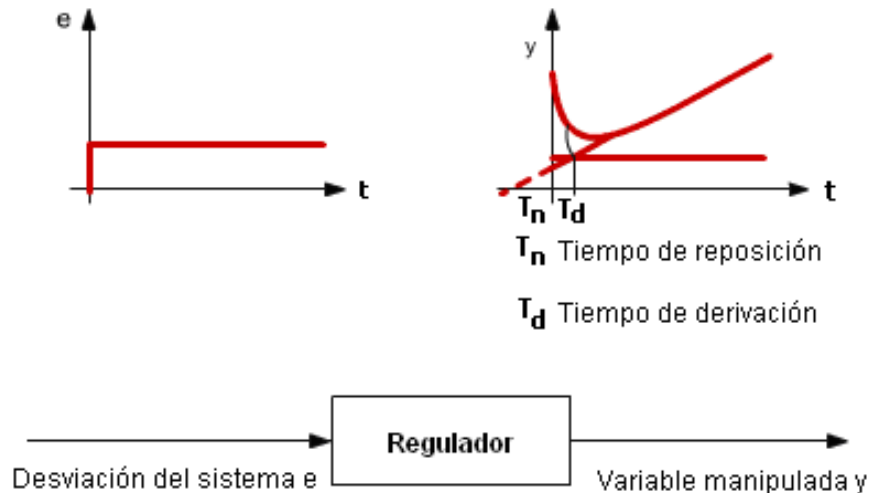


Figura 1.12 Acción de control Mixto

Para calcular la variable de corrección de un sistema de regulación en lazo cerrado PID, puede emplearse la siguiente ecuación:

$$y = K_p \cdot (w-x) + K_i \int (w-x) dt + K_d \frac{d}{dt} (w-x)$$

$$y = K_p \cdot e + K_i \int e dt + K_d \frac{d}{dt} e$$

1.6 Implementación de la sintonización en un PLC siemens.

La sintonización consiste en encontrar el mejor conjunto de valores de los parámetros del controlador (K_p, T_n, T_d), para obtener una respuesta deseada y satisfactoria del sistema.

El tiempo de acción derivativa y el tiempo de acción integral son gobernados por la misma fórmula que la de los reguladores PI y PD

$$T_d = \frac{K_d}{K_p} \quad ; \quad T_n = \frac{K_p}{K_i}$$

CAPITULO I

Plantearemos 2 métodos estándar para la sintonización de dichos sistemas que se emplean a menudo en la práctica:

- ◆ Zieglers & Nichols
- ◆ Chien, Hrones y reswick

1.6.1 Método de Zieglers & Nichols

Existen dos formas de ajustar reguladores utilizando el método de Ziegler-Nichols:

- a) Verificación de la oscilación utilizando un regulador P
- b) Determinación de las variables características y constantes de tiempo a partir de la respuesta del sistema regulado a un escalón.

Con la primera alternativa, la ganancia de un regulador P se incrementa hasta que el lazo cerrado de regulación oscila. Este ajuste crítico de la regulación se designa como **K_{Rcrit}**. También se mide la duración periódica **T_{crit}** de la oscilación. Estas dos variables características pueden utilizarse posteriormente para calcular los ajustes de ganancia del regulador para la optimización de los reguladores P,PI,PID, según la tabla de la figura 1.13.

Para condición a)

Regulador	K_R	T_n	T_d
P	$0.5 K_{R \text{ crit}}$	-	-
PI	$0.45 K_{R \text{ crit}}$	$0.83 T_{\text{crit}}$	-
PID	$0.6 K_{R \text{ crit}}$	$0.5 T_{\text{crit}}$	$0.125 T_{\text{crit}}$

Para condición b)

Regulador	K_R	T_n	T_d
P	$\frac{T_s}{K_s T_t}$	-	-
PI	$0.9 \frac{T_s}{K_s T_t}$	$3.3 T_t$	-
PID	$1.2 \frac{T_s}{K_s T_t}$	$2 T_t$	$0.5 T_t$

Figura 1.13 Tabla para ajuste del regulador utilizando Ziegler-Nichols

CAPITULO I

Si el bucle de regulación no puede hacerse oscilar, entonces debe trazarse primero la respuesta del sistema regulado a un escalón (figura 1.14). La respuesta a un escalón puede utilizarse para leer las variables características de tiempo muerto T_t , constante de tiempo T_s y ganancia del sistema regulado K_s . Los parámetros de la regulación se calculan a partir de estos valores utilizando los valores de la tabla 1.13

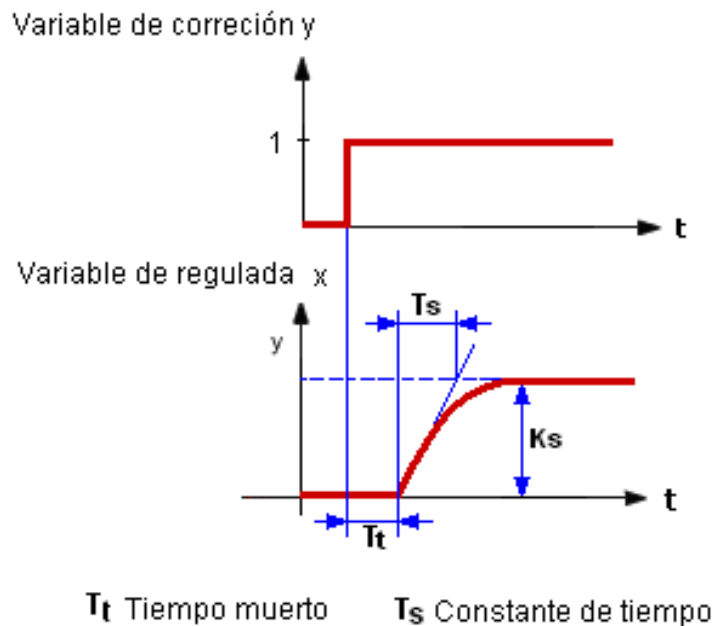


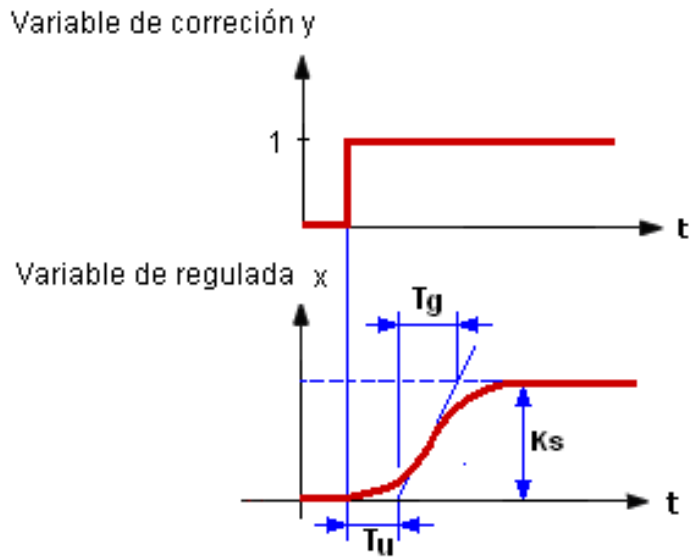
Figura 1.14 características del sistema regulado por Ziegler-Nichols

1.6.2 Método de Chien, Hrones y Reswick

El método de Chien, Hrones y Reswick solamente es adecuado para sistemas regulados compensados. Para ajustar el regulador deben seguirse los siguientes pasos:

- ◆ Primero, se mide la respuesta a un escalón de sistema regulado.
- ◆ El tiempo de respuesta T_u y el tiempo de compensación T_g se determinan a partir de esta respuesta a un escalón, de acuerdo a la figura 1.15

Si se cumple lo siguiente $\frac{T_g}{T_u} > 3$, pueden ajustarse los parámetros de optimización de un regulador PID según la tabla de la figura 1.16



T_g Tiempo de compensación T_u Tiempo de respuesta

Figura 1.15 Tiempo de retraso T_u y tiempo de compensación T_g .

Regulador		Una curva de regulación periódica		Curva de control con 20% de desbordamiento	
		Variable perturbadora	Variable de referencia	Variable perturbadora	Variable de referencia
P	K_R	$0.3 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.3 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.7 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.7 \frac{T_g}{T_u K_s}$
PI	K_R	$0.6 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.35 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.7 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.6 \frac{T_g}{T_u K_s}$
	T_n	$4 T_u$	$1.2 T_g$	$2.3 T_u$	T_g
PID	K_R	$0.95 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.6 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$1.2 \frac{T_g}{T_u K_s}$	$0.95 \frac{T_g}{T_u K_s}$
	T_n	$2.4 T_u$	T_g	$2 T_u$	$1.35 T_g$
	T_d	$0.42 T_u$	$0.5 T_u$	$0.43 T_u$	$0.47 T_u$

Figura 1.16 Tabla: Ajuste del regulador utilizando los métodos de Chien, Hrones y Reswick

A continuación mostraremos algunas graficas para un sistema regulado en lazo cerrado servoneumático con diversos valores para el regulador.

CAPITULO I

En la figura 1.17 encontramos la gráfica de un sistema regulado en control de lazo cerrado para un sistema servoneumático. En él podemos observar el comportamiento estable del eje neumático que va de una posición de 50 mm a 15 mm. Para los valores de ganancia de 1.0 y de amortiguación de 1,0

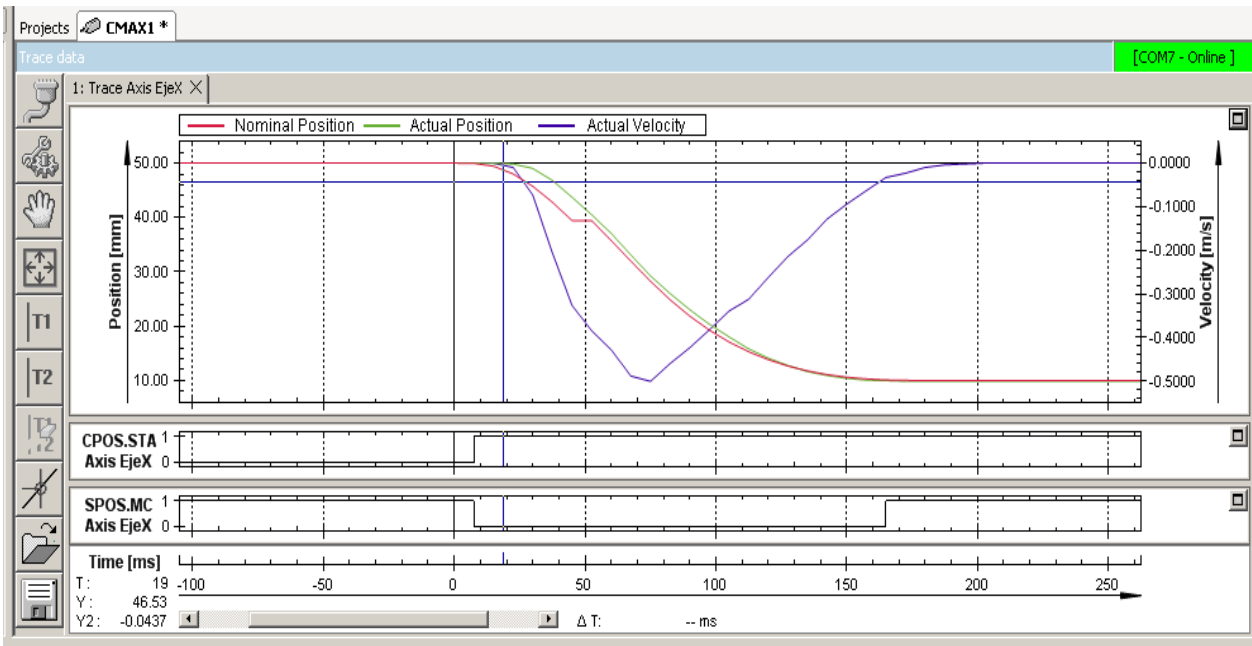


Figura 1.17. Gráfica de un sistema de lazo cerrado estable.

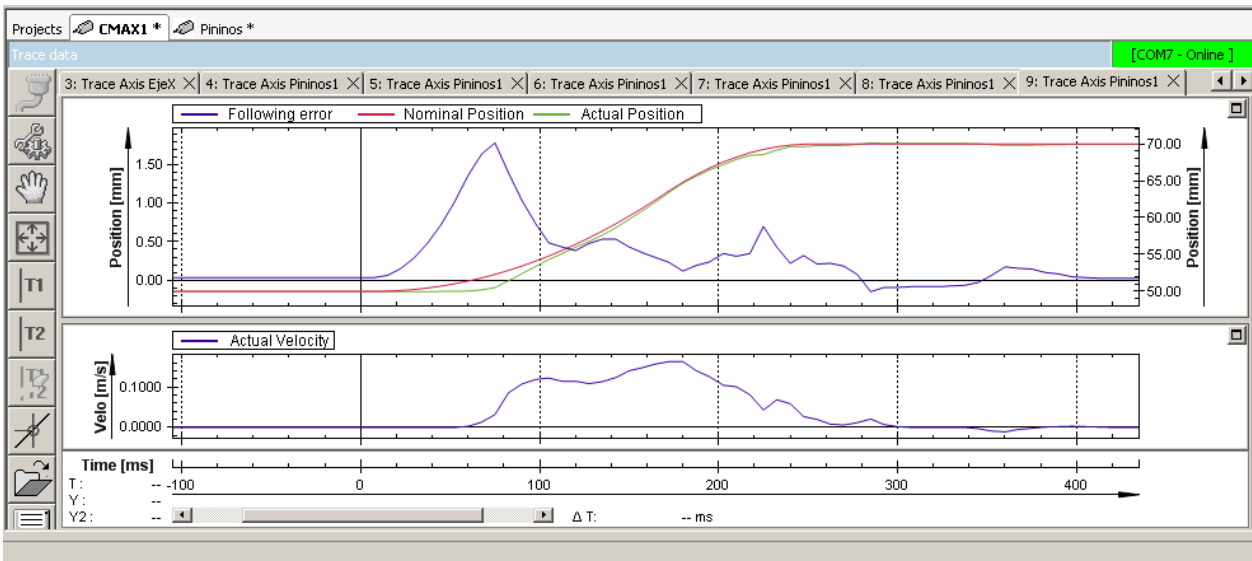


Figura 1.18 Gráfica de un sistema de lazo cerrado

CAPITULO I

En la figura 1.18 encontramos la gráfica de un sistema regulado en control de lazo cerrado. En él podemos observar el comportamiento inestable del eje neumático al inicio 50 mm y sobre todo al final del movimiento que va a una posición de 70 mm. Para los valores de ganancia de 10.0 y de amortiguación de 1,0

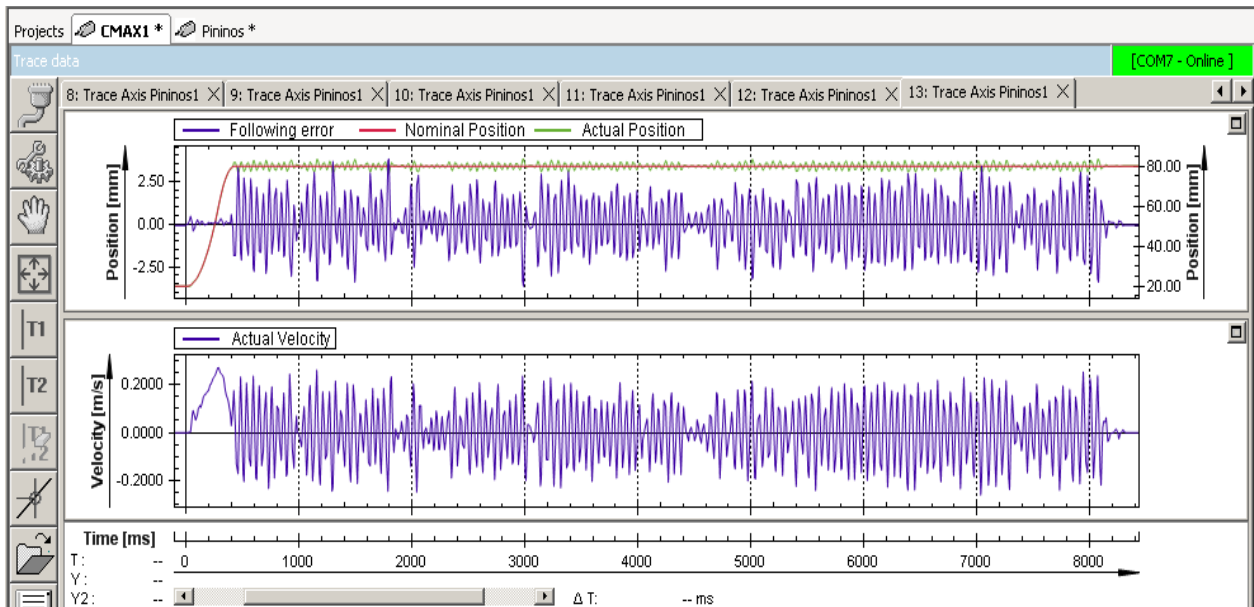


Figura 1.19 Gráfica de un sistema de lazo cerrado Inestable

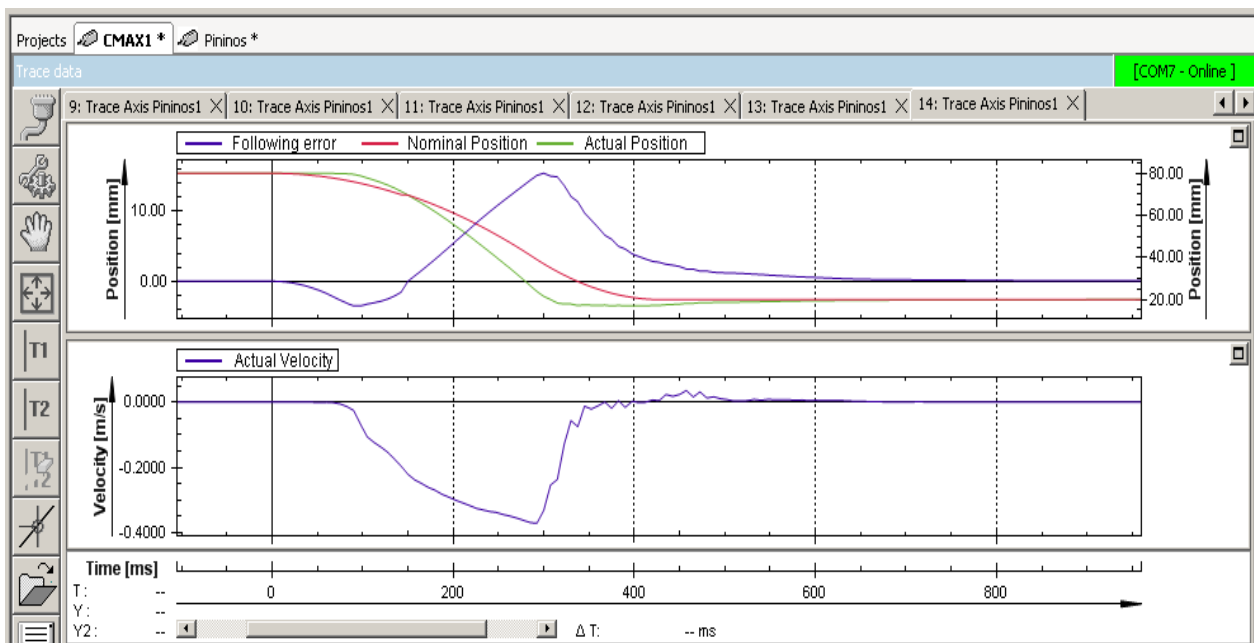


Figura 1.20 Gráfica de un sistema de lazo cerrado inestable

CAPITULO I

En la figura 1.19 encontramos la gráfica de un sistema regulado en control de lazo cerrado. En ella podemos observar el comportamiento muy inestable del eje neumático al final del movimiento y nunca alcanza la posición de 80 mm, debido a que está oscilando en dicho punto. Para los valores de ganancia de 10.0 y de amortiguación de 0.1

En la figura 1.20 encontramos la gráfica de un sistema regulado en control de lazo cerrado. En ella podemos observar el comportamiento del carro del eje neumático, en el cual al inicio de movimiento lo hace lentamente y comienza a frenar antes de alcanzar la posición final de 20 mm. Para los valores de ganancia de 0.5 y de amortiguación de 10

Finalmente la gráfica de la figura 1.21 nos muestra un comportamiento excelente para dicho sistema regulado para diversos movimientos del eje, muy bien sintonizado

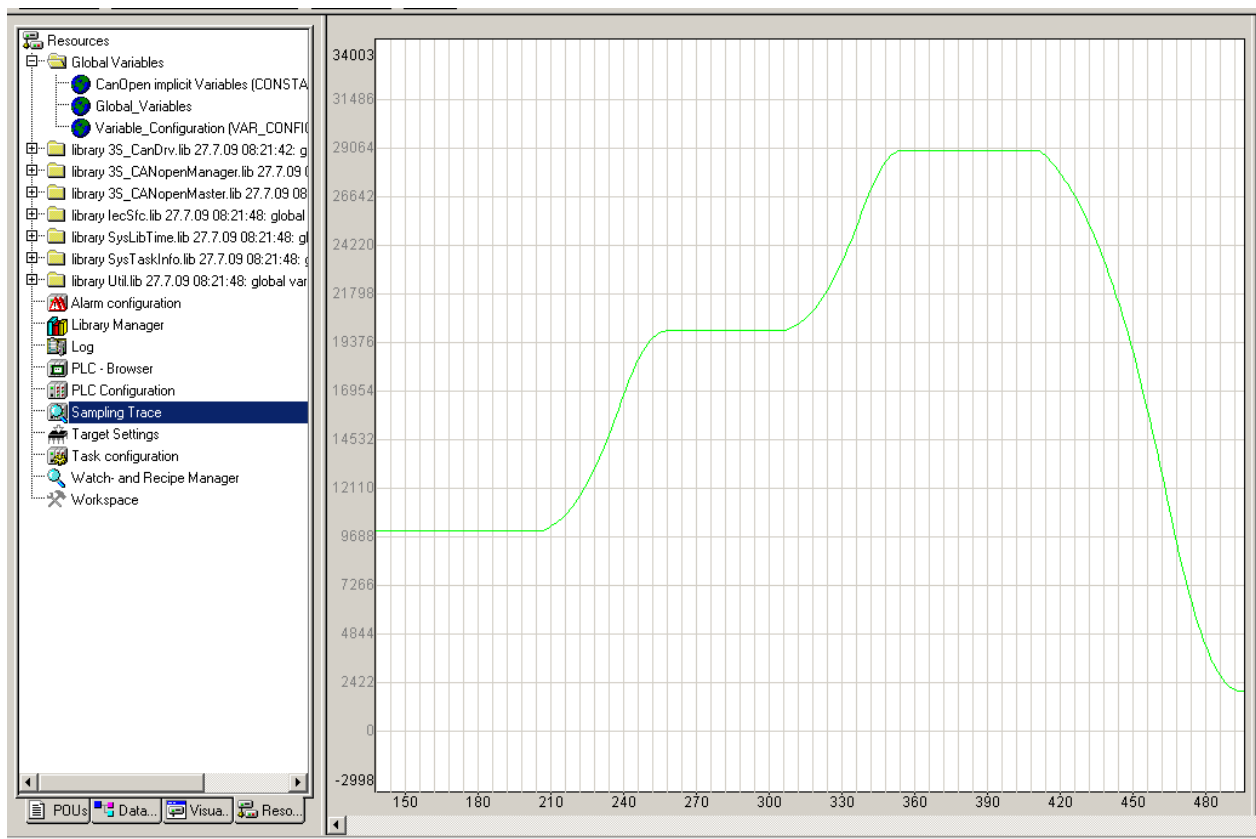


Figura 1.21 Gráfica de un sistema de lazo cerrado sintonizado

Sensores

2.1 Introducción

Dentro de la automatización, es indispensable disponer de información que nos indiquen el estado que guarda el proceso.

Los sensores son los elementos que efectúan el registro de una variable y en algunos casos el tratamiento de los datos del proceso, así como su transmisión hacia los controladores. Por lo tanto, es sumamente importante el conocer las magnitudes físicas que los preceden, como es registrada la información y de que forma son transmitidas.

En un sistema automatizado, los sensores envían la información a través de señales analógicas y digitales, en ocasiones se hace necesaria la “conversión” de una forma de señal en otra, o sea analógico/digital (A/D) o digital/analógico (D/A) debido a la utilización de reguladores digitales.

Mencionaremos los sensores más comunes en diversas aplicaciones industriales, así como sus características más importantes.

2.2 Cadena de medición

En un proceso técnico, al regularse automáticamente, el controlador tiene que recibir información sobre las magnitudes del proceso.

Las magnitudes del estado de un proceso, son variables físicas como la temperatura, presión, fuerza, longitud, ángulo de giro, caudal, velocidad, etc. Para la mayor parte de estas magnitudes físicas existen sensores (captadores) que reaccionan sensiblemente a cada una de estas magnitudes, transmitiendo las correspondientes señales.

Pero, los sensores solos, no constituyen el medio de adquisición de datos de medición. En la Figura 2.1 ilustra el entorno inmediato de un sensor en forma de cadena de medición. Esta incluye el acoplamiento del sensor al proceso (1), el sensor en sí (2), el circuito de evaluación

CAPITULO II

de la señal (3), la alimentación de energía auxiliar (6), la amplificación de la señal (4) y el registro de la señal (5)

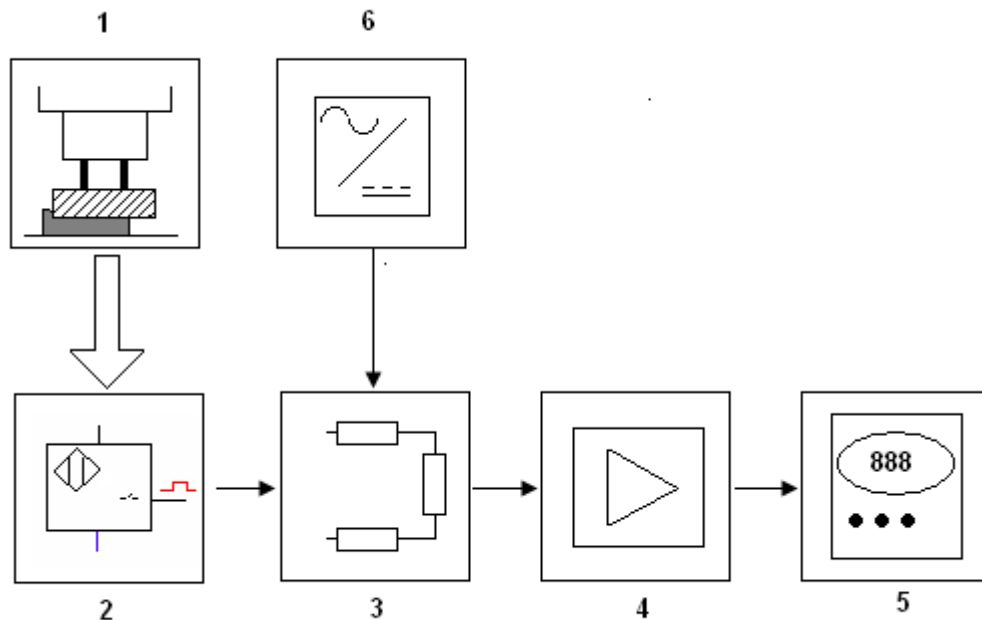


Figura 2.1 Cadena de medición

1) La automatización de complejos sistemas de producción, necesita la utilización de componentes capaces de adquirir y transmitir información relacionada con el proceso de producción. Los sensores cumplen con estos requisitos, y por eso se les emplea en diferentes áreas, tales como La tecnología de medición (Instrumentación), Sistemas de Control en lazo abierto, sistemas de Control en lazo cerrado y proporcionan información al control en forma de variables individuales del proceso.

Por tal motivo es de suma importancia seleccionar el sensor más adecuado al proceso tomando en cuenta entre otros criterios:

- ◆ Precisión
- ◆ Fiabilidad y robustez
- ◆ Velocidad de reacción
- ◆ Sensibilidad de reacción
- ◆ Número de maniobras por unidad de tiempo
- ◆ Resolución

CAPITULO II

Su adecuada selección se traduce en los siguientes beneficios dentro de un proceso o automatismo:

- ◆ En la calidad del producto
- ◆ En la eliminación de tiempos muertos
- ◆ En la eliminación de gastos innecesarios
- ◆ Gran durabilidad
- ◆ Autodiagnóstico
- ◆ Seguridad de funcionamiento
- ◆ Espacios reducidos
- ◆ Facilidad de montaje y ajuste
- ◆ Rapidez de respuesta.

2) El sensor en si, es un convertidor técnico, que transforma una variable física (por ejemplo: temperatura, distancia, presión) en otra variable de diferente naturaleza, más fácil de evaluar por el sistema de control o procesador, indicando que el ciclo transcurre tal y como se ha previsto, o por el contrario no es lo esperado; es decir, de una forma u otra nos marcan la secuencia de nuestro proceso.

Con el avance de la tecnología, dichos elementos poseen diseños más eficientes y sofisticados que hacen preciso no solo su conocimiento sino además del funcionamiento, su desarrollo y las ventajas que se obtienen de ellos. En la sección 2.4 se detallaran los diferentes tipos de sensores mas comúnmente utilizados.

3) En esta parte de la cadena de medición, el circuito de medición de la señal, es una parte de un sensor ó de un sistema sensor que registra una variable medida, pero que no permite una utilización independiente, dado que se precisa un procesamiento de la señal y un pre-montaje constituida por los componentes eléctricos y electrónicos que nos ayudan entre otras cosas a * compensar los efectos de interferencia en la medición de la señal. (*Reducir la incertidumbre en la medida)

Así por ejemplo, la ilustración 2.1 muestra un puente de medida de Wheastone (3) en forma de un cuarto de puente, es decir, solamente una de las cuatro resistencias es un sensor. Recordemos, en el circuito de semi-puente, dos resistencias son sensores y en el circuito de

CAPITULO II

punto completo, las cuatro resistencias son sensores. La utilización de varios sensores en un circuito en puente significa que pueden compensarse los efectos de interferencia en la señal.

4) Amplificación: Los dispositivos de medición, generalmente emiten señales que se encuentran en un campo de valores demasiado pequeño (milivolts) para el instrumento que debe evaluarla. En estos casos debe amplificarse la señal; siendo sumamente importante que sea amplificada en forma natural, es decir que no se falsifique o distorsione la señal. El amplificador no puede amplificar la señal más allá de sus límites de funcionamiento tal como está determinado por su tensión de alimentación. Por lo tanto, en dispositivos con una amplificación muy alta, estos deberán ser por etapas sin olvidar que en cada etapa de amplificación deberá ajustarse a cero.

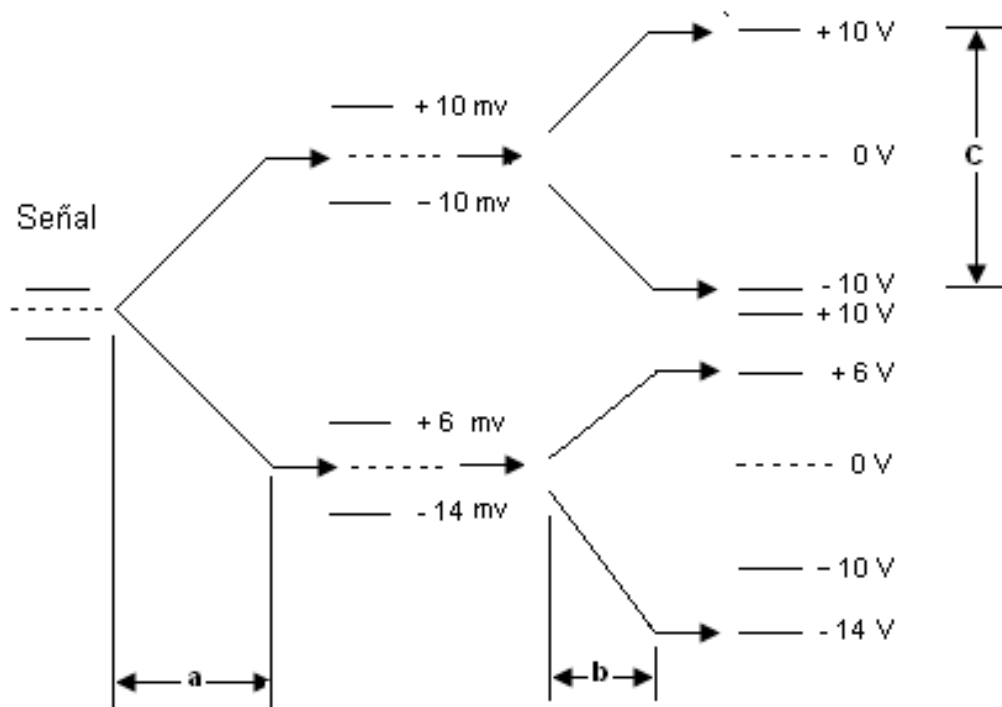


Figura 2.2: correlación ajuste a cero(a), la amplificación (b) y el límite de Funcionamiento (c).

CAPITULO II

Es importante recalcar que los equipos de medición frecuentemente suministran señales que no son lineales y por otro lado, a menudo el sistema evaluador requiere una señal lineal. Por ello, debemos identificar correctamente si existe una correlación lineal entre el valor físico x y la señal eléctrica y del sensor.

$$y = k \cdot x \quad \text{donde: (k es el factor de sensibilidad del sensor)}$$

Sin embargo, la relación es a menudo mucho más complicada que en ejemplo anterior, por lo cual para obtener el resultado que pueda evaluarse fácilmente, se instalan circuitos de linealización en el procesamiento de las señales, que compensen la no-linealidad de la señal del sensor.

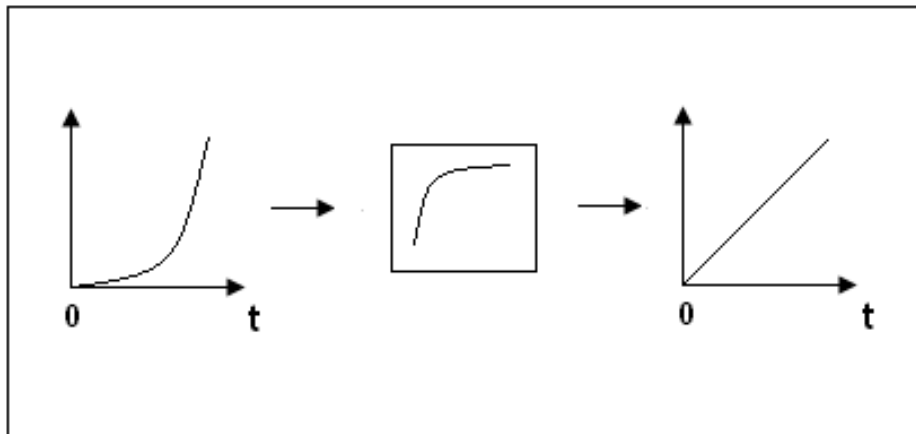


Figura 2.3 Linealidad

En los sistemas automatizados recientes, las señales de los sensores se miden lo más directamente posible y su linealización se lleva a cabo en la computadora, logrando una mayor precisión.

5) Registro de la señal. En general, los parámetros que caracterizan un fenómeno pueden clasificarse en Analógicos y Digitales.

Se dice que un parámetro es analógico cuando puede tomar todos los valores posibles en forma continua, por ejemplo: la tensión de una batería, la intensidad de luz, la velocidad de un vehículo, etc. En la Figura 2.4 está representada la señal típica analógica.

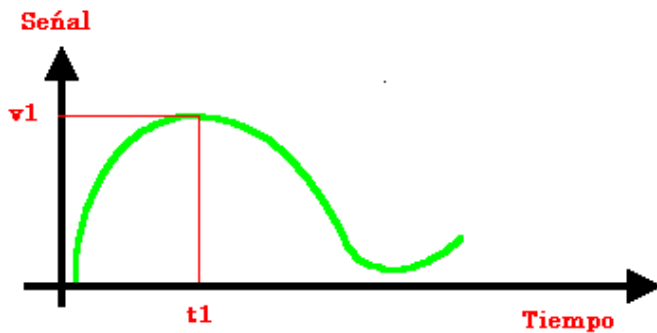


Figura 2.4 Señal Analógica Digital

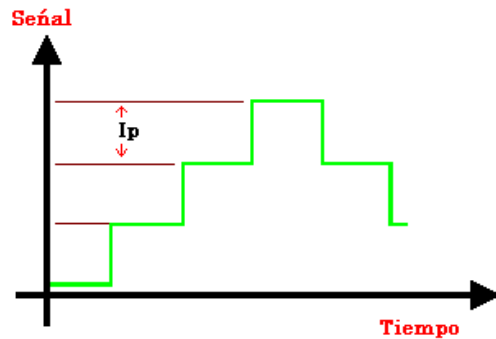


Figura 2.5 Señal

Se dice que un parámetro es digital cuando solo puede tomar valores cuyo parámetro de información I_p tiene una cantidad ilimitada de márgenes de valores; Correspondiendo la totalidad de cada margen de valores a una información determinada (Discretos), por ejemplo: el número de moléculas, un volumen dado en cierto material, el número de revoluciones de un motor en un minuto, etc. Figura 2.5 está representada la señal típica digital.

En aplicaciones industriales, utilizamos los controladores electrónicos, quienes son los encargados de recibir y procesar la información en sistemas digitales captadas por los sensores. Es decir, debe ser convertida a un valor numérico digital que generalmente se codifica tomando como base de numeración el sistema binario, debido a que los controladores procesan señales de tipo binaria.

Las señales de tipo binaria, Son una señal digital de un Parámetro relacionado Solamente a dos márgenes de Valores 0 o 1 lógico, SI-NO, apagado – encendido. Figura 2.6

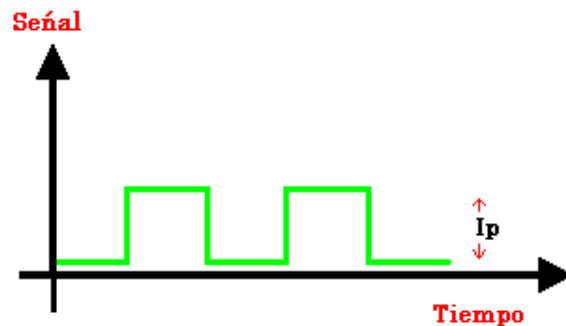


Figura 2.6

CAPITULO II

Por medio de una señal bivalente puede dividirse un campo de medida en dos intervalos iguales, por ejemplo, un rango analógico de voltaje de 0 – 100 V quedaría expresado de la siguiente forma:

Rango de Voltaje		Señal lógica
0 – 49 V	→	0
50 – 100 V	→	1

De esta forma, obtenemos una resolución muy baja en el voltaje. Si se aplican dos señales bivalentes se consigue la siguiente resolución:

Rango de Voltaje		Señal 1	Señal 2
0 – 24 V	→	0	0
25 – 49 V	→	0	1
50 – 74 V	→	1	0
75 – 100 V	→	1	1

La resolución es el doble, por tanto la resolución depende del número de señales bivalentes de acuerdo con la siguiente regla:

Número de combinaciones = 2^n , (n es el número de señales binarias). Por medio de dos señales binarias es posible dividir una señal analógica en 4 intervalos. Ocho señales binarias permiten una división en 256 señales. Con un campo analógico de valores de 0 100 V resulta el intervalo más pequeño de $100/256 = 0.39$ V. A la unidad más pequeña de información es representada por medio de una señal binaria y se denomina Bit.

Si se transmite una información con ocho señales binarias, hablamos de una representación de la información en ocho bits y una combinación de bits también es denominada palabra. Una Palabra de 8 bits exige, en consecuencia, ocho líneas de señal para su transmisión.

Existen circuitos electrónicos que son alimentados en su entrada con un valor analógico de tensión, y para ser interpretados

CAPITULO II

adecuadamente requieren estar en una combinación de bits equivalente al valor de entrada, para esto, se dispone de elementos convertidores analógico a digital, que cubren una amplia gama de velocidades y precisiones, que en consecuencia, hacen variar la complejidad técnica del convertidor.

2.3 Señales de salida típicas de los sensores

En sistemas automatizados, podemos hablar de señales de salida por Voltaje y/o por Intensidad de Corriente.

En la primera, la señal de salida de un transductor es frecuentemente transformada a un margen de valores estandarizado:

Para señales bipolares, como, presión y vacío	-10 V..... +10 V
Para señales unipolares, como, peso	0 V.... +10 V

Con estas señales estándar, logramos conjuntar sensores de diferentes fabricantes que van a los circuitos de entrada estandarizada para la subsecuente tecnología de procesamiento o controlador.

Con respecto a las segundas, podemos tener líneas de cables de gran longitud que actúan como antenas de interferencias; para minimizar los efectos de tales interferencias, los amplificadores de medida generalmente tienen una salida por intensidad. Cuando se transmite una señal por intensidad de corriente, el receptor, (puede ser p.ej. un convertidor AD) tiene una resistencia de entrada muy baja, prácticamente 0Ω . Las tensiones de interferencia son cortocircuitadas (eliminadas) a través de estas pequeñas resistencias internas. Sin embargo, el cortocircuito no se aplica a la señal de salida; ésta es generada a través de una fuente de corriente constante, generalmente en el rango de 0 a 20 mA.

En resumen, las salidas típicas de los sensores las podemos tener clasificadas de la siguiente forma:

Tipo A:

CAPITULO II

Sensores con señal de salida por interrupción (señal de salida binaria).

Ejemplos:

- Sensores de proximidad
- Presostatos
- Sensores de nivel
- Sensores bimetálicos

Por norma, estos sensores pueden conectarse directamente a los Controladores Electrónicos, debido a similitud de sus características con las de los Controles Lógicos programables.

Tipo B:

Dichos sensores, se caracterizan por entregar a la salida información por trenes de pulsos.

Ejemplos:

- Sensores incrementales de longitud y
- Rotativos

Generalmente se debe disponer de interfaces compatibles para los controladores electrónicos, siempre y cuando dispongan de contadores de hardware y software con posibilidad de una mayor longitud de palabra.

Tipo C:

Componentes de sensores con salida analógica y sin amplificador integrado, ni conversión electrónica.

Ejemplos:

- Componentes de sensores piezorresistivos ó piezoeléctricos
- Células termoeléctricas ó Pt-100
- Magnetorresistores y componentes de sensores de efecto Hall
- Sondas de medida de conductividad y PH.
- Potenciómetros lineales.

Dichos elementos proporcionan una señal de salida analógica muy débil, no apta para una evaluación inmediata y que requiere de

CAPITULO II

circuitería adicional que permita la correcta interpretación de la información.

Tipo D:

Este tipo de sensores con salidas analógicas y conversión electrónica integrados, que proporcionan señales de salida que pueden evaluarse inmediatamente.

Entre las formas más utilizadas tenemos:

0 V 10 V		020 mA
-5 V ... + 5 V		-10 +10 V
1 V5 V		4.....20 m A

Tipo E:

Sensores y sistemas de sensores con señal de salida estandarizada, por ejemplo:

- RS 232-C
- RS 422-A
- RS 485 ó
- con interfaz al bus de campo (PROFIBUS, INTERBUS, ASi, DEVICENET, etc.)

2.4 Sensores de proximidad

Los sensores, en términos generales podemos decir que su clasificación corresponde de forma semejante a las diferentes señales que tenemos, siendo los accionados sin contacto físico los que se emplean más frecuentemente. Dichos elementos están formados de una parte sensora y de otra que procesa las señales. Si la parte procesadora emplea señales binarias, entonces se trata de detectores de proximidad.

Los sensores de proximidad electrónicos, funcionan sin contacto directo conmutando por aproximación de la pieza a detectar, sin desgaste de contactos, sin fuerza de accionamiento, sin efecto retroactivo, sin rebote y silenciosamente. Los tipos de sensores más comúnmente utilizados en la industria se encuentran los siguientes:

Los sensores de proximidad inductivos y capacitivos están basados en el uso de osciladores, siendo su amplitud de oscilación afectada por la aproximación de un objeto.

Para generar la señal sinusoidal, se utilizan osciladores LC (consiste en una bobina y un condensador), osciladores de cuarzo y osciladores RC (consiste en una resistencia, un condensador y un amplificador, es decir, osciladores de puente de Viena).

2.4.1 Sensores inductivos

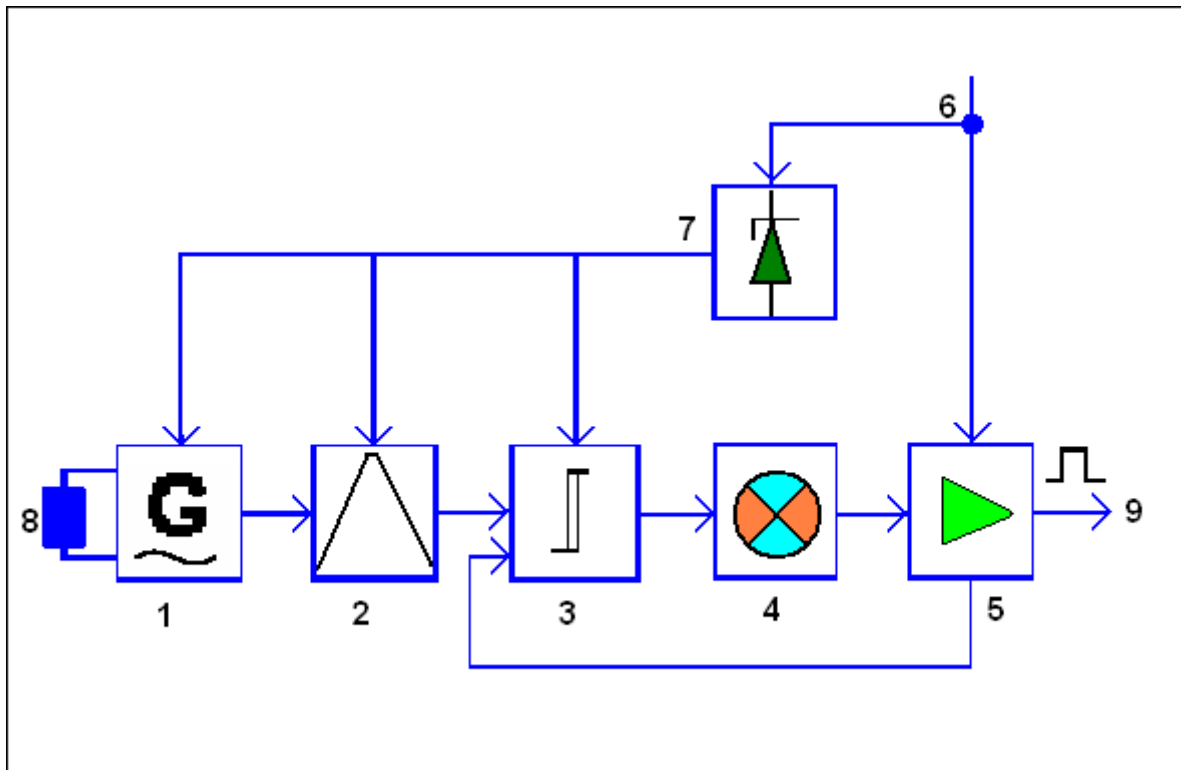
Los sensores inductivos contienen un circuito oscilador, el cual se compone de un circuito de resonancia LC, en paralelo con una inductancia, un rectificador demodulador así como de un amplificador biestable y una etapa de salida. El oscilador LC genera un campo alternativo de alta frecuencia electromagnética (campo HF), y por medio de un revestimiento de ferrita en el centro de la inductancia (bobina), el campo electromagnético se dirige al exterior. Este oscilador, por norma, trabaja en un rango de frecuencia de que se halla en la zona de 300 a 800 KHz.

Si un material conductor se introduce dentro del campo de dispersión magnético entonces, de acuerdo a las leyes de la inductancia se crean corrientes de Foucault (corrientes parasitas) con una oscilación atenuada. Dependiendo de la conductividad, las dimensiones y la distancia del objeto que se aproxima, el oscilador puede atenuarse a tal grado que la oscilación se detiene. La atenuación del oscilador se evalúa por medio de subsecuentes dispositivos electrónicos y se emite una señal en una etapa de disparo

Los componentes del sensor los podemos apreciar en la Figura 2.7

Un sensor de proximidad inductivo funciona con un bajo consumo de corriente, de algunos microwatios, lo cual tiene varias ventajas:

- ◆ No hay efecto magnetizante significativo
- ◆ En el campo HF no causa interferencia alguna
- ◆ No aumenta la temperatura en el objeto a detectar.



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 Oscilador | 6 Tensión externa |
| 2 Demodulador | 7 Alimentación interna constante |
| 3 Etapa de disparo | 8 Zona activa (bobina) |
| 4 Led de estado de activación | 9 Salida del sensor |
| 5 Etapa de salida con protección | |

Figura 2.7 Diagrama de bloques de un sensor de proximidad inductivo

Las características que podemos resaltar de éste tipo de sensor son:

- ◆ Operado por campo magnético Propio.
- ◆ Sólo Detecta Metales
- ◆ Corrientes Aproximadas: 75 mA a 400 mA.
- ◆ Frecuencia de conmutación: 10 ... 5000 Hz
- ◆ Tiempo de vida Largo
- ◆ Distancia de conmutación: depende del diámetro del sensor y del material a detectar. Menos de 8 mm.

2.4.2 Sensores Capacitivos.

El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad capacitivo, está basado en la medición de los cambios de capacitancia eléctrica de

CAPITULO II

un condensador en un circuito de resonancia RC (compuesto de una resistencia R y una capacitancia C). Está formado por una resistencia óhmica, un circuito oscilante RC, un condensador y un circuito electrónico.

El circuito de resonancia RC es sintonizado de tal forma que el sensor en estado inactivo produzca un campo disperso frente a su superficie activa.

Se crea un campo electrostático disperso, entre el electrodo activo y el electrodo de tierra. El elemento activo de un sensor capacitivo es un condensador, el cual está hecho de electrodos metálicos en forma de discos y una pantalla metálica semiabierta en forma de vaso. Si un material conductor o no, se introduce dentro de la zona activa frente al sensor, la capacitancia del condensador aumenta detectando un objeto. Este cambio en la capacitancia depende esencialmente de los siguientes parámetros: la distancia entre el medio y la superficie activa, las dimensiones del medio y su constante dieléctrica.

En la Figura 2.8 se muestra en diagrama de bloques los componentes de un sensor capacitivo.

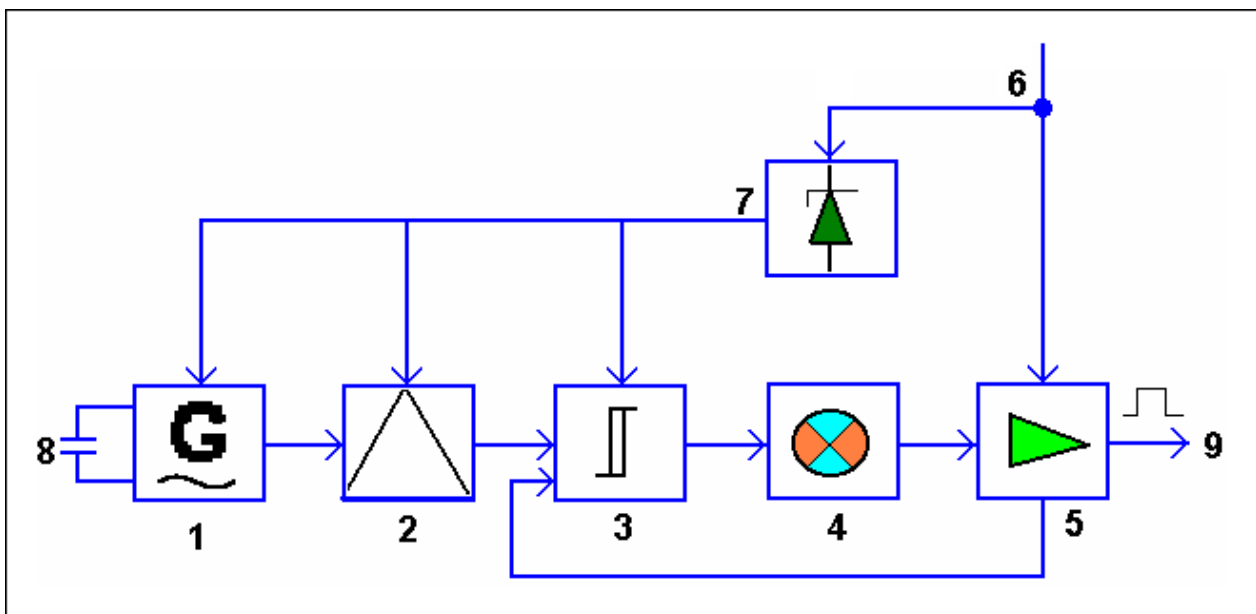


Figura 2.8 Diagrama de bloques de un sensor de proximidad capacitivo

CAPITULO II

La sensibilidad (distancia de detección) de la mayoría de sensores de proximidad capacitivos puede ajustarse por medio de un potenciómetro.

Las características que podemos resaltar de éste tipo de sensor son:

- ◆ Operado por Campo Eléctrico Propio.
- ◆ Detecta cualquier material cuya constante dieléctrica > 1 .
- ◆ Corrientes Aprox. 500 mA.
- ◆ Frecuencia de conmutación. Hasta 300 Hz.
- ◆ Tiempo de vida largo
- ◆ Distancia de conmutación: depende del diámetro del sensor y varía De 5 a 20 mm.

2.4.3 Sensores ópticos.

Los sensores ópticos se componen de dos partes principales, el emisor y receptor. Se utilizan diodos semiconductores como emisores de luz roja o infrarroja (LEDs). Son pequeños y robustos, tienen una larga vida útil y pueden modularse fácilmente. Los fotodiodos o fototransistores se emplean como elementos receptores del haz de luz emitida por el emisor.

La luz roja tiene la ventaja frente a la infrarroja de que es visible. Además pueden emplearse fácilmente cables de fibra óptica de polímero en la longitud de onda del rojo, dada su baja atenuación de la luz.

La luz infrarroja (invisible) es menos susceptible a las interferencias (luz ambiental) y se utiliza en los casos donde se requiera mayores prestaciones, tales como cubrir mayores distancias.

Independientemente del tipo de luz a emplearse en el sensor, la supresión adicional de las influencias de luz externas se alcanza por medio de la modulación de la señal óptica. El receptor (con excepción de los sensores de barrera) se sintoniza con los pulsos del emisor. Con los de barrera se emplea, para identificar el haz de luz, un pasabanda eléctrico en el receptor.

Se distinguen tres tipos de sensores ópticos:

- ◆ Sensores de reflexión directa
- ◆ Sensores de retroreflexión
- ◆ Sensores de barrera fotoeléctrica

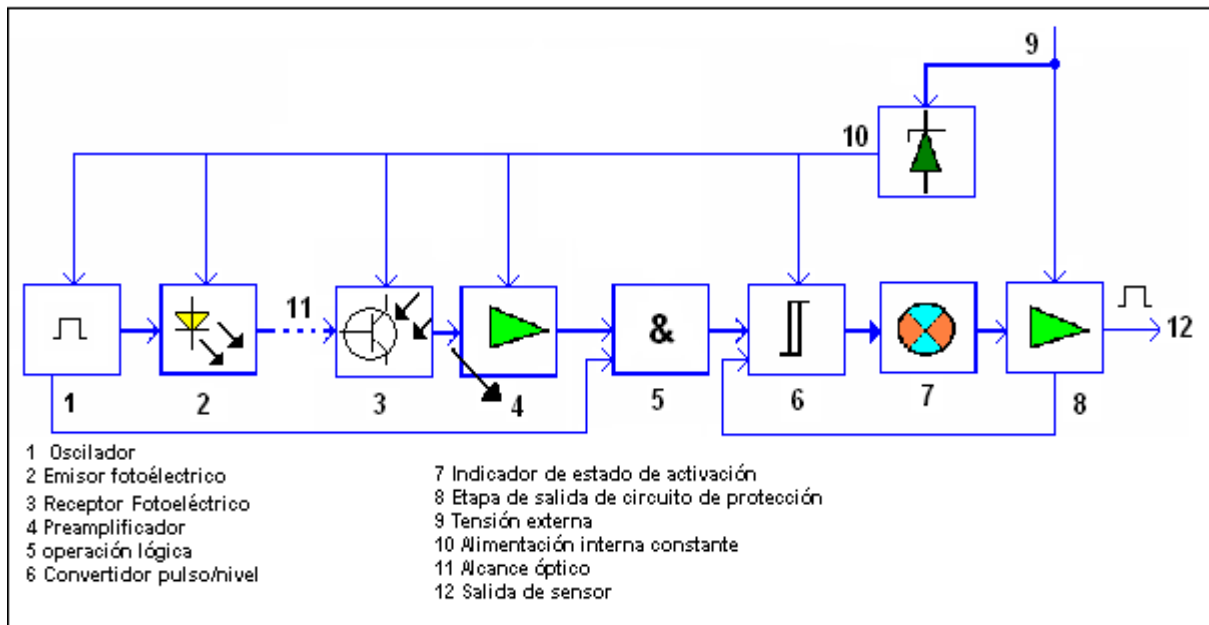


Figura 2. 9 Diagrama de bloques de un sensor de proximidad óptico

Sensores de reflexión directa

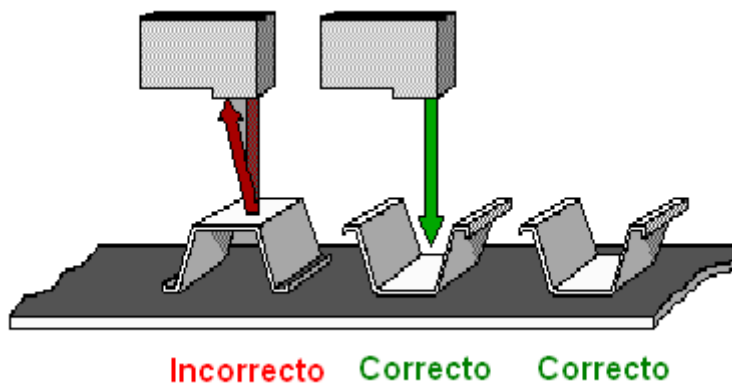


Figura 2.10 Sensor de reflexión directa

CAPITULO II

El sensor esta constituido por un diodo luminoso (emisor), un fototransistor o foto diodo de silicio (receptor), un elemento de sincronización y por un amplificador en el mismo cuerpo. El diodo, emite destellos de luz con longitud de onda alrededor de los 660 nm para luz roja, y 880 nm para luz infrarroja. Al producirse una reflexión de la luz al topar con un objeto, luz es captada por el fototransistor. El elemento de sincronización procesa la señal recibida y si corresponde al valor ajustado actúa sobre la salida a través del amplificador, de acuerdo a la figura 2.10.

Sensores de retroreflexión

Este sensor esta constituido de forma semejante que el reflex, con la diferencia básica a que el diodo emite la luz sobre un reflejante cubierto de prismas en su superficie y éste la regresa (reflexión) al receptor ubicado en el mismo cuerpo del sensor. Con este arreglo obtenemos una mayor distancia de detección que depende del área del reflejante, como se observa en la figura 2.11.

La detección la lleva a cabo cuando un objeto o pieza a detectar interrumpe la barrera de luz entre el sensor y el reflejante. Se puede aplicar para detectar objetos opacos, rugosos, translucidos o incluso transparentes, teniendo cuidado que la pieza no refleje la luz al receptor.

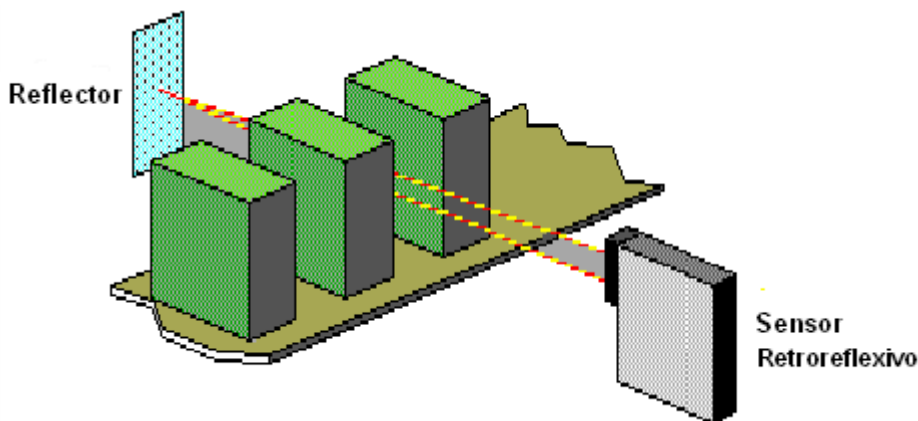


Figura 2.11 Sensor de retroreflexión

Sensores de barrera fotoeléctrica

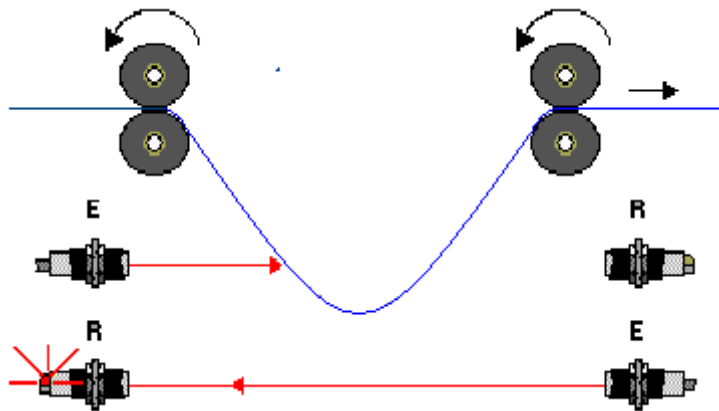


Figura 2.12 Sensor de barrera

En este arreglo de sensor óptico, el emisor y receptor se encuentran colocados en cuerpos separados, colocándolos uno frente al otro formando una línea de luz en un sentido, generando la detección del objeto o pieza al obstruir dicha barrera de luz, como observamos en la figura 2.12.

Cabe mencionar que la luz la podemos transmitir por medio de fibra óptica o polímeros a lugares de difícil acceso para el sensor.

2.4.4 Sensor Magnético Electrónico

Este tipo de sensor va montado sobre el cuerpo del actuador, indicando la posición del émbolo magnético. La detección del campo magnético se lleva a cabo a través del ajuste de un oscilador (circuito oscilador LC) el cual está integrado dentro del sensor. Conforme se aproxima el imán, se satura el centro de ferrita del oscilador de una alta frecuencia. Esto hace variar la corriente en el circuito del oscilador. El cambio de corriente se traduce en una señal de salida por medio de un circuito amplificador.

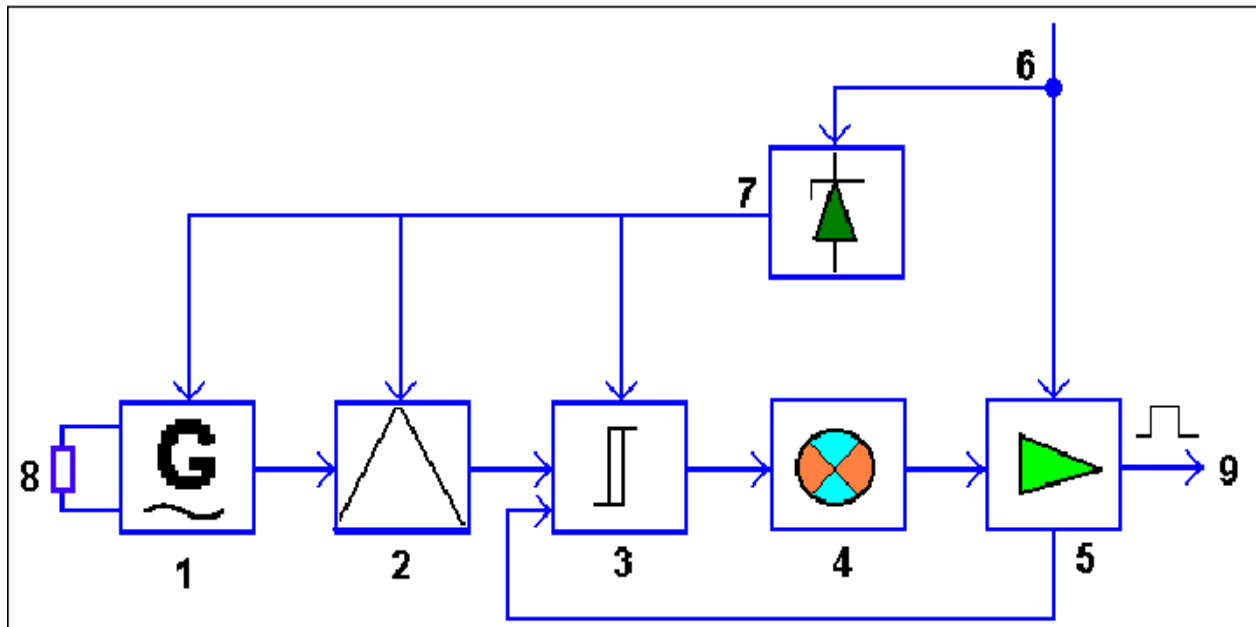


Figura 2.13 Sensor magnético

Las características que podemos resaltar de éste tipo de sensor son:

- ♦ Operado por campo magnético externo.
- ♦ Sólo reacciona ante campos magnéticos.
- ♦ Fácil montaje sobre el actuador.
- ♦ Corrientes pequeñas aproximadas: de 250 mA.
- ♦ Frecuencia de conmutación: 1000 Hz
- ♦ Protección contra cargas inductivas.

2.5 Salidas PNP O NPN

Se habla de electrónica cuando en un circuito se utilizan predominantemente elementos semiconductores, como por ejemplo transistores o circuitos integrados (IC). Los semiconductores son materiales cuya conductibilidad se encuentran entre los conductores y la de los dieléctricos, estando su estructura cristalina compuesta insignificadamente desarreglada, y dicha característica proporciona las propiedades deseadas al material.

Los sensores utilizan dichos materiales y elementos, con lo cual se distinguen dos ejecuciones a la salida. Los del tipo PNP (positivo-negativo-positivo) que entregan una salida positiva, y los del tipo NPN (negativo-positivo-negativo) que entregan una salida negativa.

En un sensor del tipo de salida PNP, la salida positiva se conecta a la carga (piloto, lámpara, relé) y se cierra el circuito conectando a tierra o a 0v. Observar la figura 2.14

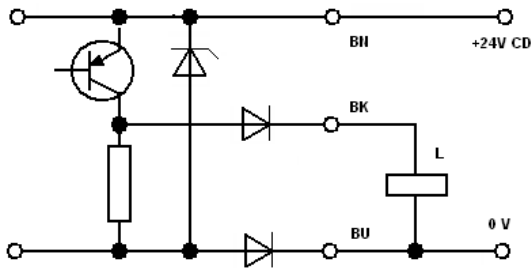


Figura 2.14 Salida PNP

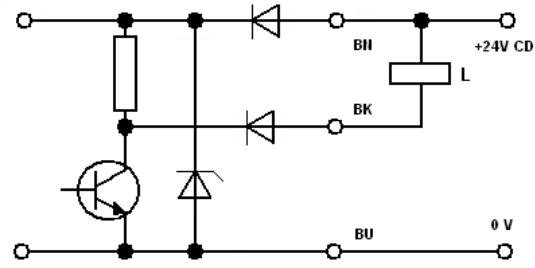


Figura 2.15 Salida NPN

En un sensor del tipo de salida NPN, la salida Negativa se conecta a la carga (piloto, lámpara, relé) y se cierra el circuito conectando a 24v o a alimentación. Como se observa en la figura 2.15

2.6 Estándares

Los sensores se fabrican, en función de la aplicación que van a realizar y para ello se basan en normas definidas para funcionamiento, tipo de sensor, terminales, código de colores, tipo de protección, etc. Para que su uso se pueda dar entre los diferentes sectores y fabricantes que intervienen en la automatización de los procesos industriales. Entre otros mencionaremos las siguientes:

EN 50 008	“Sensores de proximidad inductivos. Forma A para corriente continua de 3 o 4 terminales”
EN 50 032	“Sensores de proximidad inductivos. Definiciones, clasificación, Designación”.
EN 50 037	“Sensores de proximidad inductivos. Forma C para corriente alterna de 2 terminales”
DIN 40 050	“Clase de protección IP”
DIN IEC 757	“Código para la designación de colores”
DIN 44 030	“Barreras de luz y sensores”

CAPITULO II

Hablando para el caso de índice de protección, este es un estándar internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional 60529 que clasifica el nivel de protección que provee una aplicación eléctrica contra la intrusión de objetos sólidos o polvo, contactos accidentales o agua. El resultado es el índice de protección IP, de acuerdo a la norma CEI 60529. La clase de protección se indica por un símbolo, el cual está compuesto por el código de dos letras IP (Protección Internacional) y dos dígitos y/o una letra para el grado de protección.

Así por ejemplo: IP 67

El primer código (0-6) especifica el grado de protección contra contacto y penetración de cuerpos extraños, mientras que el segundo dígito (0-8) el grado de protección contra la penetración de agua. La clase de protección se indica en la caja y en la placa de características.

A continuación se muestran los estándares para la protección IP en el primer y segundo dígito en los sensores

Primer dígito	Indicación
0	“Ninguna protección contra la intromisión de objetos”.
1	“Alguna superficie grande del cuerpo, como espalda o mano, pero no protegido contra la conexión deliberada de alguna parte del cuerpo. Mayor a 50 mm”
2	“Dedos u objetos similares. Mayor a 12.5 mm”
3	“Herramientas, cables gruesos, etc. Mayor a 2.5 mm.”
4	“Mayoría de los cables, tornillería, etc. Mayor a 1 mm”
5	“La intrusión de polvo no está completamente garantizada, pero es bastante satisfactoria; protección completa de los contactos”
6	“Ninguna penetración de polvo; protección completa de los contactos. Polvo fino”

Segundo dígito	Indicación
0	“Sin protección”
1	“Goteo de agua (gotas verticales que caen)”
2	“El goteo vertical del agua no causara daños en el equipo cuando el ángulo que forman en menor a 15°

- 3 desde su posición normal ”
- 3 “Agua Rociada. Agua que cae en cualquier ángulo superior a 60° desde la vertical no causara daños”
- 4 “El agua chorreando hacia la protección del equipo desde cualquier dirección no tendrá efectos dañinos”
- 5 “El agua disparada por una boquilla hacia la protección del equipo desde cualquier dirección no tendrá efectos dañinos”
- 6 “El agua de mar/oleaje o disparada potentemente hacia la protección del equipo desde cualquier dirección no tendrá grandes efectos de daño cuantitativo”
- 7 “Inmersión a 1m. No tendrá grandes efectos de daño cuantitativo para el equipo su inmersión en agua en condiciones definidas de presión y tiempo ”
- 8 “Inmersión a más de 1 m. No habrá daños para el equipo derivados de su inmersión en agua en condiciones definidas por las especificaciones o del fabricante. Nota: normalmente esto no significa que el el equipo este aislado herméticamente, en algunos equipo el agua puede penetrar pero de una manera que no produce efectos perjudiciales”

Para la codificación por colores; éste estándar define los colores normalizados en ingeniería eléctrica para el conexionado del sensor.

Así por ejemplo:

Para sensores de proximidad que tengan tres o cuatro hilos, estos deben identificarse como observamos en la figura 2.16

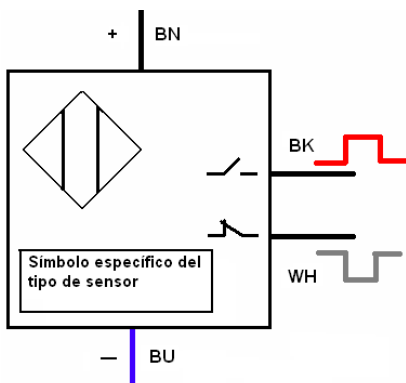


Figura 2.16 Símbolo Europeo del sensor

CAPITULO II

Alimentación:	Terminal positivo	Marrón (BN)
	Terminal negativo	Azul (BU)
Salida (carga):	Para tres hilos:	Negro (BK)
	Para cuatro hilos:	
	Normalmente abierto	Negro
	Normalmente cerrado	Blanco (WH)

ACTUADORES

3.1 Introducción

En un sistema automatizado, los actuadores son los encargados de realizar las acciones deseadas dentro de un proceso. Para ello se cuentan con diversos tipos de actuadores que emplean las diversas tecnologías de automatización respetando las propiedades de cada una de ellas.

En este capítulo mencionaremos tres diferentes tipos básicos de actuadores y que corresponden a las tecnologías de Neumática, Motores Eléctricos e hidráulica. Dichas tecnologías al poseer características propias bien definidas, resulta interesante conocer las ventajas y desventajas de una con respecto a las otras, para que en función de ello seleccionar la más adecuada al proceso que estemos analizando y sacar el mayor provecho de la misma y no sea parcialmente utilizada.

Recordemos que los actuadores tienen que “saber” en qué momento y/o con qué intensidad deben activarse al recibir las instrucciones enviadas por los mandos respectivos y que en muchos casos las señales deben tratarse o ser convertidas a una determinada forma para su comprensión y utilización. Para ello tomemos en cuenta que para algunas técnicas y aplicaciones debemos emplear **dispositivos de potencia y convertidores de potencia** para ser el enlace entre la fase de control y la parte propiamente dicha de potencia.

Podemos entonces hablar de que en sistemas automatizados tendremos una etapa de control y una etapa de potencia, siendo ésta donde se realiza el trabajo, la tarea de acuerdo con las señales enviadas por la etapa de control

3.2 Fundamentos y propiedades.

El aire es, en principio una mezcla gaseosa de oxígeno (20%), nitrógeno (78%) y diversos gases (2%), los cuales no son visibles o palpables, de ahí que el aire sea un gas incoloro, insípido e inodoro. Como en todos los gases, en el aire, la falta de cohesión es una característica importante en él, es decir la ausencia de una fuerza entre las moléculas en circunstancias normales. Derivado de lo anterior, el aire no tiene una forma determinada y toma la del recipiente que lo contiene o la del mismo ambiente. Esta propiedad importante en el aire se le conoce como **compresibilidad**, es decir puede comprimirse fácilmente con el cambio subsiguiente de su densidad y puede expandirse tanto como el medio externo lo permita.

La ley que rige estos fenómenos es la ley de Boyle-Mariotte:

A temperatura constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a las que se halla sometida. En otras palabras, para una determinada cantidad de gas, el producto de la presión absoluta (P) y del volumen (V) es un valor constante. Observar figura 3.1

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = \text{constante}$$

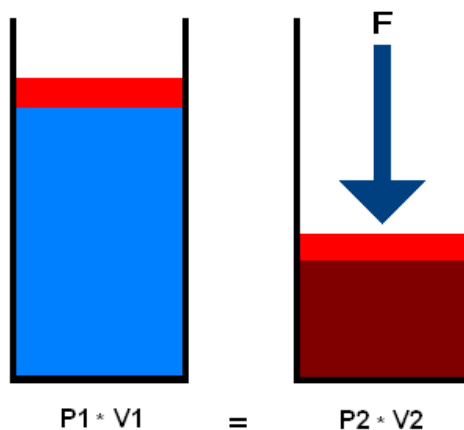


Figura 3.1 Ley de Boyle-Mariotte

Recordemos, que los gases modifican su volumen al modificarse su temperatura, como lo demuestra la ley de Gay – Lussac:

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2} = \text{constante}$$

Por lo anterior debemos tener cuidado en mantener temperaturas estables en el sistema, debido a que nos pueden modificar otras variables como la presión y con ella todo el funcionamiento del mismo.

» **Presión P**

Para la descripción de procesos en fluidos la **Presión** es una magnitud importante, en función de ella se definen parámetros como tamaño de actuadores, diámetro de tuberías, tamaño de mangueras, calibración de componentes y selección correcta de elementos auxiliares para su adecuado funcionamiento.

Si sobre una superficie actúa verticalmente una fuerza repartida sobre una superficie, el cociente de la fuerza F y de la superficie A se denomina presión P

$$P = F/A.$$

La unidad derivada para la presión es el Pascal (Pa)

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

En la práctica normalmente trabajamos con la unidad **bar** o **libras**

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \quad 1 \text{ bar} = 14.7 \text{ Lb/in}^2$$

» **Fuerza F**

Esta variable es importante debido a que a partir de ella se realizan los cálculos necesarios para determinar las dimensiones de los diferentes componentes y se define por tanto el tamaño de las diversas máquinas.

A partir de la 2da. Ley de Newton:

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \cdot \text{aceleración}$$

$$F = m \cdot a$$

Si se sustituye la aceleración general a por la aceleración de la gravedad g ($g=9.81 \text{ m/s}^2$) se obtiene:

$$\text{Fuerza por peso} = \text{masa} \cdot \text{aceleración gravedad}$$

$$F = m \cdot g$$

CAPITULO III

Para una masa de 1 Kg se obtiene una fuerza por peso de $F=1\text{kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2$.

La unidad de fuerza es el Newton

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/ s}^2$$

En la práctica resulta suficientemente exacto realizar los cálculos para una fuerza por peso de 1 kg con 10 N en lugar de 9.81 N.

» Hidrostática

En realidad, las leyes de la hidrostática sólo valen para los líquidos ideales, que deben considerarse como sin masa, libres de fricción e incompresibles. Curiosamente en algunos elementos hidráulicos las pérdidas que producen, hasta resulta ser una condición para su funcionamiento.

El fundamento de la hidrostática es la Ley de Pascal.

Si se ejerce una presión sobre un líquido encerrado en un recipiente, por medio de un émbolo por ejemplo, dicha presión se transmite íntegramente en todas direcciones, sobre las paredes del recipiente.

Fig. 3.2.Éste principio se conoce como **Principio de Pascal**.

En la figura 3.3, observamos el fenómeno de transmisión de fuerzas, si partimos del concepto básico, la presión es igual en todos los puntos:

$$P_1=P_2. \quad \text{Entonces,}$$

$$P=F_1/A_1 = F_2/A_2, \quad \text{en donde:}$$

P= Presión en **[Pa]**

F= Fuerza en **N**

A= Superficie del pistón en **m²**

En un sistema de este tipo la presión P siempre se rige por la fuerza F y por la superficie efectiva A, es decir la presión sigue aumentando hasta que pueda llegar a superar la resistencia que se opone al movimiento del líquido.

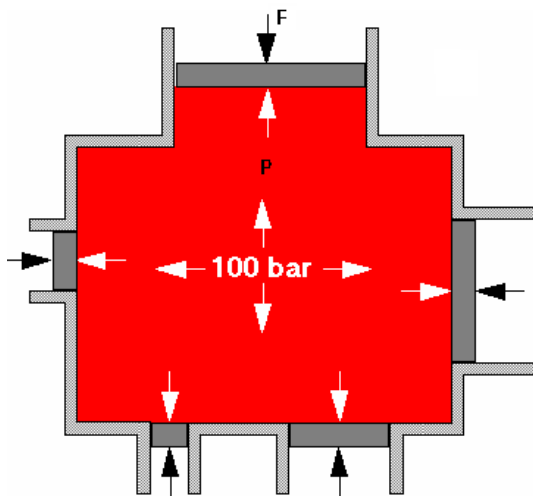


Figura 3.2 Principio de Pascal

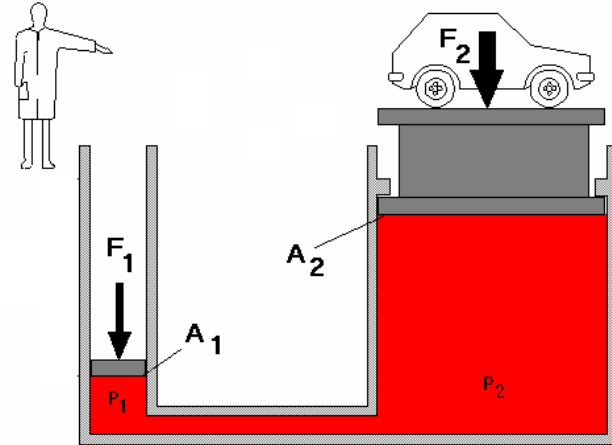


Figura 3.3 Transmisión de fuerzas

» **Hidrocínética (hidrodinámica)**

La hidrocínética es la teoría de las leyes del movimiento de los líquidos y de las fuerzas efectivas en cada caso. Con ellas, en parte, también se pueden explicar los tipos de pérdidas que se producen en la hidrostática.

Si se desprecian las fuerzas de rozamiento que se producen en los límites de las superficies en los cuerpos y líquidos entre las distintas capas de líquido, entonces hablamos de un flujo libre o ideal.

Empezaremos por recordar que el caudal Q es el cociente del volumen del fluido V y del tiempo t :

$$Q = V/t, \quad Q = [l/min]$$

Si es expresada en términos de velocidad, nos queda la ecuación:

$$Q = A \cdot v, \quad \text{donde:}$$

Q = caudal [m^3/s]

A = Área de sección transversal del tubo [cm^2]

v = Velocidad del fluido [m/s]

Si a través de un tubo con distintas secciones transversales fluyen en igual tiempo volúmenes iguales. Esto significa que la velocidad de flujo del fluido debe aumentar en el punto más angosto, es decir el caudal es el mismo en todas las secciones del tubo; como se observa en la figura 3.4. Este principio define la **ecuación de continuidad**.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 = v_3 \cdot A_3$$

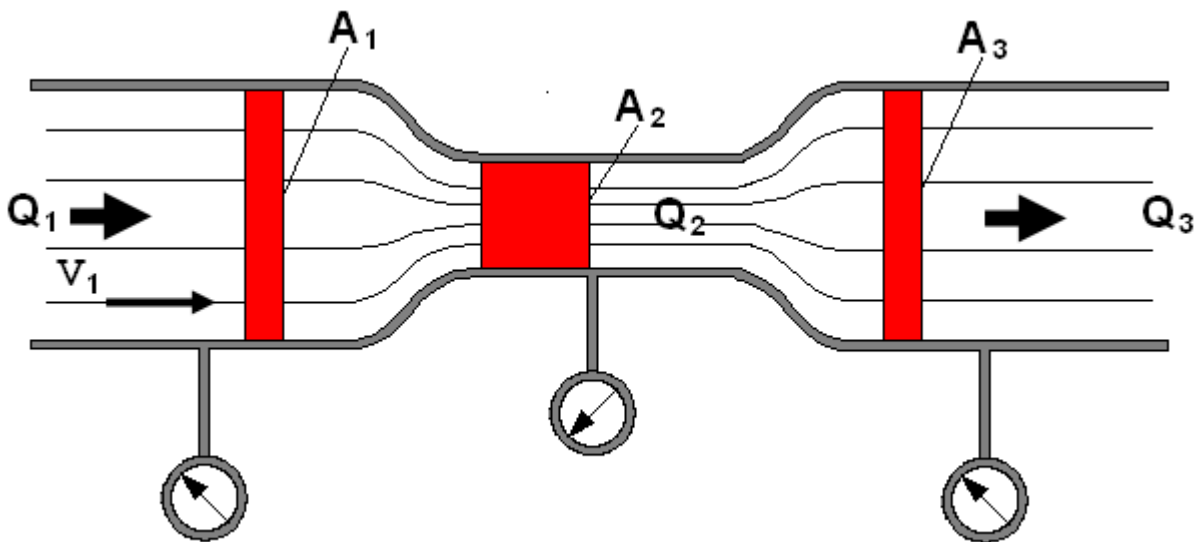


Figura 3.4 Ecuación de continuidad

La ley de la conservación de la energía, referida a un líquido en movimiento, dice que la energía total de un caudal de líquido no varía mientras no se introduzca energía desde el exterior ni se entregue energía hacia el exterior.

Si se dejan fuera de consideración los tipos de energía que no varían en los procesos de flujo, la energía total se compone de:

- Energía Cinética:

Energía en movimiento

En función de la velocidad de flujo y la presión dinámica.

- Energía de potencial:

Energía de posición

En función de la columna de líquido y la presión estática.

Recordando la ecuación de Bernoulli:

$$g \cdot h + P/\rho + v^2/2 = \text{cte.}$$

Considerando la ecuación de continuidad y la ecuación de Bernoulli, obtenemos la siguiente consideración.

Si por el estrangulamiento de la sección transversal aumenta la velocidad, aumenta la energía de movimiento. Dado que la energía total permanece constante, la energía de presión y/o posición por el estrangulamiento de la sección transversal deben reducirse. Este hecho lo podemos observar en la Fig. 3.8.

La energía de posición no varía significativamente, por lo cual en sistemas hidráulicos no es considerada. Sin embargo, la presión estática varía en función de la presión dinámica, es decir, en función de la velocidad de flujo. Por lo cual es sumamente importante su consideración.

3.3 Actuadores Neumáticos.

Los términos neumático y neumática provienen de la palabra griega "Pneuma", que significa aliento o soplo. En su acepción original, la neumática se ocupaba de la dinámica del aire y de los fenómenos gaseosos, pero el desarrollo tecnológico ha creado con ella una técnica propia de aplicación de la sobrepresión (presión manométrica) o de la depresión (vacío). De tal forma, dicha técnica se basa en el aprovechamiento de la energía de sobrepresión respecto a la presión atmosférica, generado la misma a través de comprimir el aire o por medio de la aceleración de partículas y conociendo al producto como aire comprimido. Por lo tanto, la neumática es la utilización de dispositivos de trabajo y elementos de mando accionados por medio aire.

La neumática se ha revelado como una eficaz y extensa rama de la automatización ofreciéndose en el mercado una amplia y versátil gama

de productos desarrollados continuamente que nos permiten su utilización cada vez más en nuevos campos de aplicación.

La utilización práctica y correcta de los diversos componentes neumáticos presupone el conocimiento de los elementos individuales y de su funcionamiento, así como su ejecución colectiva. Como Toda tecnología, debemos tomar en cuenta su límite de aplicación que involucra diversos factores, entre ellos para los actuadores, la capacidad de carga y la estabilidad del sistema son dos parámetros de suma importancia a considerar en los diseños.

3.3.1 Clasificación de los actuadores neumáticos

Los actuadores (cilindros) transforman la energía neumática en energía mecánica, produciendo movimientos lineales y/o movimientos rotativos, por lo que también son denominados motores; derivado de lo anterior, los podemos clasificar en los siguientes tipos básicos:

→ Lineales:

- » Actuadores de simple efecto
- » Actuadores de doble efecto

→ Rotativos:

- » Giro completo
- » Giro Limitado

De la anterior clasificación podemos encontrar en el mercado las más diversas versiones y fabricaciones para los actuadores. A continuación presentamos los tipos básicos.

» **Actuadores de simple efecto**

Componentes: El actuador lineal de simple efecto, se compone principalmente de camisa, émbolo, vástago, muelle recuperador y una conexión de aire comprimido.

Funcionamiento: Si se aplica una presión (P) de aire en la cámara frontal del cilindro (C), ésta reacciona sobre la superficie del émbolo.

CAPITULO III

Como se observa en la figura 3.5, Si la fuerza (F) producida por la presión es mayor que la fuerza contraria del muelle, el émbolo acoplado al vástago se mueve (avanza) hasta la tapa del actuador, a dicho movimiento se le conoce como carrera de avance.

La fuerza que genera el cilindro de simple efecto está dada por la siguiente relación:

$$\begin{array}{l} \text{Si} \\ \text{Entonces} \end{array} \quad P = F/A \quad \text{despejando } F, \\ F = P \cdot A - fr - ff$$

Donde:

P= Presión

F= Fuerza

A= Área del Émbolo

fr= Fuerza del muelle

ff= Fuerzas de fricción

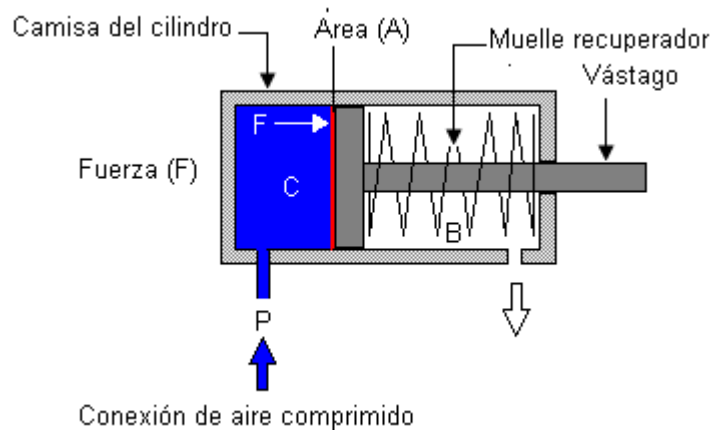


Figura 3.5 Cilindro de simple efecto

Si se interrumpe la alimentación de aire comprimido, la fuerza elástica del resorte es suficiente para mover el émbolo expulsando el aire de la cámara C del cilindro retornando a su posición de inicio. Dicho movimiento se denomina carrera de retroceso.

La denominación “cilindro de simple efecto” hace referencia, al hecho de que el trabajo mecánico sólo puede ser realizado durante la carrera de avance. De la misma figura 3.5, observemos que la fuerza generada en el actuador será mayor tanto y lo sean la presión de aire aplicada en la cámara C, y la superficie del émbolo. Las carreras Máximas para estos actuadores es de aproximadamente 100 mm.

» Actuadores de doble efecto

Componentes: La estructura del actuador lineal de doble efecto, es similar al de simple efecto teniendo dos cambios significativos. En él

CAPITULO III

no existe muelle recuperador y posee dos conexiones para aire comprimido.

Funcionamiento: Si se aplica aire a presión (P) en la cámara frontal del cilindro (C) y se vacía la cámara B, se produce la carrera de avance. Como se observa en la figura 3.6. Consecuentemente, la carrera de retroceso tiene lugar después de aplicar presión en la B y descargar el aire de A,

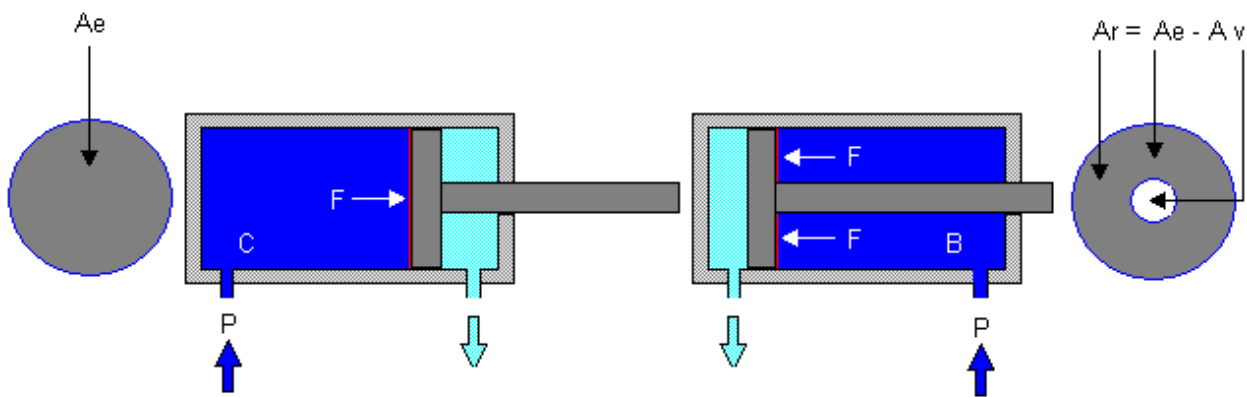


Figura 3.6 Cilindro de doble efecto.

Este componente tiene la ventaja de poder realizar trabajos en ambos sentidos del movimiento. Por lo cual puede ser aplicado en tareas que así lo requieran.

La fuerza transmitida por el vástago es mayor en la carrera de avance que en la de retroceso, debido a que la superficie efectiva del émbolo en la cámara B disminuye por el espacio que ocupa el vástago. Las fuerzas generadas en éste actuador, están dadas por las siguientes relaciones:

$$\text{Al avance: } F = P * Ae - ff$$

$$\text{Al retorno: } F = P * Ar - ff$$

Donde:

P= Presión

F= Fuerza

Ae= Área del embolo al avance

Ar= Área del embolo al retorno

Av= Área del vástago

ff= Fuerzas de fricción

» Rotativos de giro completo

Las características de los motores neumáticos son: el tamaño reducido que presentan frente a su potencia, y la facilidad con que pueden controlarse dentro de una amplia gama de altas velocidades, debido fundamentalmente a sus favorables características de par. Tales motores pueden soportar severas condiciones de funcionamiento: calor, humedad, polvo, vibraciones, etc., e incluso pueden ahogarse ante una sobrecarga, sin que ello origine averías. No emite gases tóxicos ni riesgos de explosión.

Debido a su adaptabilidad para un gran número de aplicaciones, los motores neumáticos se emplean como elementos transmisores de potencia, que puede ser desde pequeños atornilladores hasta los grandes cabrestantes para plataformas petrolíferas.

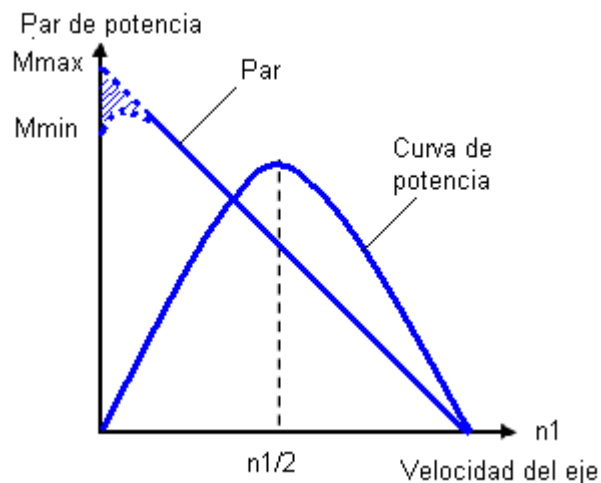


Figura 3.7 Relación entre la potencia y la velocidad de un motor neumático sin regulador de velocidad.

Características: Todos los motores neumáticos, independientemente de su diseño, tienen algunas características en común. Estas pueden verse en el diagrama par/potencia/velocidad de la fig. 3.7. En la cual observamos que si el motor funciona en vacío por ejemplo, el par es cero y la velocidad es máxima. Cuando funciona con carga, el par que éste suministra se incrementa linealmente y la velocidad disminuye. A medida de que el motor se carga, el par de suministro aumenta, lo que explica el movimiento lento de arrastre del motor de aire.

CAPITULO III

El hecho de que el par aumente con disminución de la velocidad, proporciona unas muy buenas características a bajas velocidades. También puede soportar un determinado esfuerzo de rotación inverso. El par de arranque, varía de acuerdo con las posiciones de las paletas o pistones en el instante del arranque. Motivo por el cual se debe asegurar que el par de arranque mínimo sea superior a la carga en cuestión, para conseguir un arranque absolutamente seguro.

Construcción y funcionamiento: Podemos tener dos tipos básicos de motores y son: los motores de desplazamiento y motores dinámicos. Los primeros se caracterizan por incorporar cámaras cerradas que se comprimen y expansionan cuando su eje gira. La energía a transmitir por el aire comprimido se obtiene durante la fase de expansión.

Podemos encontrar diferentes tipos de motores neumáticos como pistones radiales, pistones articulados, paletas, engranes y tipo turbina. Cada uno de ellos con características propias que los definen, tales como par, potencia, velocidad, y los hacen propios para determinadas aplicaciones.

» Giro Limitado

Componentes: Este actuador rotativo se compone básicamente del cuerpo (camisa), Paleta (émbolo), Flecha (vástago), dos tornillos de ajuste de carrera y dos conexiones de aire comprimido.

Funcionamiento: Si se aplica aire a presión (P) a una cámara (C) del actuador por medio de una conexión de aire y se vacía la cámara contraria (B), se produce un desplazamiento de avance radial al aplicarse la presión sobre la superficie de la paleta, produciendo así un movimiento angular (carrera). Dicho movimiento está definido por los tornillos de ajuste con lo cual podemos regular su carrera. Como se observa en la figura 3.8. Consecuentemente, la carrera de retroceso tiene lugar después de aplicar presión en la cámara B y descargar el aire de la cámara A.

Por tanto, los actuadores rotativos de giro limitado, tienen un movimiento angular de menos de 320 grados. Permiten realizar trabajo en ambos sentidos de giro y su ángulo de desplazamiento es ajustable.

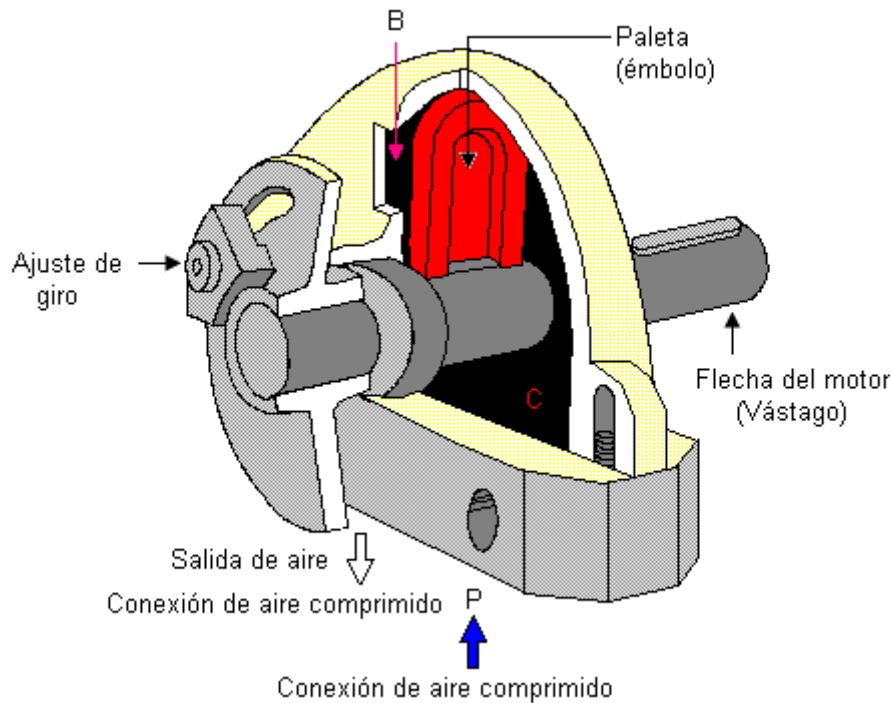


Figura 3.8 Actuador giro limitado (semi rotativo)

3.4 Actuadores hidráulicos.

La hidráulica como sistema de potencia, nos proporciona dos grandes beneficios:

- a) Elevado rendimiento (carga) en relación con el tamaño del equipo, lo cual facilita su instalación y transporte.
- b) Velocidades fácilmente controlables y una amplia gama de presiones.

Los sistemas hidráulicos son: **hidrostáticos** o **hidrodinámicos**

En los hidrostáticos la presión, en un sistema cerrado, es generada por las fuerzas que se oponen al flujo de aceite proporcionado por una bomba de desplazamiento positivo.

En los hidrodinámicos, una bomba centrífuga produce la aceleración del líquido y esta energía cinética la empleamos como energía mecánica, debido a la acción de los actuadores hidráulicos.

CAPITULO III

A pesar de que el principio de funcionamiento de los sistemas hidráulicos fue descubierto por el matemático francés, Pascal, en 1650; Sus aplicaciones prácticas, no comenzaron al parecer, hasta la creación de las prensas hidráulicas que fueron introducidas en el siglo XIX.

La aplicación correcta de los diversos componentes hidráulicos, requiere además del conocimiento en su funcionamiento de los elementos individuales, de un análisis cualitativo en la ejecución colectiva de los elementos que nos lleva a resultados concretos de operación. En otras palabras los sistemas hidráulicos requieren un análisis de operación, de presiones y caudal para identificar que principio de funcionamiento aplica en un instante definido del sistema.

Como Toda tecnología, debemos tomar en cuenta su límite de aplicación que involucra diversos factores, entre ellos, la capacidad de carga y la estabilidad del sistema, al igual que la neumática, son dos parámetros a considerar en los diseños hidráulicos.

3.4.1 Clasificación de los actuadores hidráulicos

A diferencia del motor hidráulico, el cual realiza movimientos rotativos (giratorios), el cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y, simultáneamente, transmitir fuerzas. Como observamos tiene la misma clasificación de los actuadores neumáticos. De igual forma, la fuerza máxima posible del cilindro F depende, despreciando la fricción, de la presión de servicio máxima admisible P y de la superficie efectiva A . Como se observa en la fig. 3.9.

Para el accionamiento con cilindros hidráulicos en movimientos lineales de máquinas de trabajo se obtienen las siguientes ventajas:

- El accionamiento directo con cilindros hidráulicos es sencillo en su montaje.
- Al no haber conversión de movimiento rotatorio en movimiento lineal, el accionamiento del cilindro posee buen rendimiento.
- La fuerza del cilindro permanece constante desde el comienzo hasta el final de la carrera.

- La velocidad del pistón, que depende del caudal introducido y la superficie, también permanece constante a lo largo de toda su carrera.
- De acuerdo con el tipo constructivo, un cilindro puede producir fuerzas de compresión o de tracción.
- El dimensionamiento de cilindros hidráulicos permite construir accionamientos de gran potencia con tamaños reducidos de montaje.

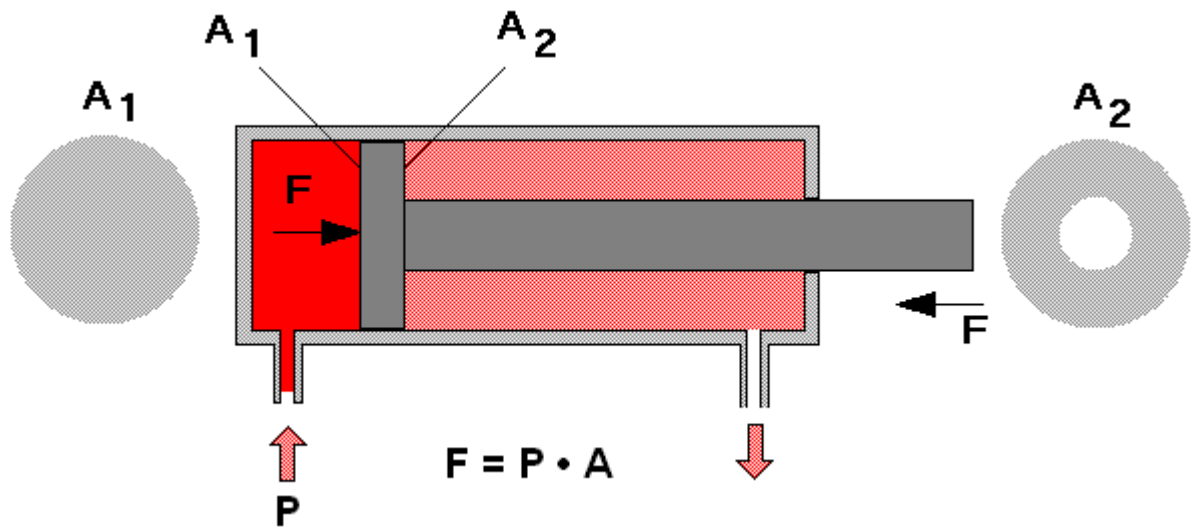


Figura 3.9 Fuerzas en actuadores hidráulicos

De igual forma que la neumática, de acuerdo con su efecto los cilindros hidráulicos se dividen en cilindros de simple y doble efecto. Tomar en cuenta las fuerzas correspondientes de acuerdo a cada aplicación de diseño.

» Actuadores rotativos hidráulicos

Los motores hidráulicos convierten energía hidráulica en energía mecánica.

Al igual que las bombas hidráulicas, tenemos una variedad en principios constructivos y dado que ningún tipo de construcción puede cumplir óptimamente con todas las exigencias, para cada caso de aplicación deberá elegirse el motor más adecuado.

CAPITULO III

Los accionamientos giratorios, independientemente de la forma y del tipo de construcción, realizan un movimiento oscilante de accionamiento sobre el extremo de un eje. El ángulo de éste movimiento puede ser limitado por topes fijos o ajustables o podrá ser mayor de 360 grados. Podemos decir que su clasificación es similar a los neumáticos y la construcción compacta y robusta y la posibilidad de transmitir grandes pares de giro los hacen especialmente adecuados para condiciones muy severas de servicio.

Sólo pocos motores pueden ser empleados con velocidades de rotación muy bajas y también a velocidades de rotación superiores a 1000 min^{-1} . Por lo tanto, los motores hidráulicos se pueden dividir en motores de marcha rápida que pueden ir desde $n=500$ hasta 10000 min^{-1} y motores de marcha lenta con velocidades de 0.5 hasta 1000 min^{-1} .

El par de giro que puede ser entregado por el motor hidráulico depende de la cilindrada y de la diferencia de presión sobre el motor hidráulico. Los motores hidráulicos de marchas lentas han sido concebidos de modo tal que a reducidas velocidades ya entregan momentos elevados.

La potencia entregada por un motor hidráulico depende de del caudal y de la diferencia de presión en el motor hidráulico. Dado que la potencia resulta directamente proporcional a la velocidad de rotación, los motores de marcha rápida son adecuados para aplicaciones con gran exigencia de potencia.

La clasificación de los motores hidráulicos, en base a sus principios constructivos es motor de engranes, de rueda planetaria, motor de paletas y motores de pistones.

3.5 Actuadores eléctricos.

Uno de los actuadores más importantes para la generación de movimientos giratorios es el motor eléctrico. Existen en las más variadas versiones, para nuestro caso presentaremos cuatro de ellas.

3.5.1 Motor de corriente continua (CD).

El actuador giratorio funciona según el principio que establece que una fuerza F actúa sobre un conductor atravesado por una corriente eléctrica, en el momento en que éste es introducido en un campo magnético; de acuerdo a la Figura 3.10

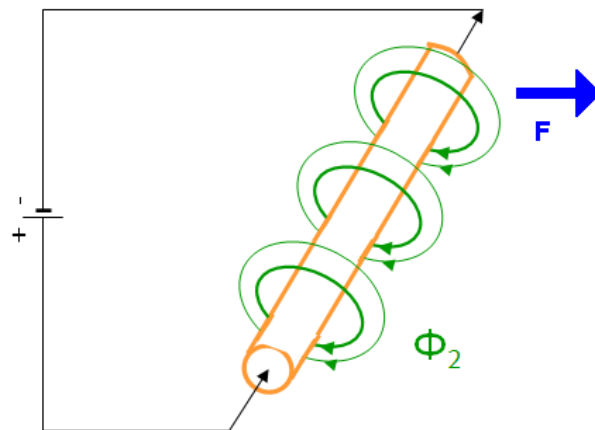


Figura 3.10 Relación entre campo Magnético y Fuerza mecánica

Si se introduce un bucle conductor (devanado) en un campo magnético, se produce, en base a las distintas direcciones de la corriente en relación al campo magnético, un par de giro que hace girar el bucle conductor alrededor del eje simétrico. Para que el bucle conductor, después de una rotación de 180 grados no vuelva a moverse en dirección contraria tiene que invertirse la polaridad de la corriente aplicada. Esto se consigue fijando mecánicamente en el eje los contactos de toma de corriente y suministrándola a través de escobillas conociéndose a éste elemento como inversor de corriente.

En la fig. 3.11 se presenta el principio de funcionamiento de un motor de corriente continua.

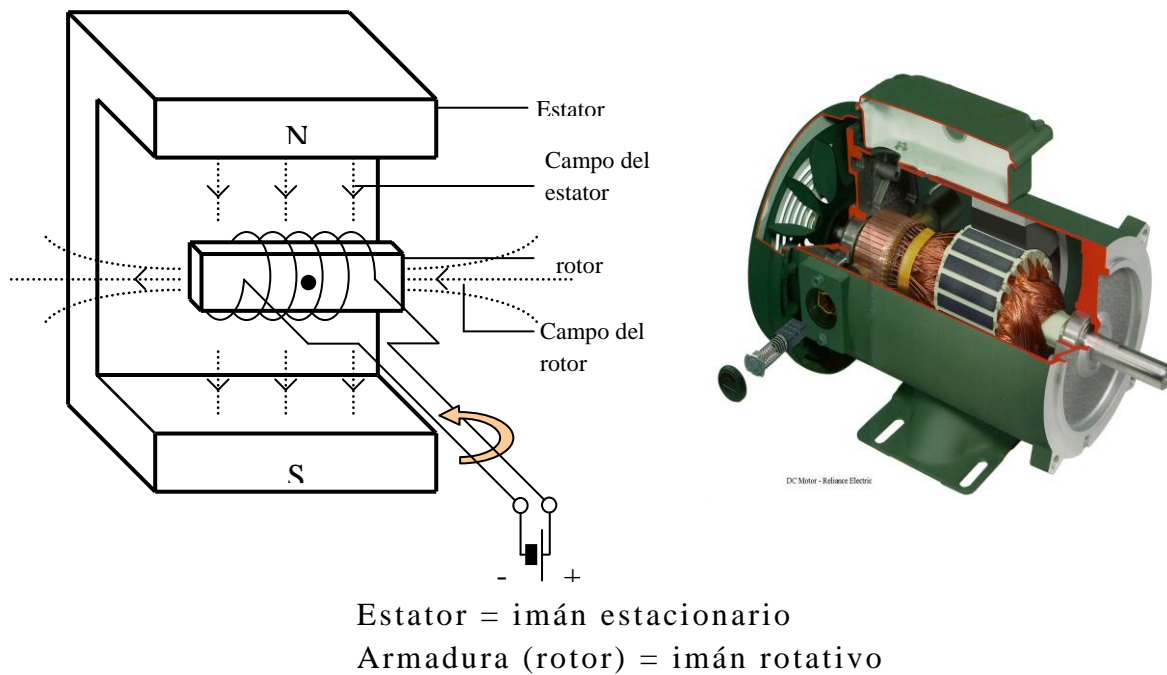


Figura 3.11 Principio de funcionamiento de un motor de corriente continua

Al tener un campo magnético Φ_1 (estator) en el cual se muestran las líneas de flujo y consideramos un conductor en forma de “U” (bucle conductor) conectado al conmutador que posee dos campos magnéticos Φ_2 que operan en direcciones opuestas. Cuando se sobreponen los dos campos magnéticos Φ_1 y Φ_2 reaccionan uno contra el otro, como se observa en la figura 3.12, con el resultado siguiente: Si las líneas de flujo apuntan en la misma dirección se suman y si apuntan en sentidos opuestos se restan el uno con el otro. Entonces el conductor portador de corriente expresa una fuerza neta F que ocasionara un movimiento concordante.

Por lo anterior, el principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico se basa en dos campos magnéticos los cuales reaccionan uno contra el otro generando un movimiento.

El momento mecánico (torque) en la flecha de un motor, siempre es proporcional al producto vectorial de dos campos magnéticos Φ_1 y Φ_2 .

$$M_{\text{ flecha de motor }} \approx \Phi_1 \text{ y } \Phi_2$$

Esta situación la podemos observar en la figura 3.13

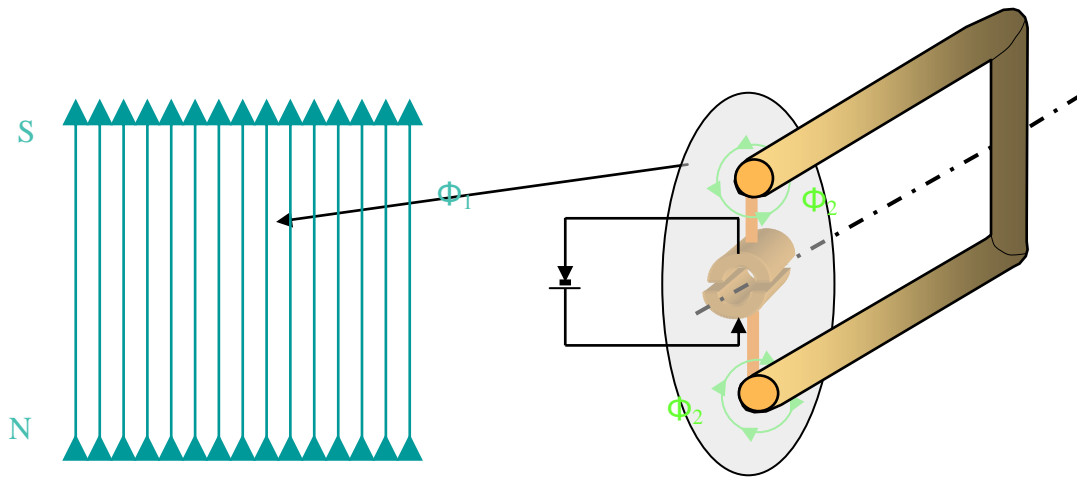


Figura 3.12 Dos campos magnéticos superpuestos

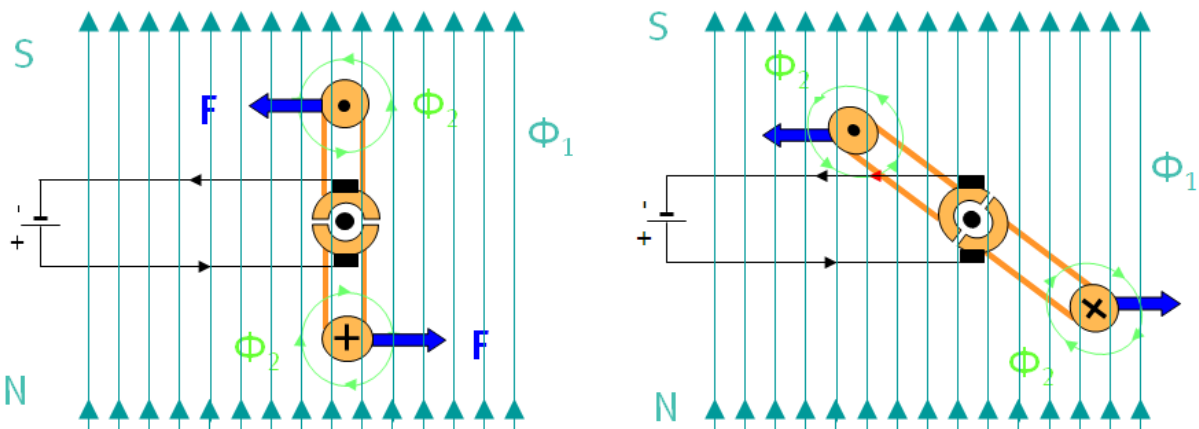


Figura 3.13 Movimiento de giro

Para conseguir un máximo par de giro constante, en la práctica se dispone de muchos bucles conductores (devanados).

El número de revoluciones del motor de corriente continua está en función del voltaje aplicado y, por consiguiente, de la corriente que circula, motivo por el cual podemos variar las revoluciones simplemente variando el voltaje; Para ello lo podemos realizar por medio de un transistor. Una señal analógica de mando, conectada a la base del transistor, influye en la corriente del colector y, por consiguiente, en la circulación de corriente a través del motor.

CAPITULO III

El sentido de rotación se modifica cambiando la polaridad de la tensión aplicada, por medio de dispositivos adecuados de mando, como por ejemplo, el uso del relé o Transistores como interruptores electrónicos. En los últimos 15-20 años se han dado enormes avances en la exploración y desarrollo de imanes de tierras raras. La utilización de estos imanes raros provenientes de la tierra (como imanes permanentes) han hecho posible en la práctica que los motores sean más compactos y con un mejor desempeño.

Cuando los electroimanes son utilizados como rotores de motor, se requieren las escobillas y los anillos conmutadores con el fin de transmitir la corriente a las bobinas rotativas. Desafortunadamente, estas partes mecánicas son complicadas debido a su alto grado de utilización. Los imanes permanentes actualmente se utilizan para crear motores sin escobillas los cuales son más robustos.

Las aleaciones modernas (utilizan materiales raros provenientes de la tierra) se están utilizando para crear materiales magnéticos robustos los cuales resisten los cambios de la orientación magnética y la desmagnetización. Retienen un alto grado de magnetismo después de retirar los campos externos, haciendo de ellos materiales apropiados para imanes permanentes.

Ejemplos de estas aleaciones son Neodymium-Hierro-Boro (NdFeB) y Samarium-Cobalto (SMsCo17/SmCo5). Éstos se combinan con las mejores propiedades del Al, Co, Ni (conocido como "Alnico"), Ti y Ferritas.

Estos materiales se pueden magnetizar en diferentes patrones. El modelo de los polos está determinado por la aplicación para el cual fue diseñado el imán, como se puede ver en la figura 3.14

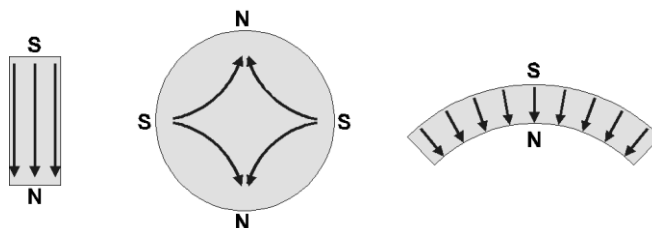


Figura 3.14 Modelo de los polos

3.5.2 Tipos de arreglo para motores de CD

Los motores de CD tienen ya sea un estator segmentado o un estator de imán permanente, que puede ser configurado de las siguientes formas:

- Motor en derivación
- Motor serie
- Motor combinado
- Motor de imán permanente

» Motor en derivación

El devanado del campo (devanado en derivación) y la armadura se conectan en paralelo. Esta configuración le ofrece una relación velocidad-torque relativamente constante y una buena regulación de velocidad en un amplio rango de cargas. Un inconveniente es su torque de arranque relativamente menor. En la Figura 3.15 podemos observar su grafica de funcionamiento

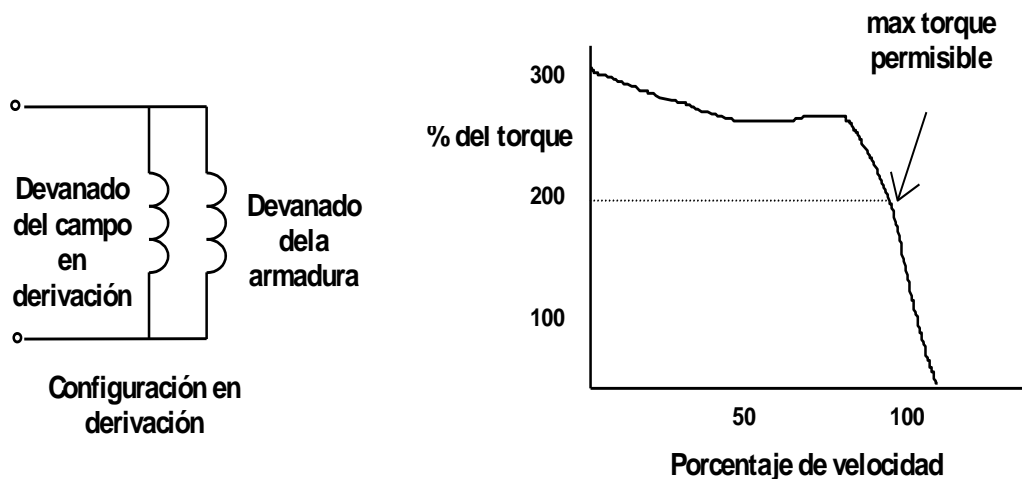


Figura 3.15 Grafica de funcionamiento para un motor en derivación

» Motor serie

Los devanados del campo (devanado en serie) y de la armadura se conectan en serie. Esta configuración le da un torque de arranque alto, pero debe evitarse en aplicaciones donde pareciera que pudieran

CAPITULO III

perder carga; Como se observa en la figura 3.16. Bajo condiciones sin carga este motor puede acelerarse de manera incontrolada, por ejemplo, en herramientas de potencia.

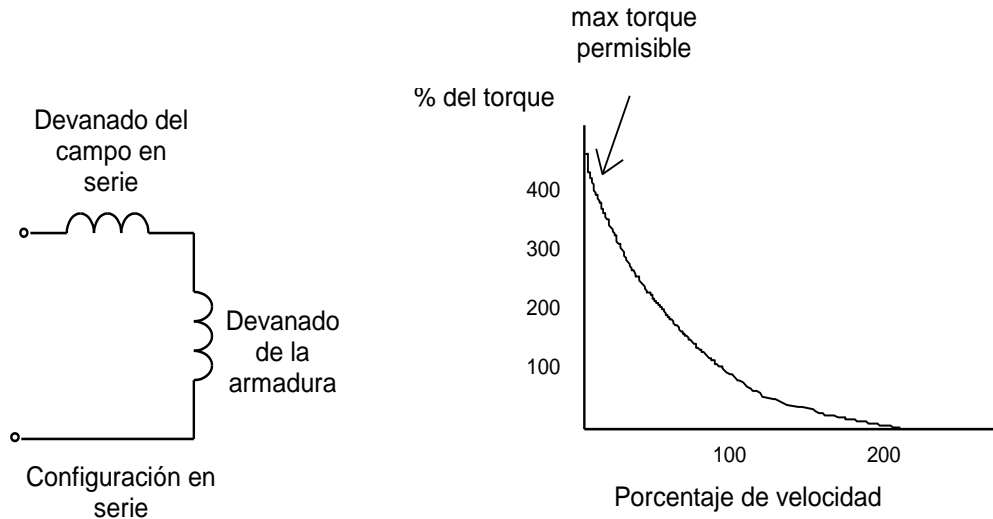


Figura 3.16 Grafica de funcionamiento para un motor en serie

» Motor compuesto

Este motor es una combinación de un motor en derivación y un motor en serie. Se conecta en serie un devanado con la armadura, y un devanado en derivación se conecta en paralelo con el devanado en serie y la armadura. La relación de devanados de derivación a devanados del campo nos da varias características torque – velocidad los cuales se escogen de acuerdo con la aplicación. Observar la figura 3.17

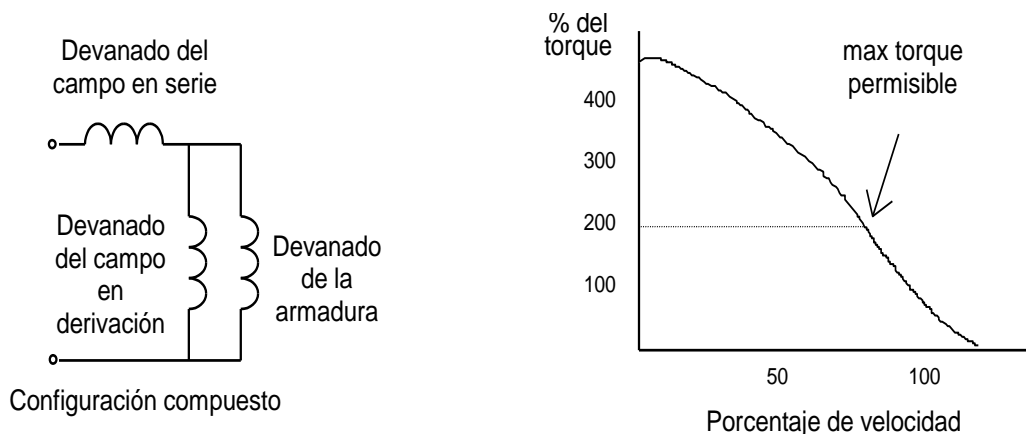


Figura 3.17 Grafica de funcionamiento para un motor compuesto

» **Motor de imán permanente**

Un imán permanente es utilizado para proveer el campo magnético constante de estator. Este motor tiene un alto torque de arranque, es recomendable para aplicaciones de posicionamiento rápidos, y físicamente es más pequeño que otros tipos de motores. En la figura 3.18 observamos el comportamiento antes mencionado.

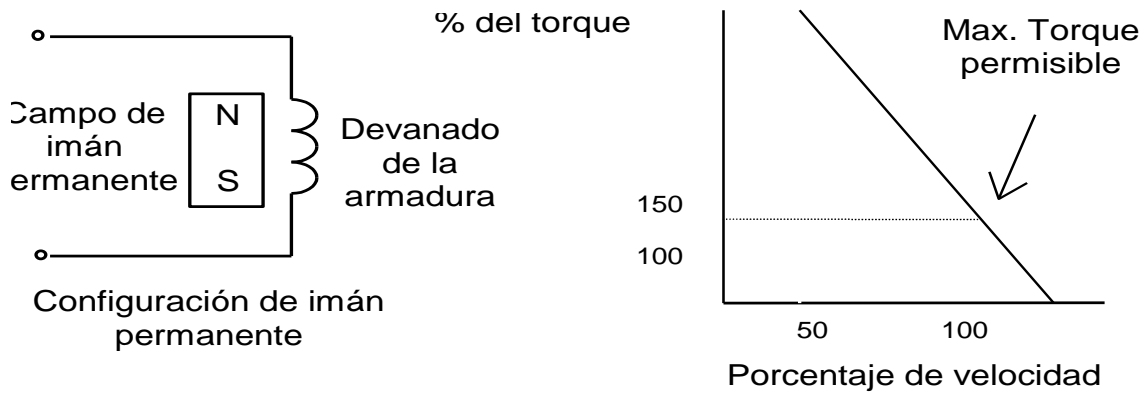


Figura 3.18 Grafica de funcionamiento para un motor de imán

3.5.3 Comparación de un motor de CD

En la figura 3.19 observamos las características que posee un motor de corriente directa con escobillas contra uno sin escobillas.

a) De CD con escobillas

b) De CD sin escobillas

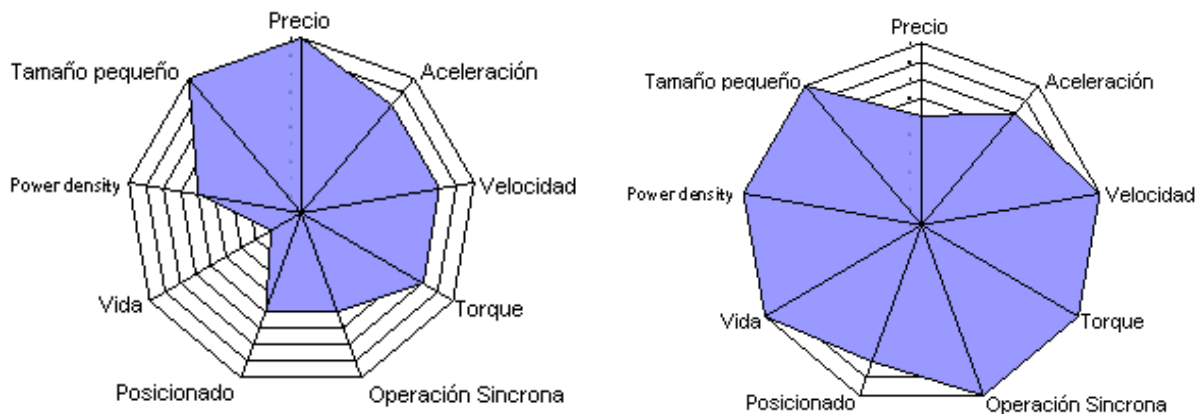


Figura 3.19 Comparativo de un motor de CD con y sin escobillas

3.5.4 Motor de corriente alterna (CA)

Para comenzar a hablar de este tipo de motores, mencionaremos que tenemos los síncronos y asíncronos. En ellos los estatores trabajan básicamente de igual forma en ambos tipos, pero difieren en el diseño y el movimiento del rotor en relación con el campo magnético. El término “velocidad síncrona” es la velocidad a la cual el campo magnético del estator rota. Dependiendo del diseño específico del motor, la velocidad del rotor puede variar o puede ser igual a la velocidad síncrona (del campo magnético del estator).

En los motores síncronos la velocidad del rotor y de los campos magnéticos es la misma y en los motores asíncronos las velocidades son diferentes.

» Motor asíncrono (De Inducción de corriente alterna)

Cualquier conductor colocado dentro de un campo magnético cambiante tendrá una corriente inducida en él. Cuando los devanados del estator se energizan con CA, se desarrolla un campo magnético rotativo. La velocidad de rotación de este campo depende de la frecuencia de la tensión de alimentación y del arreglo de los devanados del estator. Este campo rotativo interactúa con los devanados del rotor y la corriente es inducida en el rotor. La corriente inducida en el rotor crea un nuevo campo magnético. Este campo del rotor trata de alinearse con el campo del estator y en consecuencia el rotor gira, siguiendo continuamente al campo en movimiento proveniente del devanado del estator.

Para una corriente que va a ser inducida en el devanado del rotor, la fuerza relativa del campo magnético del estator debe estar cambiando constantemente. Para que esto ocurra el rotor debe girar más lento que el campo rotativo del estator. A la diferencia entre las velocidades de rotación se le conoce como corrimiento. Los diferentes motores de inducción tienen diferentes cantidades de corrimiento.

La velocidad del eje en los motores de inducción es lenta e inferior a la de los motores síncronos, y además tal velocidad disminuye a medida que el tamaño del motor es más pequeño. Por ejemplo, en un motor de un megavatio, la velocidad disminuye, en relación con la del motor

CAPITULO III

síncrono, en un 1%; en un motor de 200 kilovatios, disminuye en un 2% y en uno de 5 kilovatios, en un 3%.

Los motores de inducción tienen generalmente un gran rendimiento y un par de arranque excelente, pero también una corriente de “empuje” elevada.

»Motor síncrono corriente alterna

En el motor síncrono, al igual que en el motor de corriente continua se aprovecha la acción magnética de la corriente eléctrica. La corriente alterna genera un campo magnético alterno. Por medio de circuitos adecuados se consigue producir un campo magnético de CD que rodee el estator del motor: el campo giratorio. El polo norte y el polo sur avanzan alrededor del estator en función de la frecuencia aplicada. El rotor con imán permanente gira sincrónicamente con el campo giratorio; generando movimiento rotativo (velocidad) en función de la frecuencia de la corriente de alimentación y por el arreglo de los devanados del estator. La variación de la velocidad se consigue variando la frecuencia, hecho más difícil de realizar en los motores de corriente continua. Por tal motivo estos motores se emplean preferentemente para aplicaciones donde no requieran variar el número de revoluciones.

La corriente continua se necesita para magnetizar los polos del rotor de un motor síncrono, lo cual se logra por medio de rectificadores de corriente alterna, o por medio de generadores de corriente continua. La potencia de la corriente continua que alimenta al rotor, es sólo un 1%, aproximadamente, de la potencia de la corriente alterna que alimenta al estator.

Un motor síncrono necesita ayuda para el arranque. Un devanado extra para el arranque se utiliza para iniciar el giro del rotor. Este devanado de arranque es similar al devanado del rotor en un motor de jaula de ardilla.

Los motores síncronos desarrollan un par de giro considerablemente alto; motivo por el cual dichos motores síncronos se utilizan en grandes máquinas, con baja velocidad trabajando a velocidades constantes. Si varios motores deben de trabajar exactamente a la misma velocidad, se pueden utilizar los motores síncronos.

Las máquinas síncronas de CA son más comúnmente utilizadas para la generación de energía de CA. Los generadores que en las grandes plantas son a menudo del orden de los 100 a los 1000 megawatts y mayores, y trabajan a una velocidad de 3000 rpm (en países con 50Hz) o 3600 rpm (en países con 60Hz). Las máquinas síncronas utilizadas como motores están siendo cada vez más populares en aplicaciones industriales y de transporte.

El principio de operación de las máquinas síncronas de CA es que son completamente reversibles – es decir, que funciona tanto como motor como generador. (El motor de inducción asíncrono no puede).

3.5.5 Tipos de arreglo para motores de CA

A continuación mencionaremos dos tipos básicos de configuraciones para un motor de corriente alterna

» Motor de inducción de jaula de ardilla

El tipo más común de motor de inducción es el motor de jaula de ardilla, el cual es uno de los tipos preferidos por las ventajas que presenta al ser el más simple, bajo mantenimiento, fiabilidad, rápida aceleración para máxima velocidad, disponibilidad y más barato de los motores de corriente alterna, pero exige el que las líneas de suministro, resistan las corrientes de “empuje” que se producen cuando se arrancan los mismos. La corriente que se requiere en su arranque es de 5-7 veces la corriente a plena carga del motor.

Su popularidad se ha incrementado por el uso de controles electrónicos de frecuencia variable (VFD por sus siglas en inglés) los cuales son utilizados para regular la velocidad y otros parámetros de desempeño.

Los conductores del rotor son barras de aluminio o de cobre, separados por un núcleo ferromagnético. En la figura 3.20 podemos observar las partes que forman el motor de inducción de corriente alterna

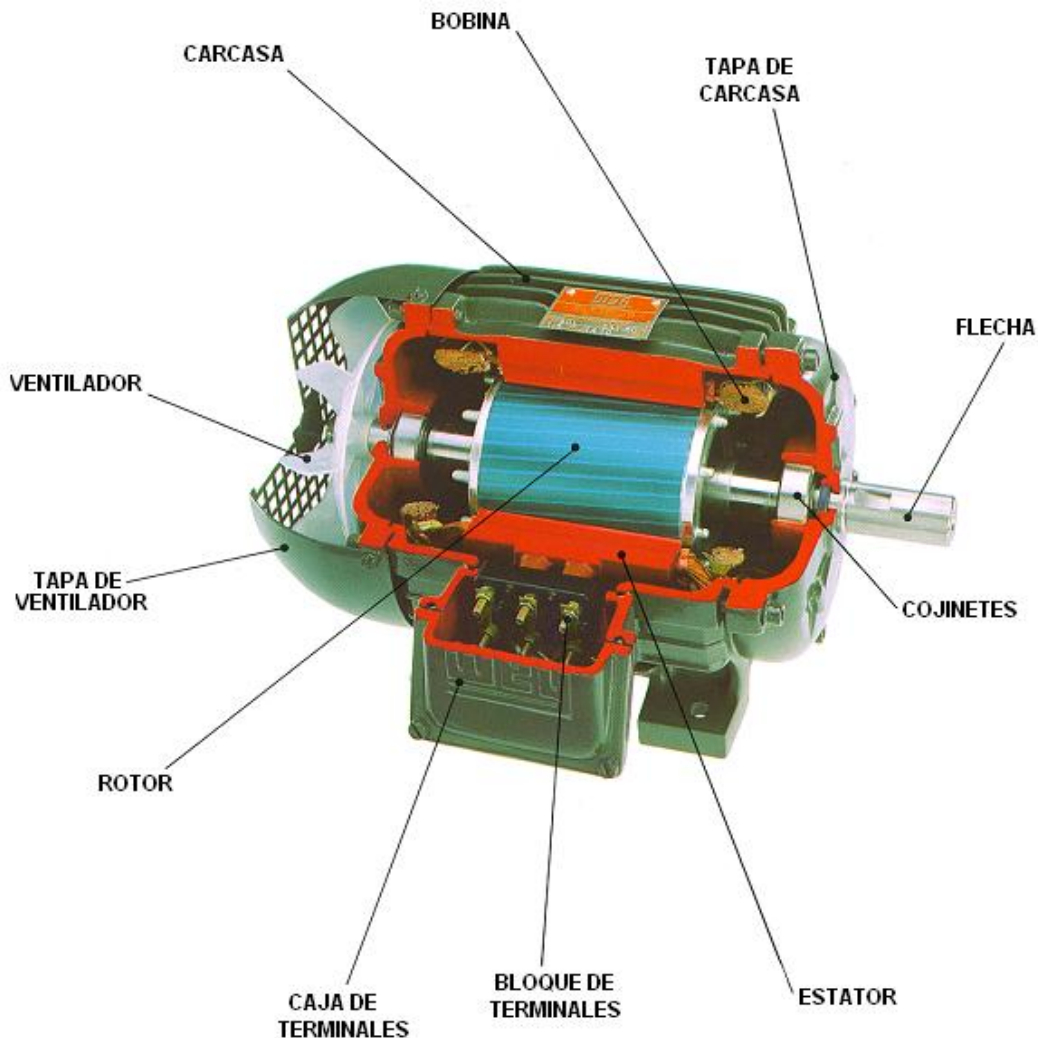


Figura 3.20 Partes de un motor de Inducción de Corriente Alterna

» **Motor de anillos rozantes**

Otro tipo es el motor de anillos rozantes, que se emplea cuando es necesario limitar la corriente de arranque, al mismo tiempo que se precisa un par de arranque elevado, lo que se logra regulando la corriente rotórica.

» **Controles de velocidad variable (VSD)**

Los controles de velocidad variable (VSDs) son dispositivos electrónicos utilizados para controlar la velocidad de los motores de

inducción. Los VSDs también se conocen como Controles de frecuencia variable (VFDs) o convertidores o inversores.

Los VSDs controlan la velocidad cambiando la frecuencia y la tensión de la corriente de alimentación del motor. Con el fin de mantener las condiciones correctas de magnetización en el motor, también la tensión se modifica.

La circuitería en el VSD convierte la tensión de alimentación de CA en tensión de CD, y entonces modifica la CD para formar una tensión de CA con una nueva frecuencia y magnitud.

Los VSDs se eligen para que satisfagan los requerimientos del motor y de su carga. Los factores más importantes que deben considerarse cuando se elige un VSD son el rango de velocidad del motor, el torque requerido por la carga, la inercia del motor y de su carga, y el efecto que el VSD tendrá sobre el motor.

3.5.6 Comparación de un motor Asíncrono contra Síncrono

A pesar de la disponibilidad de los controles de velocidad variable, los motores de inducción (asíncrono) generalmente no son adecuados para aplicaciones de manipulación y posicionamiento que requieran un fino grado de control. Los motores de inducción son mayormente utilizados como “caballitos de trabajo” en la industria.

Con la moderna tecnología de imán permanente, los motores síncronos ahora se pueden construir más fácilmente utilizando un rotor que es excitado por imanes permanentes. Estos motores pueden utilizarse en aplicaciones con movimientos “inteligentes” con potencias entre 100W y 10kW.

Un tipo de motor síncrono es el servomotor de CA sin escobillas. Es un motor síncrono con rotor de imán permanente.

Otro tipo de motor síncrono es el motor a pasos. Es un motor síncrono que no se conecta a una fuente de CA pero que es controlado por pulsos de corriente.

CAPITULO III

El servomotor de CA sin escobillas y el motor a pasos son los actuadores eléctricos más utilizados para el control inteligente de movimiento.

3.5.7 Motores Paso a Paso

La figura 3.21 muestra el principio constructivo de un motor paso a paso. El rotor consiste en un imán permanente con polo norte y polo sur. Las bobinas del estator producen a si mismo un campo magnético si son atravesadas por una corriente eléctrica. Partiendo del principio que polos iguales se atraen, el polo norte del rotor se mueve hacia el polo sur del estator. Siempre hay un polo sur en el estator, y se encuentra precisamente en aquella bobina a través de la cual fluye la corriente en ese momento.

Si se procura que se conecten y desconecten las distintas bobinas en un determinado orden, el polo norte del rotor sigue paso a paso el avance del polo sur del estator. Con cada conmutación de la bobina se ejecuta un paso que corresponde con un ángulo exactamente definido. El ángulo de giro corresponderá al número total de conmutaciones.

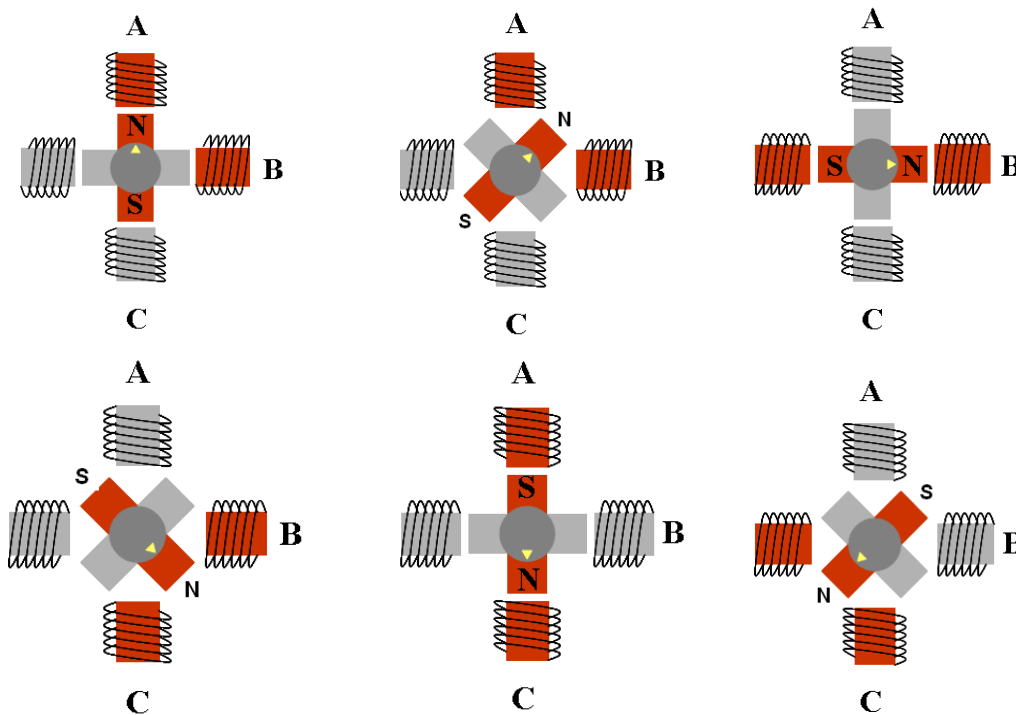


Fig. 3.21 Principio de funcionamiento de un motor paso a paso

La conmutación de las bobinas del estator, se produce por medio de conmutadores electrónicos (transistores) asumiendo la función de elementos de mando. Observar la Figura 3.22

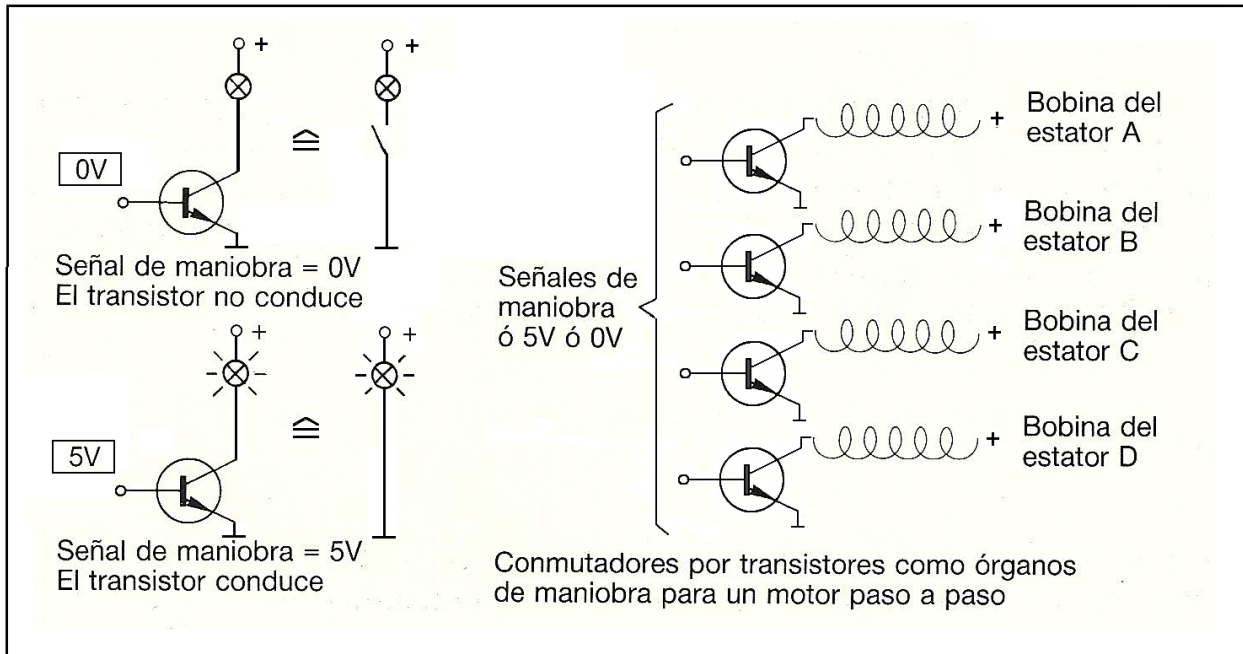


Figura 3.22 Transistor como conmutador

3.5.8 Motores Servo.

El actuador servo de Corriente Directa (CD) fue el más importante para máquinas herramienta hasta 1980. Actualmente es empleado para aplicaciones económicas con bajos requerimientos en cuanto a tiempo de vida se refiere. En la figura 3.23 podemos observar su símbolo y el motor seccionado.

Servo Motor de CD



Figura 3.23 Servo motor de CD.

Los servo motores de corriente alterna (CA), es lo último en tecnología para aplicaciones de arranque/paro que requieren velocidad constante

y torque así como una alta confiabilidad y robustez, son empleados satisfactoriamente en Máquinas herramienta, manipulación, robots, etc. En la figura 3.24 encontramos su símbolo y una fotografía del mismo.

Servo motor de CA (sin escobillas)



Figura 3.24 Servo motor de CA.

Los sistemas servo que utilizan motores de CA sin escobillas (síncrono) son actuadores de velocidad variable de muy alto desempeño los cuales entregan el máximo torque a una velocidad cero y además son capaces de ofrecer altas velocidades sin las limitaciones de los actuadores con escobillas.

Los motores sin escobillas no conmutados tienen los imanes acoplados al ensamble rotativo, resultando con esto una inercia total más baja y más potencia neta utilizable para la carga.

Siempre es importante notar que mientras hay motores que han sido optimizados para aplicaciones servo, no hay como un servo motor. Un motor no opera como un servo hasta que haya sido integrado dentro de un sistema con unidad de control con retroalimentación y potencia. El término “servo” solo es significativo y válido cuando se usa en un contexto de sistemas. Aunque este argumento puede considerarse como una cuestión semántica, es esencial para una completa comprensión de los sistemas de control servo.

Los imanes permanentes se utilizan para la parte rotativa del motor y un devanado de 3 fases de CA se incorpora en la porción estacionaria del motor. Cada bobina individual en el devanado del motor es conmutada de encendido a apagado en rotación, induciendo de esta manera al rotor para que gire en un paso sincronizado. Esto requiere de una conmutación electrónica (que es realizada por el control servo). Con el fin de activar y desactivar las bobinas en el momento adecuado,

CAPITULO III

se debe conocer la posición exacta de los polos del rotor. Este es el trabajo del sistema de retroalimentación (por ejemplo: el resolver, decodificadores ópticos), esto nos da la posición precisa del rotor y la velocidad de referencia y puede eliminar la necesidad de componentes adicionales de retroalimentación en un sistema de posicionamiento en lazo cerrado.

3.5.9 Comparación de un servo motor de CA

En la figura 3.25 observamos las características que posee un motor de corriente alterna síncrono contra uno asíncrono.

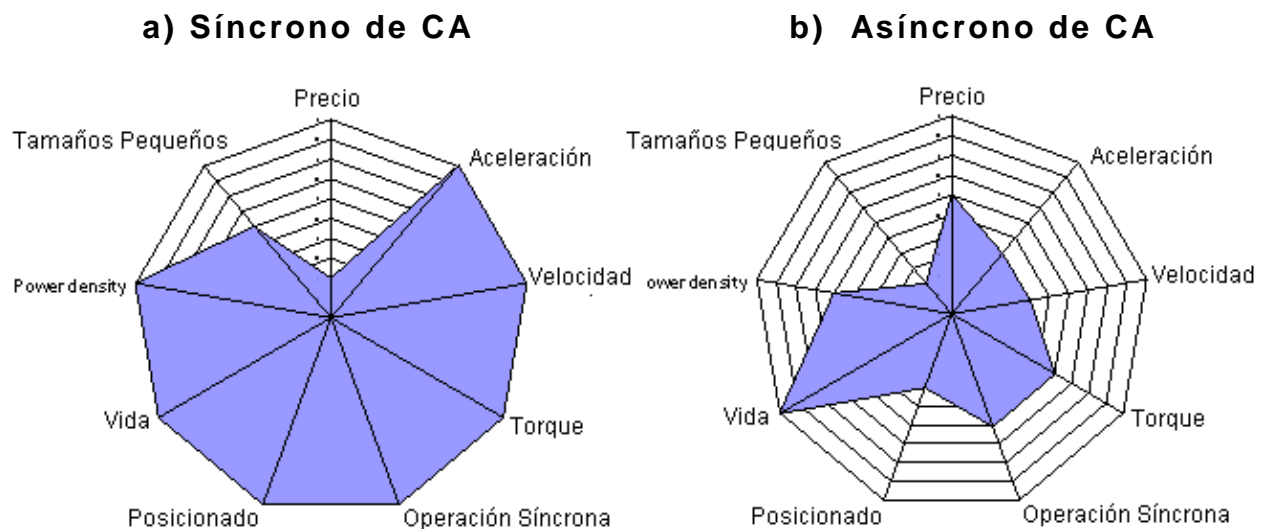


Figura 3.25 Comparativo de un motor de CA síncrono contra asíncrono

3.5.10 Beneficios y aplicaciones de los servo motores

Beneficios de estos motores:

- Construidos para secuencias de arranque/paro
- Alta aceleración y desaceleración
- Alta velocidad
- Alto torque de salida en dimensiones pequeñas
- Posicionamiento preciso
- Fácil de producir / construcción económica
- Fácil de controlar en cuanto a velocidad y posición

CAPITULO III

- Control de posición preciso por la retroalimentación en lazo cerrado

Aplicaciones de estos motores:

- Manipulación con perfiles precisos de movimientos y posicionamiento con alto torque, alta velocidad y alta aceleración
- Robótica
- Movimientos precisos y velocidad
- Aplicables en todo tipo de procesos de automatización y Producción.
- Movimientos simples y ajustes de formato
- Bandas transportadoras, ajustes en maquinaria automotriz y en Automatización.
- Industria textil- / máquinas de impresión, conversión de papel
- Equipo médico

3.5.11 Sistema de control de movimiento para servomotor

Los motores se utilizan para mover cargas. El propósito de un sistema de control de movimiento es la de controlar la velocidad o la posición de la carga. Un sistema de control realiza esto modificando la tensión o la corriente del motor en respuesta a una señal de entrada, como se observa en el diagrama de bloques de la figura 3.26 La señal puede provenir de un PLC, cuando un operador pulse un botón o de un control manual directo.

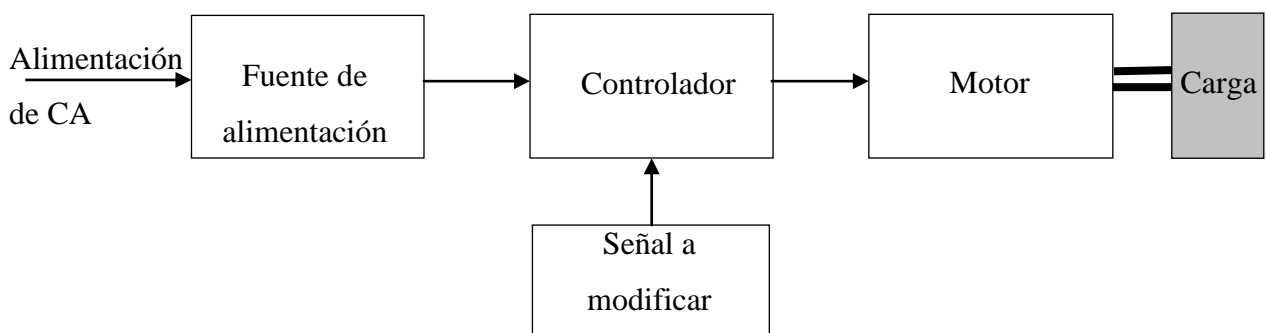


Figura 3.26 Diagrama para un sistema de control de lazo abierto

CAPITULO III

El requerimiento para un buen sistema de control de posición es mover un dispositivo o equipo a una posición preseleccionada en el menor tiempo posible con un mínimo de variación de la posición de destino.

La precisión del control de posición se afecta por factores tales como la velocidad del dispositivo (a una velocidad más alta se dificulta más la parada), la capacidad del torque del sistema de control del motor (el torque afecta el rango de aceleración/desaceleración), la repercusión negativa del reductor y la resolución del transductor de medición de la posición (por ejemplo del decodificador o del resolver).

Los tres principales tipos de control de posición:

- Control de posición en lazo abierto
- Control de posición en lazo cerrado utilizando decodificador o resolver para calcular el punto de parada
- Control de posición en lazo cerrado utilizando un decodificador o resolver con controlador de posición

A continuación se muestran los diagramas de bloques de los controladores de posición anteriores.

En la figura 3.27 encontramos un diagrama de control de posición en lazo abierto para el motor, en el cual un sensor externo estático manda la señal para iniciar el paro al controlador y este a su vez al controlador del motor.

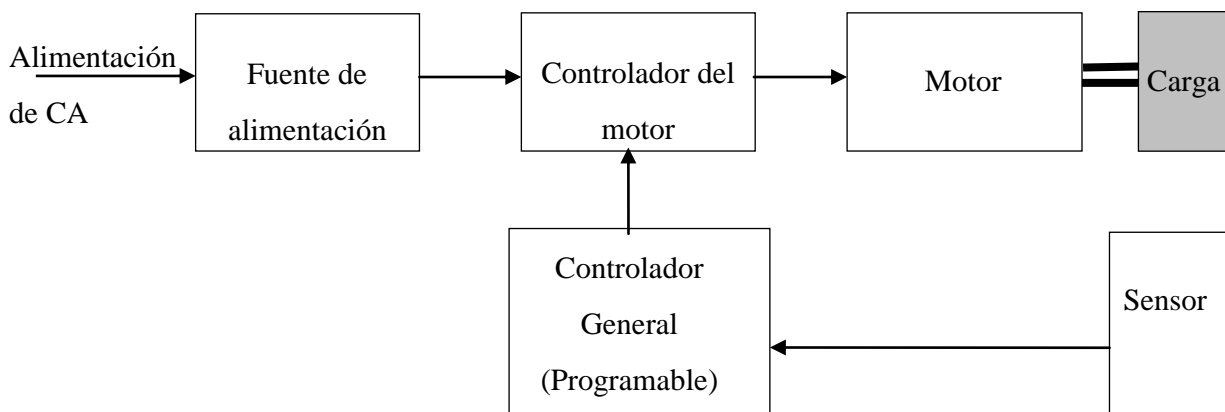


Figura 3.27 Diagrama para un control de posición en lazo abierto

En la figura 3.28 se muestra un diagrama de flujo para el control de posición en lazo cerrado, utilizando un decodificador o un resolver para calcular el punto de parada.

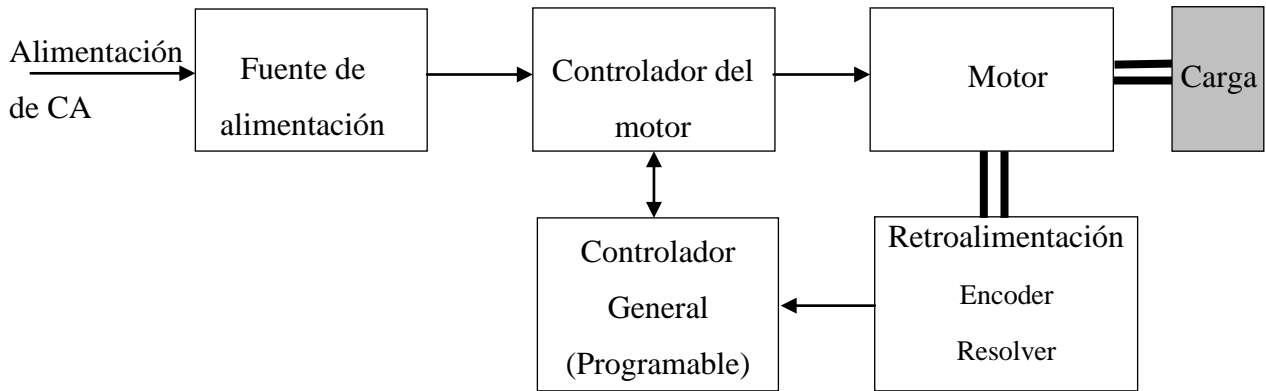


Figura 3.28 Diagrama para un control de posición en lazo cerrado

El control de posición en lazo cerrado utilizando un decodificador o un resolver con controlador de posición lo podemos observar en la figura 3.29. En él, un encoder o resolver que se encuentra dentro del motor manda una señal al controlador del motor y otra al controlador de posición consiguiendo con ello un posicionado más exacto y preciso.

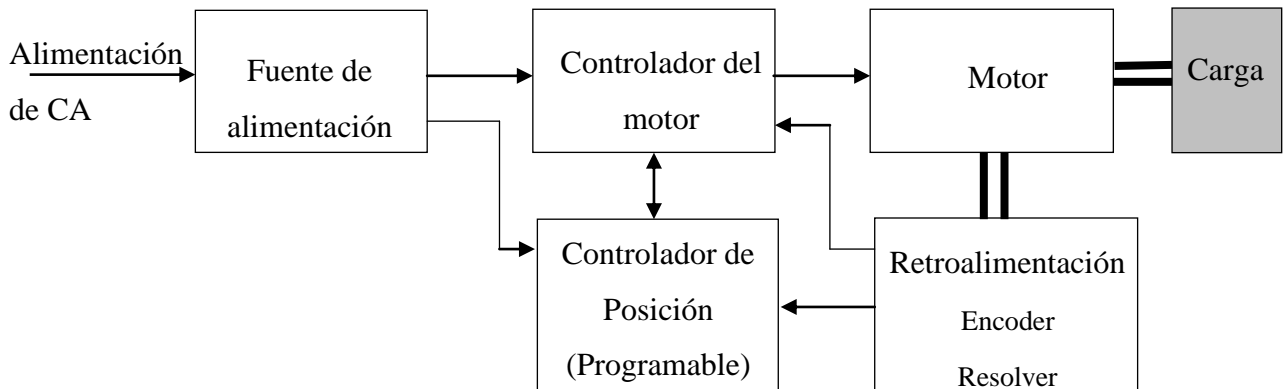


Figura 3.29 Diagrama para un control de posición en lazo cerrado con controlador de posición

CONTROLES LÓGICOS PROGRAMABLES

4.1 Introducción

Los sistemas de producción industriales requieren evolucionar constantemente; de ahí que para finales de los años 60s, se desarrollaron procesadores electrónicos monobit para las tareas de control de procesos. Fueron desarrollados para sustituir al control eléctrico por relés que hasta entonces eran empleados preferentemente. Desde entonces tuvo lugar un constante desarrollo anterior de estos sistemas, apoyado principalmente por el enorme progreso de la electrónica y microelectrónica.

El resultado fue sorprendente, tan sólo aproximadamente diez años después aparecen los primeros Controles Lógicos Programables (PLC) que contaban con el llamado procesador monochip. En dicho elemento, todas las unidades funcionales están integradas en un cuerpo llamado microprocesador. Su principio de funcionamiento es casi idéntico al del procesador monobit; sin embargo, sus características técnicas lo superan en mucho, debido a que la tarea del monobit, es casi siempre de operación lógica y se elabora un paso después de otro.

El microprocesador, es dotado, entre otras con características de potencia, tales como:

- Amplitud de palabra entre 8 y 32 bits
- Gran conjunto de instrucciones.
- Capacidades aritméticas y lógicas.
- Gran velocidad procesadora

Por lo tanto, como observamos, ambos procesadores tienen la función de descifrar y realizar las distintas instrucciones que van encontrando durante un proceso.

Sin embargo para que un microprocesador pueda realizar una tarea, requiere unidades periféricas como por ejemplo, memorias de programa, memorias de trabajo, sistema de comunicación, entradas y salidas, que en su conjunto de diseño como Control Lógico Programable (Program Logic Control) por sus siglas en ingles.

4.2 Fundamentos

Fue Leibnitz quien aplicó por primera vez las estructuras del sistema de numeración decimal al cálculo de dos dígitos por el año de 1679. Esto creó las primeras premisas esenciales para el desarrollo de las actuales computadoras. Recordemos como la tensión eléctrica o la corriente eléctrica permite un cálculo utilizando dos valores: “circula corriente” o “no circula corriente”, representados en dígitos “1” y “0”.

Estos dos dígitos pueden tomar un solo valor en una posición definida, de tal forma que se van agrupando posiciones en valores de 8,16,32 posiciones formando arreglos que permitan una transmisión de información más rápidamente, siendo la unidad más pequeña en este sistema conocido como binario 1 bit.

Veamos, con ocho posiciones, pueden representarse un máximo de:

$$2^8 - 1 = 256 - 1 = 255$$

Valores que alcanzarían hasta el numero $1111\ 1111_2$

En el ejemplo citado anteriormente, se ha configurado un número consistente en 8 bits, es decir un byte.

4.2.1 El código BCD

Para las personas acostumbradas a tratar con el sistema decimal, los números binarios son difíciles de leer. Por esta razón, se introdujo una representación numérica de más fácil lectura, es decir, una notación decimal codificada de un número binario: La denominación BCD (Binary Coded Decimal). Con este código BCD, cada dígito del sistema de numeración decimal representa a su correspondiente número binario.

0_{10}	0000_{BCD}
1_{10}	0001_{BCD}
2_{10}	0010_{BCD}
3_{10}	0011_{BCD}
4_{10}	0100_{BCD}
5_{10}	0101_{BCD}
6_{10}	0110_{BCD}
7_{10}	0111_{BCD}
8_{10}	1000_{BCD}
9_{10}	1001_{BCD}

Por lo tanto, se necesitan 4 dígitos en la notación binaria para representar el sistema decimal. A pesar de que en una notación binaria de 4 dígitos pueden representarse los valores del 0 al 15, los valores correspondientes a 10, 11, 12, 13, 14 y 15 no se usan en BCD.

Así el número decimal 7133 se representa como sigue en código BCD:

$0111\ 0001\ 0011\ 0011_{BCD}$

Por lo tanto, se necesitan 16 bits para representar un número decimal de cuatro dígitos en código BCD. Esta codificación es empleada a menudo para visualizadores de siete segmentos y para interruptores rotativos de introducción de valores.

4.2.2 El sistema de numeración hexadecimal.

La utilización de números binarios es difícil y la utilización del código BCD ocupa bastante espacio en la memoria. Por esta razón se desarrollaron los sistemas octal y hexadecimal. En el caso del sistema octal se utilizan grupos de tres dígitos, esto nos permite contar de 0 hasta 7, es decir, contar con “ochos”.

Alternativamente, en el sistema de numeración hexadecimal se combinan 4 bits. Estos 4 bits permiten la representación de los números 0 al 15, es decir, contar en “dieciseises”. Para representar estos números se utilizan los dígitos 0 al 9, seguidos de las letras A, B, C, D, E y F, en donde A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 y F=15. La posición significativa de cada dígito se evalúa con las potencias de 16.

CAPITULO IV

$16^3 = 4096$	$16^2 = 256$	$16^1 = 16$	$16^0 = 1$
8	7	B	C

Por lo tanto, el número 87BC16 dado en el ejemplo se lee como sigue: $8 \times 16^3 + 7 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 34\,748_{10}$

Para trabajar con números negativos se decidió que el bit más significativo en un número binario se utilizaría para representar el signo: así "0" corresponde al "+" y "1" al "-".

Al utilizar el bit más significativo para designar el signo, se dispone de un bit menos para la representación de un número con signo. Por lo tanto, en la representación de un número binario de 16 dígitos, obtenemos el siguiente margen de valores:

Sin signo	0 a 65535
Con signo	-32768 a +32767

4.2.3 Interpretación de señales.

Tanto las computadoras como los Controles Lógicos Programables (PLCs), funcionan utilizando señales digitales o binarias, señales que ya hemos definido en la sección 2.2, de la cual podemos recordar que empleamos valores de 0 lógico y 1 lógico. Para su adecuada interpretación, es necesario definir el margen de tensión para alcanzar dichos estados. De acuerdo con la norma IEC 1131-2 define un margen de valores de -3 V a 5 V como señal de lógica 0 y de 11 a 30 V como señal de lógica 1, como observamos en la figura 4.1. Estos valores deben ser de obligado cumplimiento para los PLC cuya tecnología deba seguir la norma anteriormente mencionada. A nivel práctico los diferentes modelos existentes en el mercado adoptan estos valores con pequeño margen de variación.

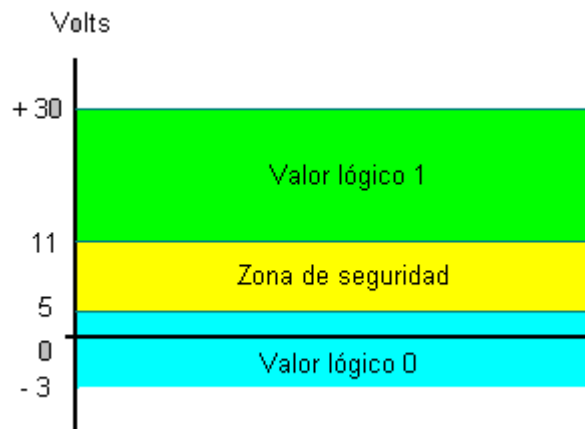


Figura 4.1 Márgenes de tensión

Existen circuitos electrónicos en los cuales debe alimentarse su entrada con un valor analógico de tensión y puede obtenerse una combinación de bits equivalente al valor de entrada, por ejemplo, por medio de ocho líneas. Los circuitos que realizan esta función, se les llaman convertidores analógico-digital (convertidores A/D).

Si requerimos medir una variable analógica, el convertidor A/D tiene que convertir lo más frecuentemente posible los valores analógicos de tensión suministrados por el sensor, en los valores digitales correspondientes. La señal analógica existente en la entrada del convertidor, es explorada a intervalos determinados, convertida y entregada como valor digital en la salida. Lo anterior se puede observar en la figura 4.2.

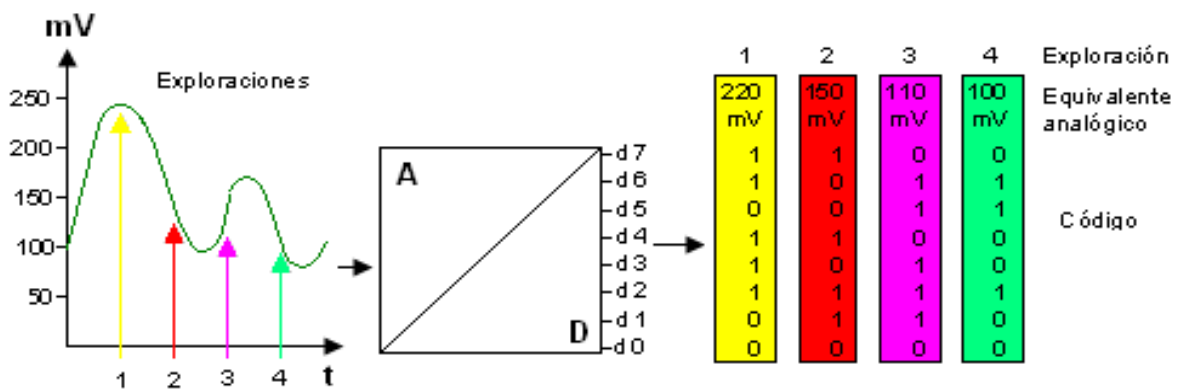


Figura 4.2 Convertidor analógico-digital

Cuanto más rápida y frecuentemente varíe la señal analógica, con mayor frecuencia tendrá que ser explorada para que no se pierda ninguna información. Sin embargo la frecuencia de exploración es limitada (exploraciones por segundo). Una característica importante del rendimiento de estos elementos es la velocidad de conversión, de tal forma, para los convertidores rápidos se encuentran en la escala de los microsegundos. La segunda característica importante del rendimiento es la amplitud de la palabra (número de bits) de la información digital a la salida. Los valores típicos son de 8, 16, 32 y 64 bits que determinan el poder resolutivo y como consecuencia, la precisión de la representación de la señal analógica. Por ejemplo para una señal analógica de 0 a 10 V se traduce a una serie de etapas de valores que puede ser de 0.1 V, 0.01 V ó 0.001 V.

4.3 Estructura de un PLC

Un Control Lógico Programable, consta básicamente de los siguientes elementos:

*Hardware y se refiere a las partes físicas del dispositivo, en otras palabras es la parte tangible, por ejemplo: los circuitos eléctricos y electrónicos, y

*Software es la parte no tangible, son por ejemplo: los programas.

Estos programas los podemos distinguir en aquellos que desarrolla el usuario y que generalmente son instalados en la memoria tipo RAM. Y el firmware, constituido por aquellos programas que se hallan permanentemente instalados en el hardware del PLC y que incluyen las rutinas fundamentales del sistema y el sistema operativo, generalmente se almacenan en memorias de tipo ROM, que mas adelante describiremos.

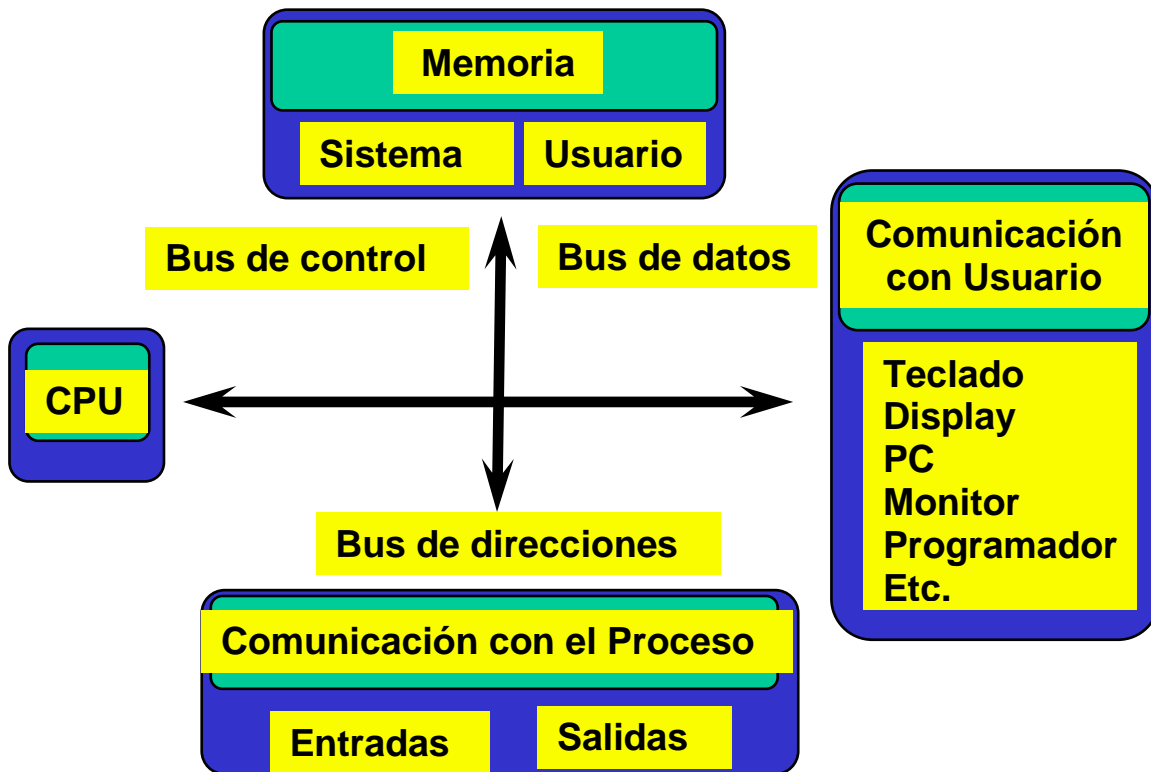


Figura 4.3 Diseño fundamental del PLC

La figura 4.3 ilustra el diseño fundamental del Hardware del PLC, el cual está basado en un sistema de bus. Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones, de datos y de control. La línea de direcciones se utiliza para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus y la línea de datos para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar el dispositivo conectado al bus como emisor o receptor. Podemos observar que los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador y la memoria, tanto de usuario como del sistema. Según la estructura, los módulos de entradas y salidas se conectan a un simple bus común.

Finalmente, se necesita una conexión para el aparato programador o una computadora (PC) que en la mayoría de casos requiere una conexión serial con el PLC.

En este momento podemos definir al PLC, como:

Un sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para la realización de funciones de: enlaces lógicos, secuenciación, temporización, conteo y cálculo, para controlar a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas o procesos. (Según IEC-1131).

4.3.1 Unidad Central del PLC

En esencia, la unidad central de un PLC consiste en un microprocesador, en el cual el sistema operativo implementado por el fabricante hace que este optimizado específicamente para tareas de control.

Un microprocesador consiste principalmente en **una unidad aritmética y lógica (ALU), el acumulador (AC), el registro de instrucciones**, la cual esta formada por una parte de ejecución y una parte de dirección. **El contador de programa y la unidad de control.**

En esta unidad se procesa toda la información existente, se toman decisiones y se ordenan las ejecuciones. Es la parte inteligente del PLC y algunos de los parámetros que dependen del CPU son:

- velocidad de procesamiento de la información.
- capacidad de ejecución de multitareas (programas simultáneos)
- capacidad lógica (funciones lógicas, aritméticas, etc.)
- costo

4.3.2 Modo de funcionamiento de un PLC

En el procesamiento convencional de datos en los programas, generalmente se procesan una sola vez, de arriba hacia abajo y terminan. A diferencia de estos, el programa de un PLC es procesado continuo y cíclicamente. Como podemos observar en la figura 4.4.

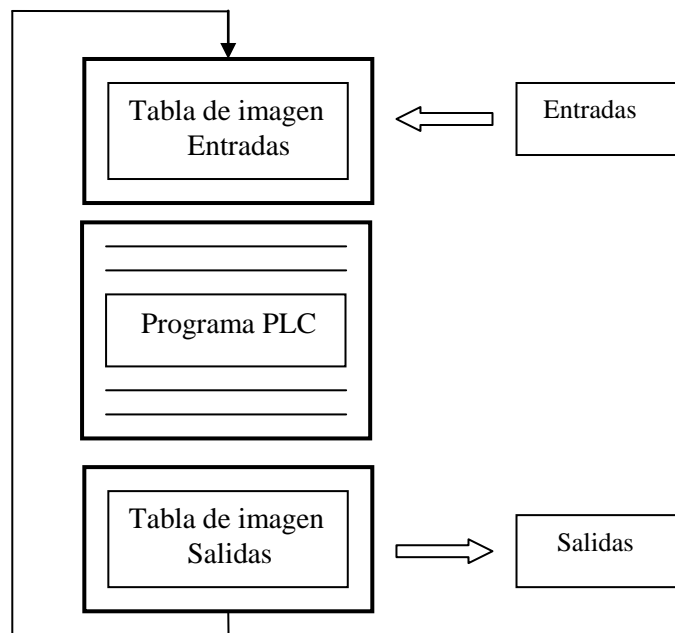


Figura 4.4 Procesamiento cíclico de un programa de PLC

Definiendo en forma rápida el Ciclo de lectura del PLC:

1. Ejecuta el sistema operativo
2. Lee las entradas
3. Ejecuta los programas
4. Escribe el resultado (salidas)
5. Comienza otro ciclo de lectura.

Las características de un proceso cíclico son:

- Cuando que el programa ha sido ejecutado una vez, salta automáticamente al principio repitiendo el proceso continuamente.
- Antes de que se procese la primera línea del programa, es decir, al inicio del ciclo el estado de las entradas es almacenado en una tabla de imagen de entradas. La imagen del proceso es una zona de memoria aparte a la que se accede durante un ciclo. De esta forma, el estado lógico de una

CAPITULO IV

entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este estado haya cambiado físicamente.

- De forma similar a las entradas, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, si no que su estado es almacenado temporalmente en la tabla de imagen de salidas. Solamente al final del ciclo se activan o desactivan físicamente las salidas de acuerdo al estado lógico almacenado en la memoria.

El procesamiento de una línea de programa a través de la unidad central de un PLC ocupa un tiempo en realizarse, que dependiendo del PLC y de la instrucción que posee, puede variar desde unos pocos microsegundos hasta unos pocos milisegundos.

El tiempo requerido por el PLC para una simple ejecución de un programa, incluyendo la actualización de las salidas y la imagen del proceso, se denomina tiempo de ciclo o tiempo de "scan". Cuanto más grande sea el programa y cuanto más tiempo necesite el PLC respectivo para procesar cada línea del programa, tanto más largo será el tiempo de ciclo. Los tiempos reales del ciclo varían aproximadamente entre 1 y 100 milisegundos.

Las consecuencias del procesamiento cíclico de un programa de PLC que utiliza una imagen del proceso son las siguientes:

- Las señales de entrada de una duración inferior al tiempo de ciclo, posiblemente no serán reconocidas.
- En algunos casos puede haber un retardo de dos ciclos entre la presencia de una señal de entrada y la deseada reacción de una salida ante esta señal.
- Dado que las instrucciones se procesan secuencialmente, el comportamiento específico de la secuencia de un programa de PLC puede ser crucial.

En algunas aplicaciones, es esencial el poder acceder directamente a las entradas y salidas durante un ciclo. Para realizar el anterior requerimiento, se procesa el programa saltándose la imagen del proceso y siendo posible solo en algunos tipos de PLC.

4.3.3 Memoria del PLC

La memoria del PLC es el lugar donde se almacena la información, distinguiendo dos tipos de memoria utilizados:

- ROM (Random only memory), es una memoria de solo lectura y en ella esta el sistema operativo del PLC, siendo programada por el fabricante y es una memoria no volatil.
- RAM (Random acces memory), es una memoria de lectura-escritura y en ella se guardan los programas desarrollados por el usuario. Esta memoria puede programarse y borrarse fácilmente por lo cual requieren una batería para respaldar la información.

Existen variantes para las memorias descritas anteriormente, las cuales podemos observar en figura 4.5.

Tipos de memoria		Borrado	Programación	Sin voltaje, la memoria es
RAM	Random Access Memory "Memoria de accesos aleatorios" memoria escritura/lectura	Eléctrico	Eléctrica	Volátil
ROM	Read-Only-Memory "Memoria de sólo lectura" memoria de datos fijos	Imposible	Por máscaras en fábrica	No volátil
PROM	Programable PROM "Memoria fija programable"	Imposible	Eléctrica	No volátil
EPROM	Erasable ROM "Memoria fija borrable"	Por luz UV	Eléctrica	No volátil
RPROGRAM	Reprogramable ROM "Memoria fija reprogramable"	Por luz UV	Eléctrica	No volátil
EEROM	Electrically Erasable ROM "Memoria fija borrable eléctricamente"	Eléctrico	Eléctrica	No volátil
EAROM	Electrically Alterable ROM "Memoria fija reprogramable eléctricamente"	Eléctrico	Eléctrica	No volátil

Figura 4.5 Tabla de Memorias

4.3.4 Módulo de entradas

El modulo de entradas de un PLC, es la parte del hardware al cual están conectadas las señales del proceso que emiten entre otros elementos los sensores, finales de carrera, botones pulsadores, presostatos, etc. Dichas señales deben pasar a la unidad central para ser procesadas, por ello deben ser preparadas adecuadamente por los módulos de entrada que tienen entre otras funciones:

- Detección confiable de la señal
- Ajuste de la tensión, desde la tensión de control a la tensión lógica
- Protección de la electrónica sensible de las tensiones externas.
- Filtrado de las entradas

El componente principal de los actuales módulos de entradas que cumplen con los anteriores requisitos es el optoacoplador.

El optoacoplador transmite la información del sensor por medio de la luz, creando así un aislamiento eléctrico entre el control y los circuitos lógicos, protegiendo con ello a la sensible electrónica de las tensiones variantes externas.

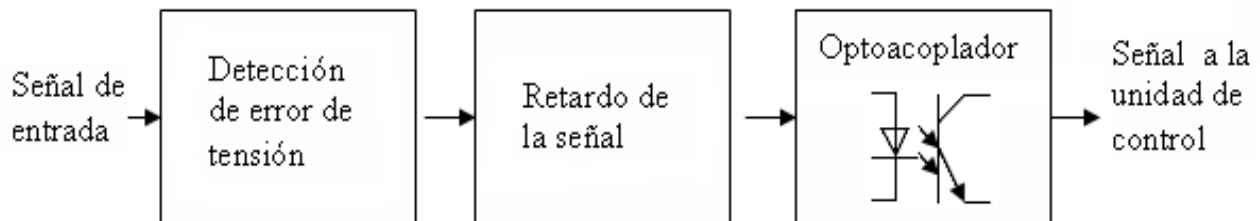


Figura 4.6 Diagrama de bloques para de un módulo de entradas

El módulo de entrada del PLC realiza un filtrado de la señal emitida por el sensor del orden de milisegundos, filtrando con ello la mayor parte de los impulsos parásitos requiriendo con ello que la señal de entrada sea aplicada por un período de tiempo suficientemente largo. Este retardo de la señal se realiza por hardware, a través de un circuito RC

CAPITULO IV

en la entrada del PLC. La figura 4.6 muestra el diagrama de bloques los componentes del módulo de entradas.

La duración de un retardo de entrada es de aproximadamente entre 1 y 20 milisegundos y depende este valor del fabricante. No olvidar que muchos fabricantes ofrecen entradas rápidas para aquellas tareas en las que el retardo de la señal de entrada es demasiada larga.

4.3.5 Módulo de salidas

La función de los módulos de salida, es conducir las señales de la unidad central a los elementos finales de control y debe cumplir las siguientes tareas:

- Ajuste de la tensión.
- Protección de la electrónica sensible a tensiones espúreas hacia el control.
- Amplificación de la señal del controlador hacia el control
- Protección contra cortocircuito y sobrecarga de los módulos de salida.

Para conseguir lo indicado anteriormente, la fabricación de los módulos se lleva a cabo mediante el uso de relés o de electrónica de potencia. La figura 4.7 ilustra los componentes del modulo de salidas.

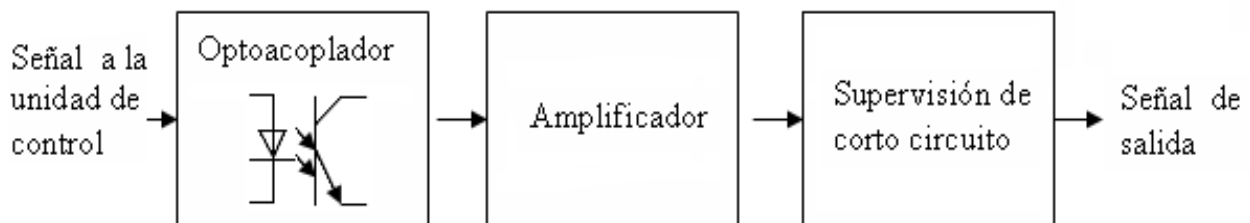


Figura 4.7 Diagrama de bloques para de un módulo de salidas

El optoacoplador, es la base para la electrónica de potencia asegurando la protección de la electrónica y en algunos casos el ajuste de la tensión. Un circuito de protección formado por diodos protege al transistor de los picos de tensión.

CAPITULO IV

Su mayor ventaja es la conmutación de la señal rápidamente y una mayor vida útil.

Cuando se emplean relés para las salidas, se logran alcanzar las diferentes funciones del módulo de salidas: Están aislados eléctricamente, es un excelente amplificador de potencia y protegido contra sobrecargas, por lo cual solo queda proteger contra cortocircuito con un fusible.

Dichas salidas tienen la ventaja de poder emplear diferentes tensiones de salida y su conmutación es inferior a las salidas electrónicas.

4.3.6 Comunicación con el usuario.

Cada PLC posee herramientas de diagnóstico y programación que permiten soportar su aplicación en cuanto a programación, verificación, puesta a punto, localización de averías, documentación y almacenamiento de los programas.

Dichas herramientas, son dispositivos de comunicación específicos del fabricante con dispositivos de fácil acceso y entendimiento con el usuario. Es decir, computadoras con el software y la interfase de comunicación correspondiente para un determinado tipo de PLC. Mencionamos la computadora debido a que actualmente es la variante preferida por los usuarios debido a su enorme capacidad, relativamente bajo costo y alta flexibilidad.

Es importante recalcar que el software, al formar parte de las herramientas de programación y diagnóstico, debe proporcionar al usuario una serie de funciones claramente definidas según la norma IEC 1131-1, y son:

- Introducción de programas
- Verificación de sintaxis
- Traductor
- Conexión entre PC y PLC
- Funciones de verificación
- Indicación del estado del sistema de control

- Documentación
- Archivado de los diversos programas de usuario.

4.4 Programación

La norma IEC 1131-3 es un estándar para la programación, no sólo de un PLC individual, sino también para sistemas de automatización complejos, donde los programas de control deben ser claramente estructurados para ser entendibles, fáciles de mantener y aún más portátiles, es decir, de fácil traslado a otros controladores.

Las definiciones se necesitan no sólo para las instrucciones de lenguaje elemental, sino también para los elementos de estructuración en el mismo. Los recursos de estructuración se refieren a programas de control y a la configuración del sistema de automatización, tales como: programa, bloque de funciones y función, siendo ellos quienes poseen la verdadera lógica de control (reglas) del programa, debido a que se utilizan en la modulación de programas de control y del programa de usuario. Estos recursos de estructuración están disponibles para cualquier lenguaje de programación y son suministrados por el fabricante.

La misma norma (IEC1131-3) define un amplio juego de funciones y bloques de función estandarizados que pueden ser ampliados por funciones propias desarrolladas por el usuario para tareas especiales o de continua recurrencia, siendo introducidas en librerías de las que pueden disponerse en cualquier momento.

Los programas son la capa exterior de la organización del programa y pueden diferenciarse de los bloques de función principalmente por el hecho de que no pueden ser llamados por ninguna otra unidad de organización del programa.

En la tabla de la figura 4.8, se muestran las diferentes notaciones para definir los comandos de las diversas variables en la programación de los principales lenguajes de programación de PLC existentes en el mercado Mexicano, podemos deducir que emplean de forma similar las siguientes definiciones:

CAPITULO IV

Definición		Allen Bradley	Siemens	Festo
Entrada	Outputs	O0	I	I
Salida	Inputs	I1	Q	O
Estados	Status	S2		
Banderas	Flags(Bit)	B3	M	F
Temporizadores	Timers	T4	T	T
Contadores	Counters	C5	C	C
Registros	Registers	R6		R
Enteros	Entegers	N7		
Datos		-	DB	
Palabra de salida				OW
Palabra de entrada				IW
Programa				P
		# =No. De archivo		

Figura 4.8 Comandos de las diversas variables para diferentes PLC

Podemos hablar de emplear sus correspondientes notaciones y para su direccionamiento diremos que disponemos de un operador absoluto el cual representa la función que a de ser reconocida por el PLC, indicándose en ella la ubicación exacta del componente, conforme lo mostrado en la figura 4.9

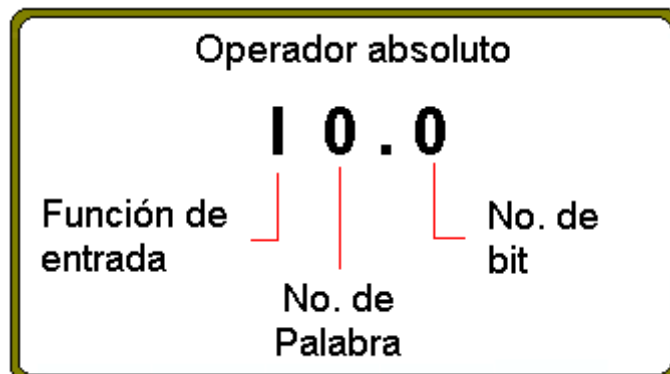


Figura 4.9 Direccionamiento para una entrada/salida de un PLC

Es posible asignar al operador absoluto un operador simbólico el cual facilita la interpretación de la programación, así de cómo un comentario que suele ser incluido, como se muestra en la figura 4.10.

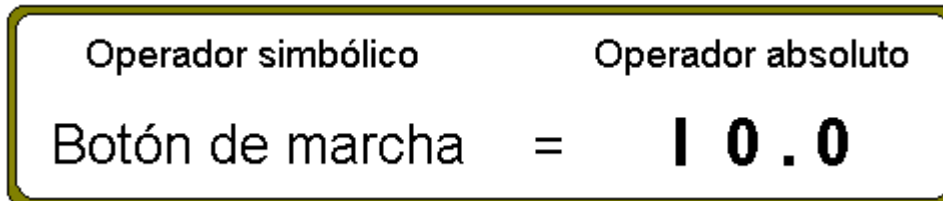


Figura 4.10 Direccionamiento con comentario

A nivel industrial podemos tener sistemas que trabajan en forma aleatoria y sistemas que trabajan en forma secuencial; una tercera forma sería una combinación de los dos anteriores.

Cuando se trabaja en forma aleatoria, se puede emplear una programación que también sea de un procesamiento aleatorio del programa. Para este caso, emplear el Diagrama de Escalera como lenguaje de programación sería lo más recomendable.

Para sistemas que trabajan en forma secuencial, donde para seguir avanzando en el proceso es forzoso que antes se hayan ejecutado los movimientos anteriores, se recomendaría trabajar con un lenguaje secuencial como por ejemplo el Listado de Instrucciones.

No por ello significa que debemos trabajar de esa forma debido a que la estructura de los diferentes controles industriales solo permite trabajar de acuerdo a lo desarrollado por el fabricante y debemos ajustarnos a esa condición.

4.4.1 Lenguajes de Programación

La norma IEC 1131-3 define cinco lenguajes de programación y aunque la funcionalidad y la estructura de los mismos es muy diferente, son tratados como una sola familia de lenguajes por IEC1131-3, son elementos de estructura solapados (declaración de variables, funciones, bloques de función, etc.) y elementos de configuración.

CAPITULO IV

Los diferentes lenguajes pueden mezclarse de cualquier forma dentro de un proyecto por PLC, pero la unificación y estandarización de estos cinco lenguajes representa un compromiso de requerimientos históricos, regionales y específicos de cada sector que no ha terminado por definirse y aplicarse.

»Programación en Diagrama de Escalera (*Ladder Diagram, LDR ó Kontaktplan, KOP*)

El diagrama de escalera es un lenguaje de programación gráfico y emula de una manera muy cercana a los diagramas eléctricos, es decir, se consideran contactos abiertos o cerrados, en serie o en paralelo que activan a los elementos de bobina para realizar diversas funciones.

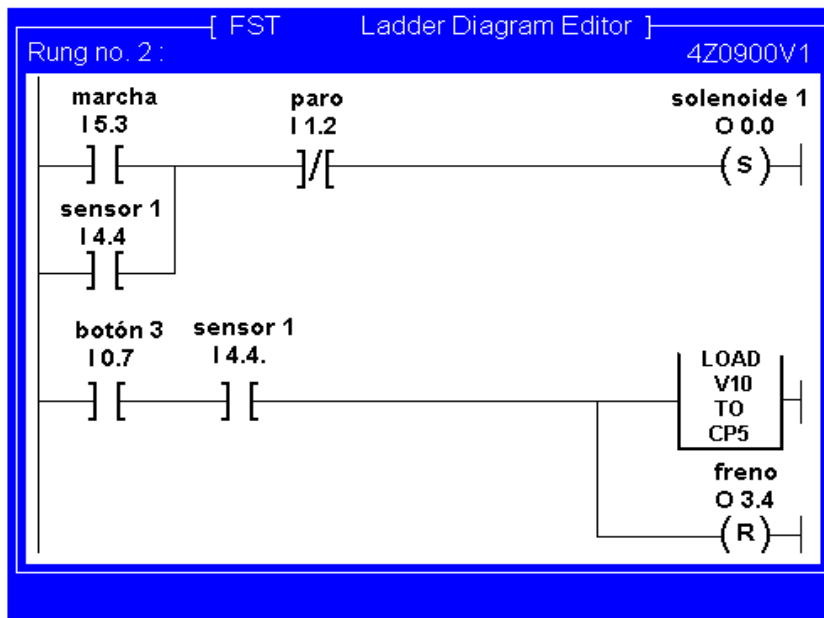


Fig. 4.11 Diagrama de Escalera

De tal forma, mediante un sencillo sistema de representación por contactos se puede activar o desactivar bobinas, según las condiciones previas de las señales de entrada.

Es de cierta forma una programación combinatoria, debido a que siempre esta realizando un escaneo del programa y la línea o líneas

CAPITULO IV

que cumplan las condiciones son ejecutadas. Como observamos en la figura 4.11

La lógica de programación es sencilla, trabaja con la estructura de condición contra Acción. Ver Figura 4.12

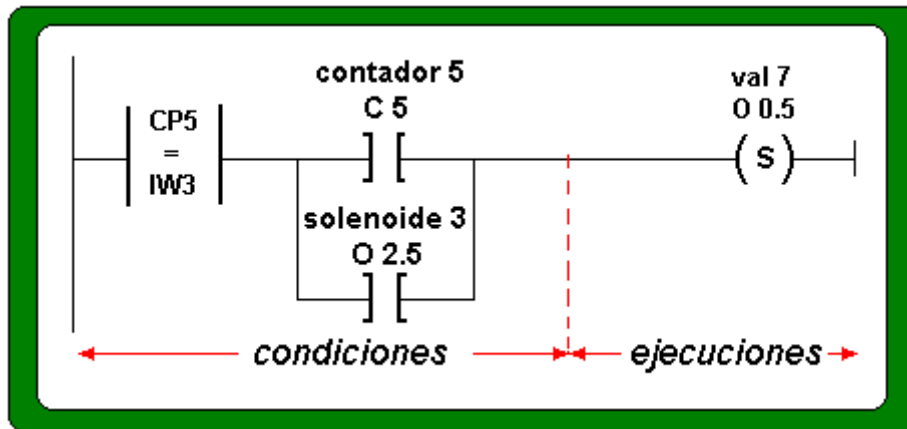


Figura 4.12 Lógica de ejecución.

» **Programación en Diagrama de funciones** (*Function Char, FCHt* ó *Funktionplan, FUP*)

En la programación por diagrama de bloques de función, las funciones y los bloques de función están representados gráficamente e interconectados en redes. Este programa tiene su origen en el diagrama lógico que se utiliza en el diseño de circuitos electrónicos y lo podemos apreciar en la figura 4,13

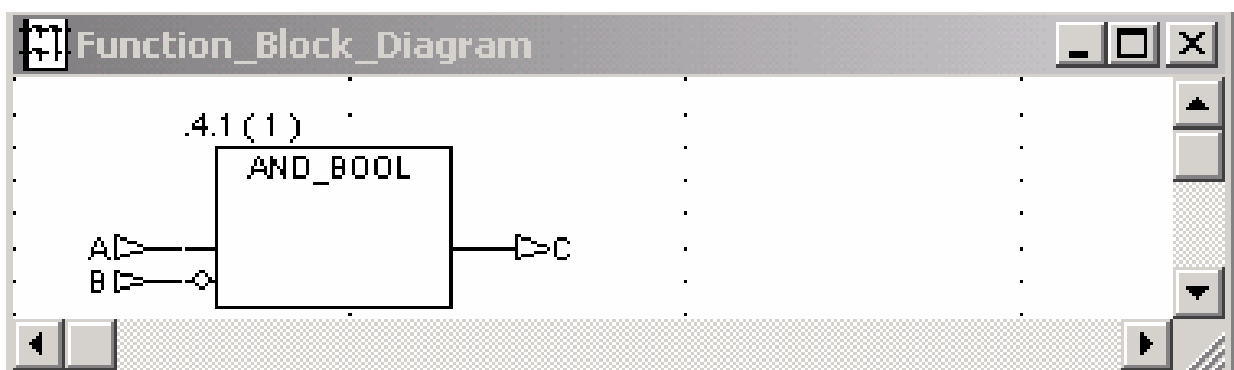


Figura 4.13 Estructura del lenguaje en bloques de función.

» Programación en Lista de Instrucciones (*Statement List, STL* ó *Anweisungsliste, AWL*)

El listado de instrucciones es un lenguaje textual tipo ensamblador (assembler) caracterizado por un modelo de máquina simple (procesador con un solo registro), similar a la programación de alto nivel. La lista de instrucciones se formula a partir de instrucciones de control consistentes en un operador y un operando.

Su estructura esta definida en pasos, en los cuales mediante un sencillo sistema de instrucciones (condiciones) se puede activar o desactivar salidas (acciones). La figura 4.14 nos muestra la estructura del lenguaje.

```
STEP 1
  IF          IO.0      'botón de inicio
    AND       IO.1      'sensor de inicio
  THEN SET    OO.0      'lámpara1

STEP 2
  IF          N        IO.0      'botón de inicio
  THEN RESET  OO.0      'lámpara1

STEP final
  IF          NOP
    | JMP TO 1
```

Figura 4.14 Estructura del lenguaje lista de instrucciones.

Es una programación de tipo secuencial, en la cual debe de ser verdadera las condiciones de un paso para poder seguir con el siguiente.

» Programación en Texto Estructurado (*Structured Text, ST*)

El texto estructurado es un lenguaje de alto nivel basado en Pascal, que consiste en expresiones e instrucciones. Las instrucciones pueden definirse principalmente como: Instrucciones de selección, tales como IF... THEN....ELSE, etc, instrucciones de repetición tales como: FOR...

WHILE, etc. Y llamadas a bloques de función, como se observa en la figura 4.15

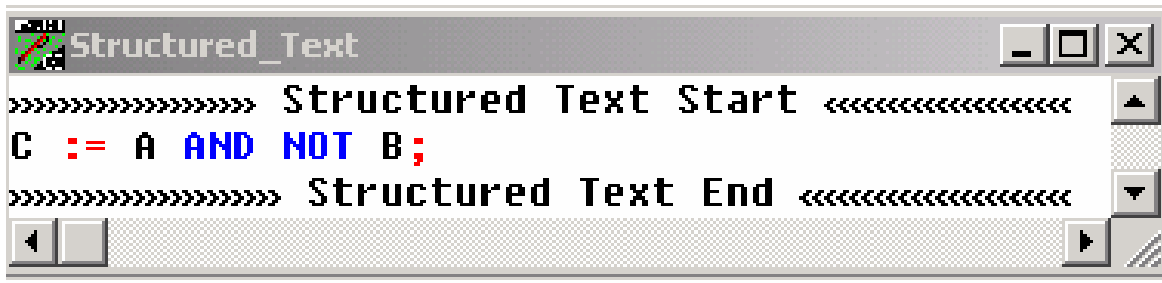


Figura 4.15 Lenguaje texto estructurado

El texto estructurado permite la formulación de numerosas aplicaciones, más allá de la pura tecnología de funciones, tales como algoritmos, manejo y procesamiento de estructuras de datos complejas.

»Programación de Funciones Secuencial (*Sequential Function Chart, SFC*)

El diagrama de funciones secuencial, es un recurso de lenguaje para la estructuración de los programas de control orientados a secuencias.

Los elementos del diagrama de funciones secuencial son las etapas, las transiciones y las derivaciones alternativas y en paralelo, como observamos en la figura 4.16.

Cada etapa representa un estado del proceso del programa de control, que se halla activo o inactivo. Una etapa consiste en acciones, que al igual que las transiciones, están formuladas de acuerdo a La norma IEC 1131-3. Las propias acciones pueden contener de nuevo estructuras secuenciales. Esta característica permite la estructura jerárquica de un programa de control. Por lo tanto, el diagrama de funciones secuencial es una herramienta excelente para el diseño y la estructuración de programas de control.

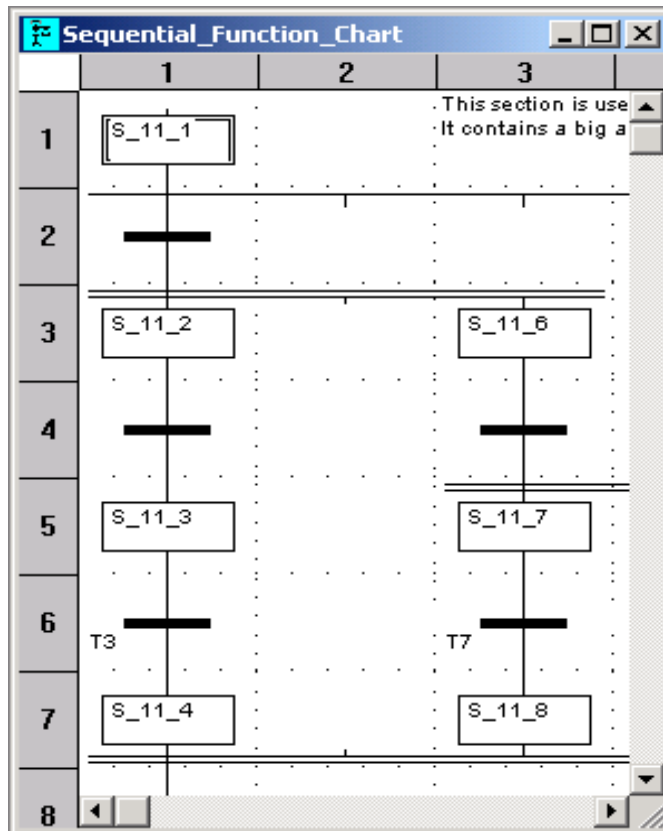


Figura 4.16 Lenguaje Diagrama de Funciones Secuencial

4.4.2 Comandos a emplear en el proyecto

En este proyecto emplearemos un PLC de la marca FESTO, el cual puede manejar los lenguajes de programación en Diagrama de Escalera y Listado de Instrucciones. Particularmente será empleado el segundo en el desarrollo del proyecto.

El controlador es de la familia FEC400 y 600 los cuales tienen la particularidad de poseer un puerto Ethernet de comunicación y con el cual nos auxiliaremos para realizar una RED de comunicación entre los diferentes PLC que integran la celda.

Los diferentes comandos e instrucciones a emplear entre otros son:

STEP = PASO;

Bloque que permite esperar a que se cumplan las condiciones para ejecutar las acciones

CAPITULO IV

IF = SI;

Parámetro que pregunta si la condición de las entradas es verdadera

THEN = ENTONCES;

Instrucción que ejecuta las acciones (salidas) al ser verdadera la entrada.

OTHRW = EJECUTAR SEGUNDA OPCIÓN;

Instrucción que ejecuta una segunda acción si no se cumple el IF de condición de entrada. Permite salir del paso en que se encuentra pasando al siguiente.

LOAD = CARGAR VALOR;

Asigna el valor indicado a una variable, que puede ser un registro, un contador o tal vez un temporizador.

AND = FUNCIÓN LÓGICA “Y”;

Realiza la función lógica Y entre dos o más condiciones de entrada

OR = FUNCIÓN LÓGICA “O”

Realiza la función lógica O entre dos o más condiciones de entrada.

TP = PRESELECTOR DE UN TEMPORIZADOR;

Asigna el valor preestablecido al temporizador correspondiente.

CP = PRESELECTOR DE UN CONTADOR;

Asigna el valor preestablecido de conteo al contador correspondiente.

CALL PROGRAM MODULE (CMP) = MODULO DE PROGRAMA;

Son sub-programas que permiten ser creados con información específica para ser llamados y ejecutados de una forma sencilla. Debe ser respetado su estructura y colocar los valores requeridos en cada renglón.

IP_TABLE; Genera una tabla con diversas direcciones IP de los PLC que estarán en comunicación, su estructura es la siguiente:

CAPITULO IV

THEN	CMP 40	IP_TABLE	Tabla de direcciones IP
	WITH	V1	1= Grabar la dirección IP en la tabla 2= Preguntando la dirección IP en la tabla
	WITH	V1	Posición en la tabla del PLC
	WITH	V141	Dirección IP
	WITH	V130	Dirección IP
	WITH	V163	Dirección IP
	WITH	V70	Dirección IP

EASY_S; Enviar datos al alcance de otro PLC. Su estructura es la siguiente:

THEN	CMP 41	EASY_S	Módulo para enviar datos
	WITH	V3	Posición en la tabla 3
	WITH	V1	Tipo de operador: 1=Bandera; 2= Entrada; 3=Salida; 4=registro; 5=Preselector de tiempo; 11=Cadena información(strings)
	WITH	V10	Número de operandos que pueden ser enviados (máximo de 256)
	WITH	V50	Número del lugar del que será enviado la información (PLC local)
	WITH	V70	Número del lugar donde llegara la información (PLC remoto)
	WITH	V100	Palabra de bandera para estado. 1= Si la confirmación es no deseada.

P = PROGRAMA;

Esta función nos permite referirnos a un programa específico

ROBÓTICA INDUSTRIAL

5.1 Introducción

El desarrollo de la tecnología esta directamente relacionada con satisfacer las necesidades más diversas y variadas del hombre, motivo por el cual lo ha llevado a diseñar, crear y construir infinidad de elementos o dispositivos capaces de satisfacer dichas necesidades con el objetivo de llevar una vida mejor.

No obstante, no todos los desarrollos generados por las personas son enfocados al bienestar humano; de ahí la responsabilidad que implica no sólo la creación de dispositivo sino su correcta aplicación en el bienestar humano y del ambiente que es un tema de gran trascendencia en estos momentos a nivel mundial.

El tema de la energía nuclear y el manejo y manipulación de materiales radioactivos, por ejemplo, son algunas tareas que implican un gran riesgo para el ser humano, motivo por el cual ha diseñado dispositivos que le permitan su utilización sin que para nosotros sea peligroso.

De todos esas creaciones, el Robot es un gran satisfactor, que ha generado una industria propia y con el paso del tiempo cada vez más sofisticada y no menos compleja que en sus inicios. Enfocada en sus inicios a trabajos peligrosos o en las condiciones ambientales más extremas que demandan un gran esfuerzo físico y que con el paso del tiempo se ha perfeccionado de tal forma que ahora su campo de aplicación va más allá de esas tareas riesgosas y busca su utilización en satisfactores que no son considerados industriales; es decir, se están implementando en cuestiones medicas y de salud, en la diversión y entretenimiento y no tardaremos en verlos en casa.

La palabra **Autómata** se define originalmente como una máquina que puede reproducir movimientos, funciones o trabajos realizados por el brazo humano.

La expresión **Robot** tiene sus raíces en la palabra de origen germánico Robot. Ha sobrevivido en Polonia y Chequia como Robota que significa trabajo duro. El deseo de que el trabajo pesado fuera realizado por máquinas y dejar al hombre el trabajo intelectual ha provocado desde tiempos remotos, que desarrolle una serie de métodos, técnicas y

CAPITULO V

tecnologías diversas que dan como resultado un desarrollo industrial y en algunas áreas éste es exponencial.

Veamos algunos hechos relevantes en el transcurso de la historia:

Por el año de 1770, en Neuenburg, **Pierre Jaquet-Droz** construyó tres androides: Muñecas que podían escribir frases enteras con una pluma en un papel y cambiando un disco de metal interno, podía cambiar la frase.

En el año de 1920 **Karel Capek** escribe la utópica obra “Los Robots Universales de Rossum” en Praga, dando popularidad a la palabra Robot, debido a que el drama era una anticipación a la moderna ciencia-ficción: los robots toman el poder, eliminan a los humanos y destruyen el secreto de su autoconstrucción. A mediados de los años veinte, Los Estados Unidos crean un robot llamado “Televox” que tenía la función de supervisar depósitos de agua, ponía en marcha la bomba, la luz y el ventilador.

Isaac Assimov en 1943, introduce el término Robótica y establece las tres leyes que rigen el funcionamiento de un robot:

- 1.- Un Robot no deberá causar ningún daño al ser humano al realizar su actividad, ni deberá permitirlo a través de su inactividad o alguna causa externa.
- 2.- Un Robot deberá obedecer totalmente las órdenes humanas, siempre y cuando no contrapongan a la 1era ley.
- 3.- Un Robot deberá autoprotgerse de cualquier daño, siempre y cuando no contraponga a las leyes anteriores.

En los Estados Unidos alrededor de 1958, se sientan las bases para el desarrollo de la Robótica moderna, al diseñar los primeros manipuladores mecánicos de control manual para manejar materiales radioactivos sin exponer al operador.

En la década de los setentas en una empresa llamada Unimation, George Devol, diseña y fabrica un dispositivo en el cual combina los servocontroles de una máquina de control numérico y el control manual de un manipulador con articulaciones mecánicas. Al inicio de esa década, la Universidad de Stanford y el Instituto Tecnológico de

CAPITULO V

Massachussets establecen formalmente la investigación y desarrollo de la Robótica.

En la actualidad el país más importante en el desarrollo y empleo de la Robótica es Japón.

5.2 Definiciones

El sueño de la humanidad era el de crear una máquina semejante al hombre: un androide, que pudiera servirle. Dicho término tiene por traducción “como el hombre” y a finales del siglo 18 en el oeste de Suiza la industria relojera adquirió una particular distinción al alcanzar un dominio de la precisión mecánica y prueba de ello están los androides desarrollados por Pierre Jaquet-Droz.

Podemos decir que los robots son brazos para manipulación, más sin en cambio tomar de base el sistema muscular humano para el diseño de un robot no es tan sencillo, debido a que solamente la mano humana tiene 22 grados de libertad y 6 opciones de movimiento que son muy independientes entre si. Resultaría bastante costoso tratar de imitar tal cantidad de grados de libertad; por otro lado tampoco se hace necesario debido a que para cada movimiento complejo que se requiera realizar, puede dividirse en rotaciones y traslaciones que pueden ejecutarse por medio de disposiciones constructivas más sencillas. De ahí que los robots industriales buscan realizar una tarea y están diseñados en base a su funcionalidad más que en su apariencia.

En los dispositivos manipuladores, se distinguen los controlados manualmente y los controlados mecánicamente; estos últimos pueden tener un programa fijo o ser libremente programables.

De acuerdo con la Asociación del Robot Industrial Japonés (JIRA), un robot se define como una máquina capaz de realizar movimientos versátiles similares a los de las extremidades superiores del cuerpo humano, y que en base al reconocimiento por medio de sensores pueda controlar su comportamiento.

CAPITULO V

Según la Organización Internacional de Estandarización (ISO), un robot se define como un manipulador controlado en posición reprogramable, polivalente con varios grados de libertad, capaz de manipular materiales, herramientas y dispositivos de sujeción durante los movimientos variados y programados para la ejecución de una gran variedad de tareas.

Podemos definir a un Robot industrial como un sistema de propósito general capaz de dominar cualquier punto dentro de su envolvente tridimensional en forma precisa y que su programación permite de manera flexible realizar modificaciones en su comportamiento.

5.3 Características de los Robots

En los Robots como en cualquier tipo de máquina existen características que destacan su capacidad de funcionamiento y que garantizan su desempeño en la tarea asignada. Así por ejemplo podemos citar entre otras: Construcción, tipo, grados de libertad, capacidad de carga, repetitividad o exactitud en las posiciones, velocidad, lenguaje de programación, tipo de control.

5.3.1 Anatomía del robot

La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los robots industriales están situados sobre una base unida a ella encontramos el cuerpo, el conjunto del brazo esta unido al cuerpo y al final tenemos situada la muñeca.

Los robots industriales están disponibles en una amplia gama de tamaños, formas y configuraciones físicas que proporcionan los movimientos relativos a los diferentes componentes del cuerpo, brazo y muñeca a través de una serie de articulaciones que definen el espacio operativo del robot y se conocen como grados de libertad. Existen tres diferentes tipos de articulaciones: las prismáticas (P), de revolución (R) o giro y esférica (V).

Las articulaciones prismáticas, son aquellas que permiten un desplazamiento lineal.

CAPITULO V

Las articulaciones de revolución o giro son aquellas que permiten movimiento circular en un solo plano. Es una articulación muy utilizada debido a que ocupa un espacio reducido y permite una gran movilidad.

La articulación esférica funciona como una combinación de tres articulaciones de revolución debido a que puede girar en tres diferentes ejes. Su funcionamiento es muy similar entre el hombro y el brazo del cuerpo humano. Es empleada muy poco en los robots debido a la complejidad de activación.

La gran mayoría de dichos robots tienen una de las siguientes cuatro configuraciones:

- 1.- Configuración Polar
- 2.- Configuración Cilíndrica
- 3.- Configuración de Coordenadas Cartesianas.
- 4.- Configuración de Brazo Articulado.

La configuración Polar (Figura 5.1) Utiliza un brazo telescópico que puede elevarse o descender alrededor de un pivote horizontal, el cual está montado sobre una base giratoria. Es decir posee dos articulaciones de revolución (R) y una articulación prismática (P) proporcionando al robot la capacidad de desplazarse dentro de un espacio esférico; con la característica de una gran envolvente y menor grado de rigidez mecánica. El control de estos robots es más complicada que los robots cilíndricos debido a que se tienen movimientos de rotación en las primeras dos articulaciones

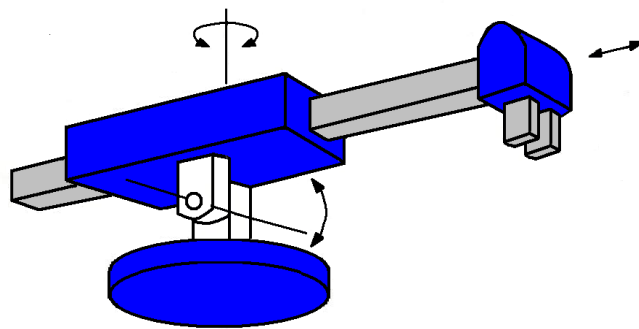


Figura 5.1 Robot de configuración polar

En la configuración Cilíndrica (Figura 5.2) se emplea una columna vertical y un dispositivo de desplazamiento que puede moverse longitudinalmente a la columna en sentido ascendente o descendente. El brazo del robot esta acoplado a un dispositivo deslizante de forma tal que puede moverse en sentido radial con respecto a la columna. Posee dos articulaciones prismáticas (P) y una de revolución (R). Si se hace girar la columna, el robot es capaz de cubrir un espacio operativo cilíndrico. El envolvente de trabajo es mayor que el robot cartesiano, pero su rigidez mecánica es menor. El controlar los movimientos es un poco más complicado que los modelos cartesianos, debido a que los momentos de inercia desarrollados en diferentes puntos por los movimientos en los ejes lineales afectan a la base con articulación giratoria.

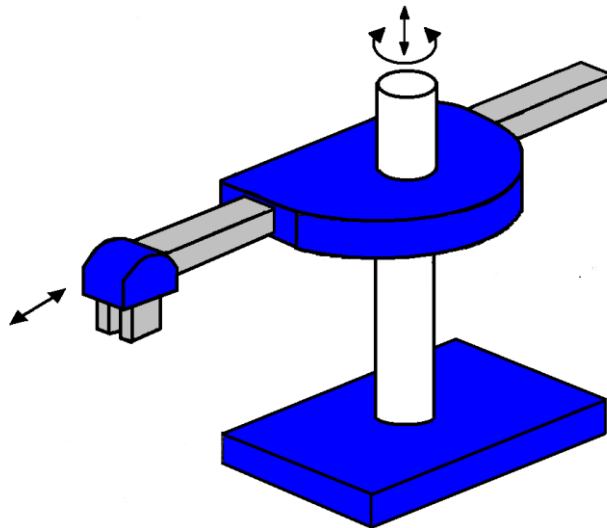


Figura 5.2 Robot de configuración Cilíndrica

El robot de coordenadas cartesianas (Figura 5.3) utiliza tres dispositivos deslizantes perpendiculares para construir los ejes **X**, **Y** y **Z**. Desplazando los tres dispositivos deslizantes entre si, el robot es capaz de operar dentro de un envolvente rectangular de trabajo. Suele conocerse a este robot como de pórtico y suelen ser grandes con apariencia de grúas. Los robots Cartesianos están constituidos de tres articulaciones prismáticas codificadas como PPP y están caracterizados por tener una envolvente pequeña poseyendo una gran repetibilidad debido a la rigidez mecánica de sus actuadores. Estos robots son empleados en tareas de maquinado de precisión.

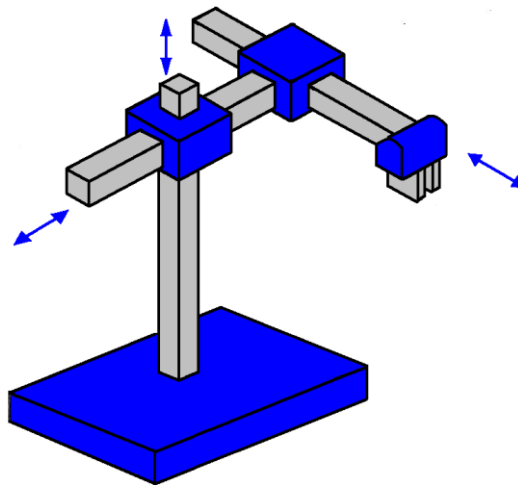


Figura 5.3 Robot de coordenadas cartesianas

El robot de brazo articulado (Figura 5.4), su configuración es parecida a la del brazo humano. Esta constituido por dos componentes rectos que corresponden al antebrazo y al brazo humanos, montados sobre un pedestal vertical. Dichos componentes están conectados por dos articulaciones giratorias que corresponden al hombro y al codo, un efector final está unida al extremo del antebrazo. Este tipo de robot incluye tres articulaciones de revolución (RRR). Su envolvente es el de mayor de todos con la más baja rigidez mecánica. El control es complicado y difícil debido que deben sumarse las variaciones en los momentos de carga y los momentos de inercia de las tres articulaciones al desplazarse a través de su envolvente.

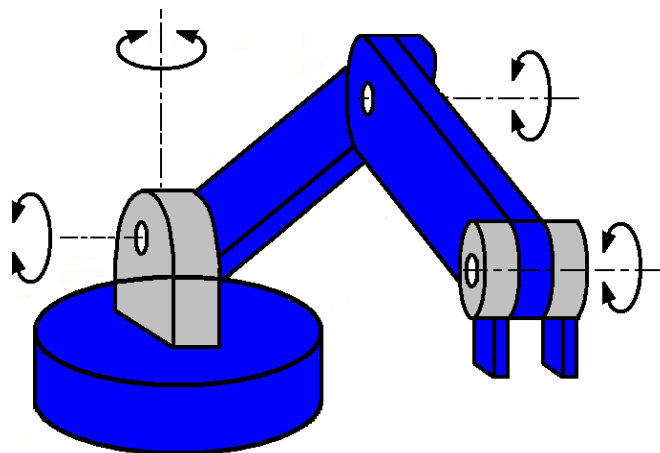


Figura 5.4 Robot de brazo articulado

5.3.2 Tipos de robot Industriales (Espacio Operativo)

A nivel industrial podemos hablar de los siguientes tipos de robots.

Robot Cartesiano- Lineal. El movimiento que realiza éste Robot es únicamente posible en un plano de los ejes cartesianos tomando como referencia el efector final (mano). Posee tres ejes lineales.

Las aplicaciones típicas para éste robot se dan en donde el proceso requiere tomar y colocar rápido.

La Figura 5.5 muestra una construcción de dicho robot

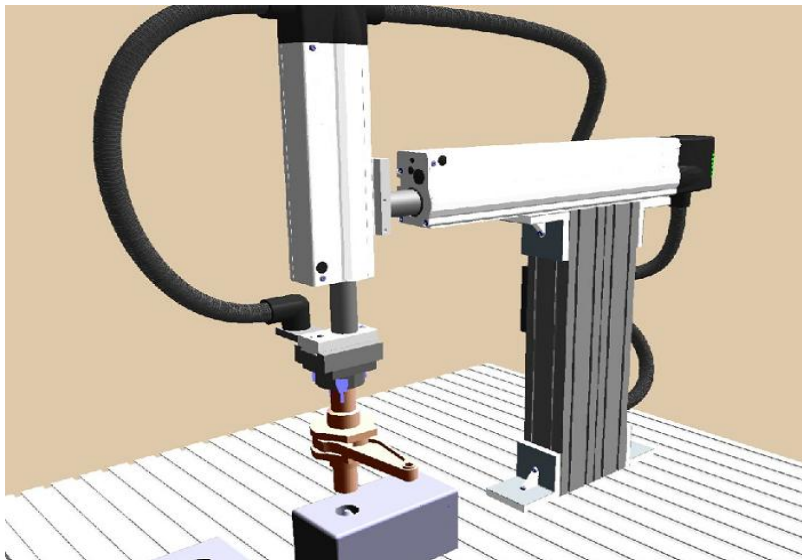


Figura 5.5 Robot Cartesiano

Robot Gantry- Este tipo de robot tiene un gran espacio de trabajo aunado a una gran capacidad de carga. Puede desplazarse a lo largo de los ejes X,Y,y Z contando además con un movimiento de rotación sobre el eje Z.

Debido a las grandes dimensiones que posee se maneja con velocidades bajas al realizar tareas de paletizado, empaque, almacenamiento, entre otras, tal y como se ilustra en la figura siguiente 5.6.

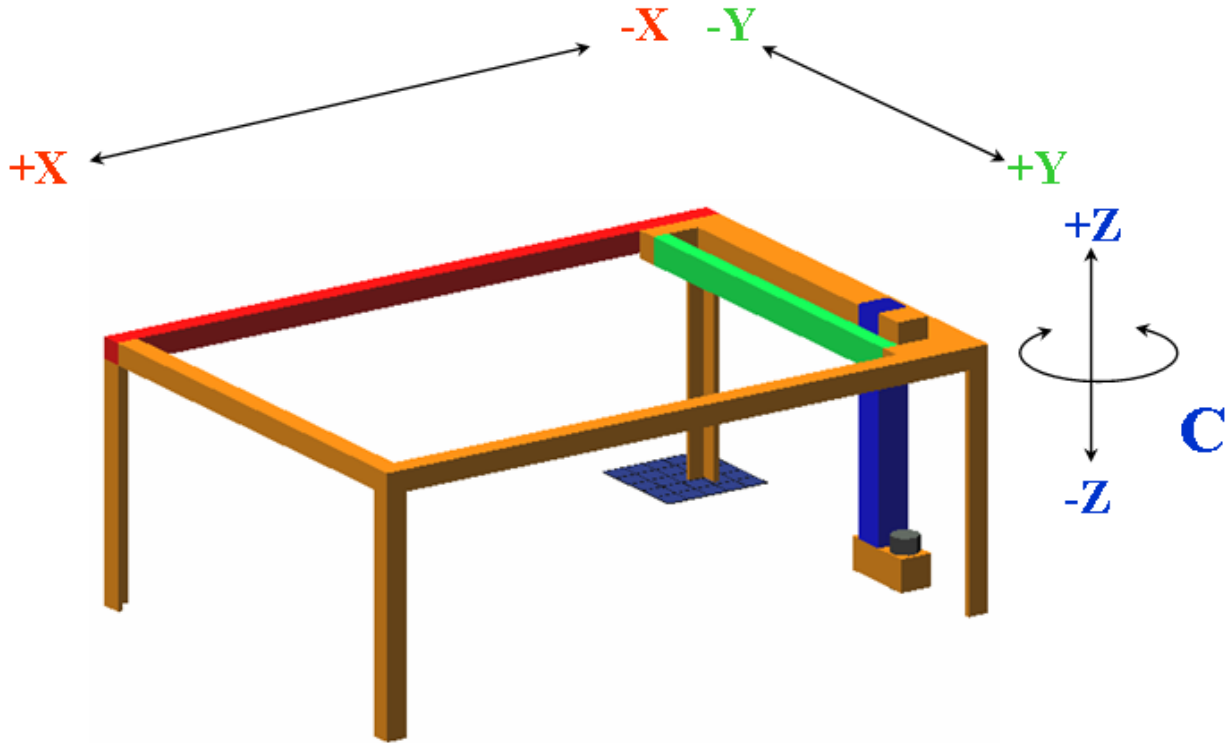


Figura 5.6 Robot Gantry

SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arms). Dicho robot presenta una configuración de 2 o 3 Articulaciones rotacionales y una articulación lineal. Por su configuración nos presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Movimientos horizontales muy rápidos
- ✓ alta rigidez en la dirección vertical
- ✓ Cierta flexibilidad en sentido de los ejes X-Y
- ✓ Muy alta repetibilidad

Si hablamos de sus desventajas debemos mencionar su:

- ✓ Área de trabajo únicamente en un plano
- ✓ Baja capacidad de carga

Es empleado en tareas de paletizado y lo observamos en la figura 5.7



Figura 5.7 Robot SCARA

Robot de Brazo Articulado. Consta de varios ejes rotacionales, produciendo un espacio operativo esférico y posee en su Configuración 5 o 6 articulaciones rotacionales; como lo podemos observar en la figura 5.8.

Podemos mencionar entre sus ventajas, las siguientes:

- ✓ Area de trabajo 3-dimensiones
- ✓ Alta exactitud
- ✓ Movimientos rápidos
- ✓ Alta capacidad de carga
- ✓ Orientación del griper arbitraria (6 articulaciones)

Las aplicaciones donde suelen utilizarse, son:

- ✓ paletizado
- ✓ Ensamble
- ✓ Soldado
- ✓ Pintado
- ✓ Procesos sobre superficies
- ✓ Piezas de trabajo y herramientas de trabajo
- ✓ control de calidad

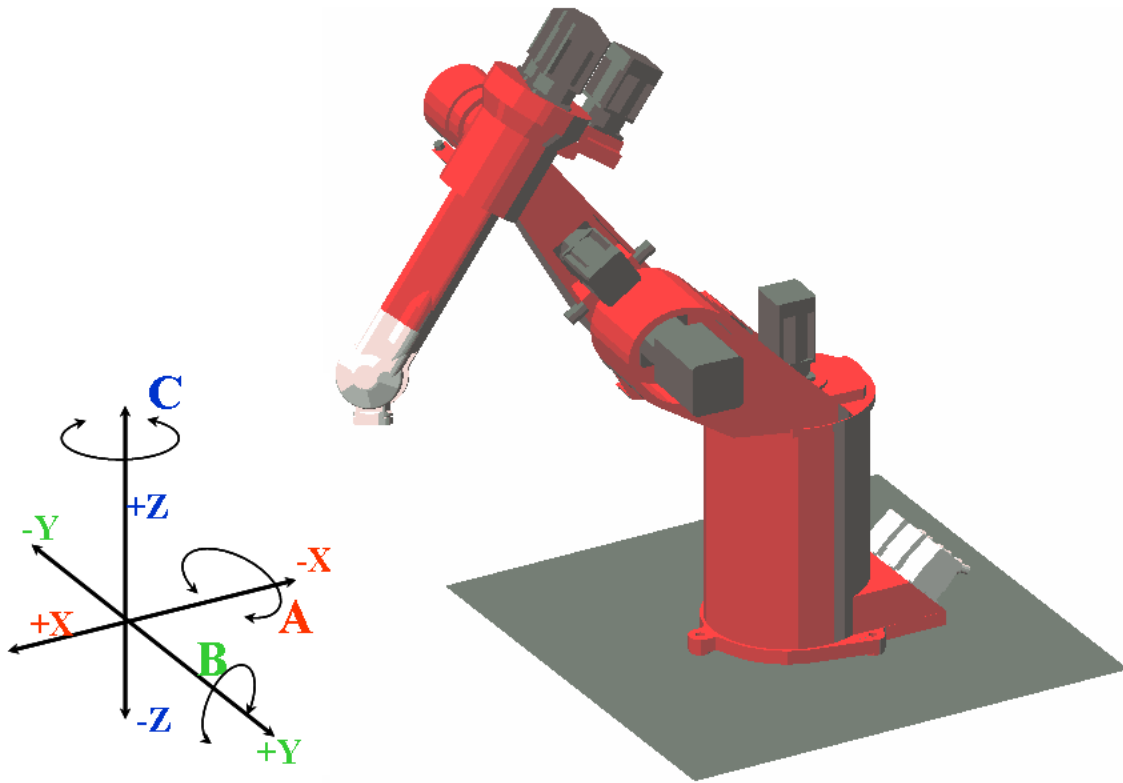


Figura 5.8 Robot Brazo Articulado

5.4 Componentes del robot

El robot se divide en dos módulos principales: el brazo del robot y el controlador del robot. Estos módulos se dividen a su vez en los subsistemas que podemos observar en la figura 5.9.

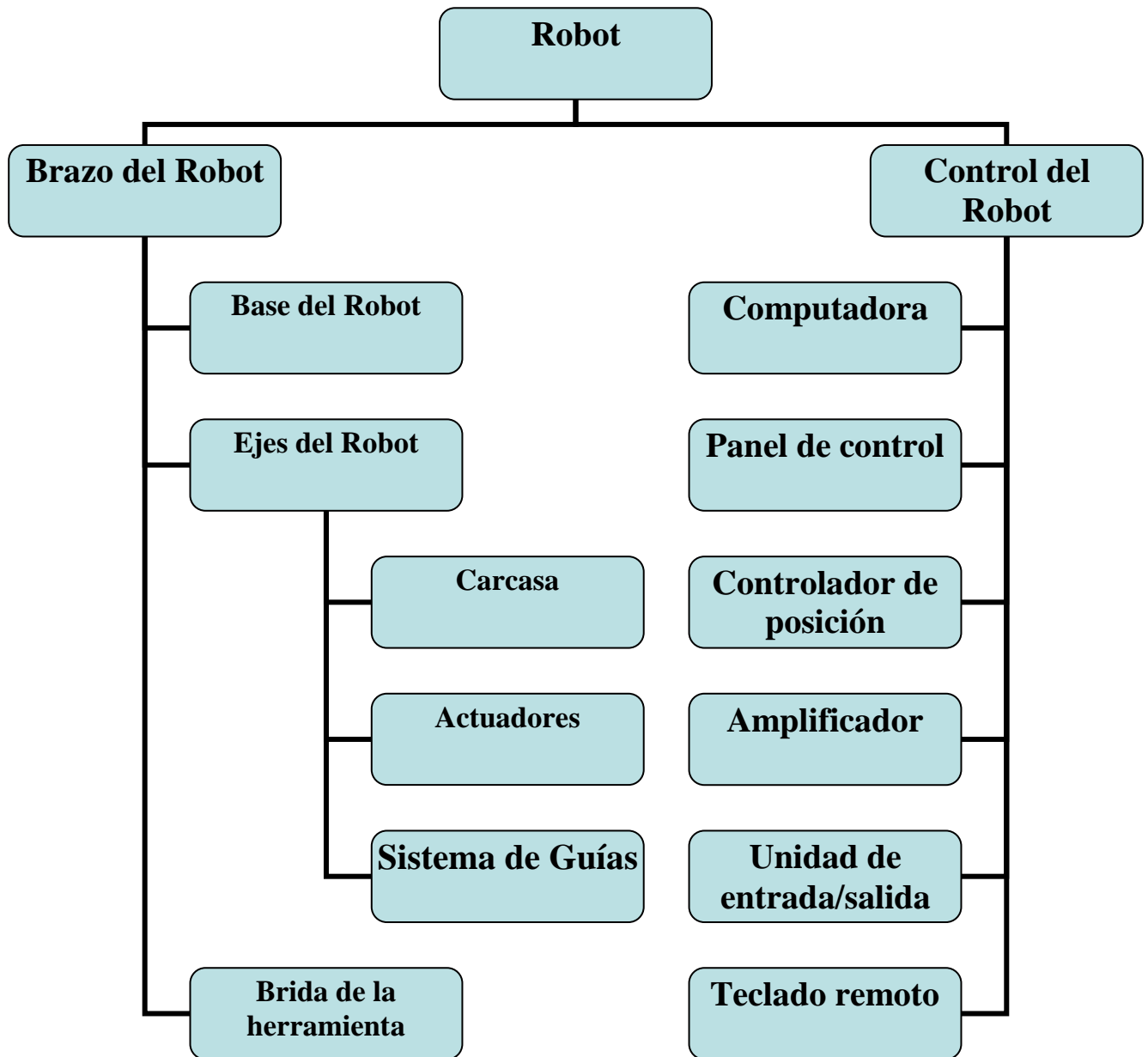


Figura 5.9 Componentes del robot

5.4.1 Brazo del Robot

El brazo del robot esta compuesto de los siguientes subsistemas: Base del robot, Ejes del Robot y brida de la herramienta.

Base del robot. La función de este subsistema es de soportar todas las fuerzas y pares que se generan al estar en movimiento el robot. En la

CAPITULO V

parte inferior de la misma se define y marca la posición de referencia, a la cual se refieren todas las dimensiones dentro del espacio operativo del robot.

Ejes del robot. Los ejes del robot son las articulaciones en las que se genera el movimiento y esta compuesto por:

La carcasa cuya función principal es la de proteger y alojar todos los elementos que generan movimiento, el sistema de guías, el sistema de control, líneas eléctricas, neumáticas o hidráulicas además de soportar todos los esfuerzos generados durante su trabajo.

Los actuadores convierten la energía eléctrica en mecánica, indican la posición y velocidad del movimiento en dicho eje, así como asegurar a los ejes contra movimientos involuntarios durante el funcionamiento sin carga. Por tal motivo podemos decir que este sistema esta compuesto por los actuadores (eléctricos principalmente), los engranes/ reductores o bandas, los encoders de desplazamiento y freno.

Los sistemas de guías dirigen los ejes del robot a lo largo de un recorrido giratorio (rotacional) o lineal (de traslación) a lo largo de una trayectoria definida.

Brida de la herramienta. Es la interfase entre el robot y el efector final (herramienta) guiada por el brazo. Recibe las fuerzas y pares de la herramienta transmitiéndolas al eje, sí como todas las cargas que se generan. Estas herramientas realizan trabajos diversos y usualmente deben ser cambiadas durante el proceso automáticamente para ahorro de tiempos en el ciclo productivo. En la actualidad, un buen diseño de la herramienta permite realizar varios trabajos, de tal forma, se ahorra más tiempo al no cambiarla.

5.4.2 Control del Robot

Cada uno de los ejes del robot debe moverse a la velocidad exigida hacia una posición predefinida, motivo por el cual deben coordinarse los ejes. Los datos necesarios para esto, es decir velocidades, posiciones, y secuencia son predeterminados y supervisados por el control. Los subsistemas requeridos forman en su conjunto el controlador del robot y se clasifican de acuerdo a su capacidad y modo de funcionamiento, que en siguiente inciso describiremos.

Un control convencional se compone de los siguientes subsistemas:

CAPITULO V

Computadora. Un robot debe tener un medio de controlar y regular su sistema impulsor, así como coordinar todos los movimientos de sus ejes. Para ello emplea un controlador principal (computadora industrial) que interpreta el programa de control y con ayuda de las tarjetas de entradas y salidas externas permite interactuar con su entorno. Posee tarjetas de potencia para el control de los servomotores.

Dicha computadora es el verdadero “cerebro” del robot, y es ahí donde se concentra toda la información de los controladores de posición, amplificadores, panel de control, dispositivo de control manual (teach Pental) y unidades de entrada y salida y es utilizada junto con el programa del robot. A partir de esta combinación se generan las órdenes para los diversos actuadores.

Dicho control, supervisa los errores de los módulos mencionados y gestiona en el panel de control la visualización de los correspondientes mensajes de error.

Aparte de estas funciones de supervisión e información, la principal tarea del control es la de ejecutar las órdenes de posicionado para los ejes del robot de acuerdo al programa del mismo y, a partir de la última posición almacenada, calcula cada movimiento del brazo del robot, así como la posición que debe adoptar cada eje. Dado que las posiciones finales también pueden estar especificadas en un sistema básico de coordenadas, las posiciones de los puntos tienen que ser convertidas a movimientos individuales de cada eje. Esto se logra por medio de una intensiva transformación de coordenadas que también es realizada y calculada por el controlador.

El Panel de control en el armario de mando varía sensiblemente para cada tipo de robot. El equipamiento mínimo comprende un interruptor principal para conectar y desconectar la tensión de alimentación, dos interruptores para poner en marcha y detener el ciclo del robot (start y stop), un pulsador de paro de emergencia y otro de restablecimiento del sistema (reset). Los paneles de control más sofisticados presentan monitores o pantallas, así como pulsadores en forma de teclado industrial. La figura 5.10 muestra un panel de control de un robot. En él es posible leer las condiciones de programa y seleccionar el programa, el modo de funcionamiento y los mensajes de error.



Figura 5.10 Panel de control de controlador RV-2AJ

Controlador de posición. La función de dicho elemento es la de recibir y comparar la posición predefinida, determinada por la computadora con la posición real enviada desde el encoder de desplazamiento para cada eje del robot. A partir de esta información el controlador de posición, calcula el valor que ha de ser asignada a la variable manipulada para cada servoamplificador del correspondiente eje. De encontrar errores el controlador de posición detiene el movimiento del eje del robot y emite un mensaje de error a la computadora. Entre las variables que maneja la variable manipulada es la velocidad y sentido de movimiento del eje.

Amplificador. Este tiene la función de alimentar al motor con la tensión de funcionamiento correcta, de acuerdo a la velocidad especificada por el controlador de posición. La mayoría de robots están provistos de servoamplificadores, el cual compara la velocidad real con la prefijada y corrige la velocidad del eje basándose en esta comparación. Para corregir la velocidad se aumenta o se reduce la corriente de alimentación del motor eléctrico.

Dispositivo de entrada y salida. En la realización de sus tareas, el robot industrial funciona conjuntamente con dispositivos periféricos que nos ayudan entre otras cosas a detectar objetos que están en torno al robot; así como manipular elementos que ayudan al robot dentro de un

CAPITULO V

proceso productivo a la realización del trabajo. Los dispositivos de entrada y salida son los encargados de controlar la acción y verificar los estados de los elementos periféricos (sensores y actuadores externos al robot).

El teclado externo (teach pendal). El dispositivo de control manual, permite al usuario mover al robot a lo largo del sistema básico de coordenadas, permitiendo con ello definir las posiciones del robot. También permite la introducción de instrucciones y parámetros de programación al controlador del robot. Al igual que el panel de control, estos dispositivos varían en prestaciones como se observa en la figura 5.11. Entre ellos: Paro de emergencia, llave de dispositivo habilitado, teclado alfa-numérico, modo de funcionamiento de los ejes, interruptor de seguridad (Dead-man), pantalla de visualización.



Figura 5.11 Control manual de controlador RV-2AJ

5.4.3 Clasificación por el tipo de Control del Robot

Los robots industriales pueden clasificarse en las siguientes tres categorías, de acuerdo a su sistema de control

Controles punto a punto. En este tipo de control, el brazo del robot equipado con un control asíncrono PTP sólo puede moverse desde un primer a un segundo punto, definido previamente por el usuario. La

trayectoria que seguirá el brazo será definida por el controlador sin posibilidad de modificación por el usuario. Para realizar el movimiento, todos los ejes del robot se ponen en marcha simultáneamente, debido a que cada uno de ellos deberá recorrer una distancia y una trayectoria definida, alcanzando sus posiciones de destino a diferentes tiempos como consecuencia de trabajar todos los ejes con velocidad máxima.

El control síncrono **PTP** compensa los diferentes tiempos de movimiento de los ejes del robot, dicho control es conocido también como control interpolador de ejes PTP. Este control adapta la velocidad del eje más lento del robot, llevando con ello a que todos los ejes del robot empiezan y terminan su movimiento al mismo tiempo. Este tipo de movimientos de ejes produce un movimiento más equilibrado del robot.

Control de recorrido continuo. Un Brazo robot, trabajando en conjunto con un control de recorrido continuo es capaz de moverse siguiendo las rutas geométricas definidas. Dicho control, también es conocido como control CP, en el cual no solo puede programarse el recorrido efectuado por la brida de la herramienta o el **TPC** sino además la velocidad así como la orientación de la herramienta.

Los segmentos del recorrido se especifican en el programa en forma de posición inicial y posición final, así como el tipo de segmento, es decir, circulares o rectilíneos. A partir de esta información, el control del robot calcula todos los puntos intermedios, así como el intervalo de movimiento entre estos puntos.

Control adaptativo. En muchas aplicaciones, la posición real inicial y la final, o la curva entre estos puntos, no se conoce con precisión. En estos casos, se emplean sensores que detectan las respectivas posiciones y corrigen el movimiento del robot según los valores obtenidos; es decir, adapta su trayectoria a la realidad actual, basándose en los resultados de las mediciones.

5.5 Programación

La programación de un robot debe hacerse de la manera más sencilla posible por el programador; es decir, la programación del robot industrial debe ser clara, fácil de comprender y fácil de ejecutar, además de ser posible corregir y optimizar el programa de manipulación

CAPITULO V

Por este motivo, el método de programación preferido es aquel que puede realizarse inmediatamente en el lugar de instalación del robot (programación on-line/en línea). Sin embargo, en ocasiones es necesario realizarla separadamente del robot (off-line/fuera de línea) por razones económicas principalmente.

El programa del robot describe la secuencia de movimientos del robot y su reacción a las señales de los periféricos. El programa del robot se hace en dos partes; Una parte donde se almacenan las posiciones que ha de alcanzar el robot y la parte del programa, que contiene las acciones que deben realizarse las posiciones. Estas posiciones muchas veces sufren desfaseamiento con respecto a la pieza, por lo cual suelen emplearse vectores en la programación que nos ayudan a modificar dichas posiciones. En la figura 5.12, observamos las posiciones que se generan y almacenan en el software de un robot RV-2AJ.

No	Position	Orientation	Comment
P1	240.0, -138.0, 269.0	1, 176, R, A	
P2	273.6, 166.5, 151.6	1, 180, R, A	
P3	178.5, -132.2, 227.7	36, 178, R, A	
P4	273.5, -138.1, 269.1	36, 178, R, A	

Figura 5.12 Almacenamiento de las posiciones del robot

```
C:\PROGRAM FILES\COSIMIR INDUSTRIAL\PROJECTS
10 HOPEN 1
20 OVRD 100
30 MOV P1
40 MOV P2,-30
50 OVRD 10
60 MVS P2
70 DLY 0.5
80 HCLOSE 1
90 DLY 0.5
100 MVS P2,-30
110 OVRD 80
120 MOV P4
130 OVRD 10
140 MOV P3,-20
150 MVS P3
160 DLY 0.5
170 HOPEN 1
180 MVS P3,-20
190 MOV P4
200 OVRD 100
210 DLY 6
220 CALLP "P3"
```

Figura 5.13 Programa de un robot en Melfa Basic IV

CAPITULO V

Un programa no solo describe el movimiento del brazo para realizar un trabajo, por ejemplo tomar una pieza de un punto P1, sino también las características con que debe realizarse el movimiento y las funciones especiales de control y supervisión de periféricos, como observamos en la figura 5.13.

5.5.1 Lenguajes de Programación

Aunque existe el lenguaje de programación universal de robots conocido como IRL (DIN 66312), todos los fabricantes de Robots, utilizan su propio lenguaje para describir las acciones individuales del robot que la persona quien vaya a programar deberá aprender. El alcance de las prestaciones de los diferentes lenguajes de programación varía considerablemente, entre los diferentes fabricantes. La tabla 5.1 muestra los diferentes lenguajes de programación de algunos fabricantes.

– lenguajes BAPS, V+ , Rapid, KRL, SRPL

Fabricante	Lenguaje de programación	Característica
ABB	Rapid	Programación textual de alto nivel
FANUC	KAREL	Basado en Pascal
KUKA	KRL	flujo de datos, información en tiempo real
MITSUBISHI	MELFA BASIC IV	Fácil de programar

Tabla 5.1 Lenguajes de Programación para Robots

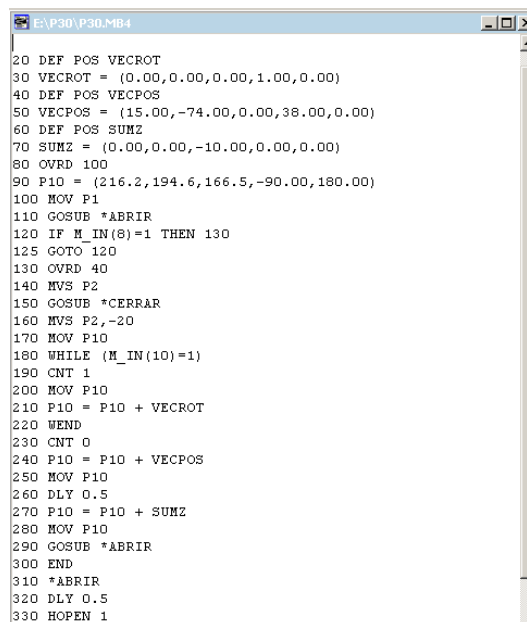
Las órdenes específicas de programación y sus acciones podemos obtenerlas de los correspondientes manuales de operación. Dependiendo del control, los datos de posicionamiento de los puntos a alcanzar son numerados correlativamente o se puede asignar un nombre, facilitando la identificación de los mismos.

Podemos distinguir dos tipos de programación, la programación textual y la programación asistida gráficamente. De acuerdo a la tabla 5.1 observamos como predomina la del tipo de programación textual, en la cual se introduce línea a línea la secuencia que dará forma al programa

CAPITULO V

por medio de una computadora o a través de la caja de enseñanza del robot. Este tipo de programación requiere un elevado grado de abstracción por parte del programador ya que no tiene ninguna certeza de los movimientos que calculará y realizara el brazo con referencia directa de la celda de trabajo. Deberá conocer todos los puntos y posiciones a alcanzar, en los cuales deberá contar con una perspectiva excelente para alcanzarlos a la perfección. Es común que se defina un punto, llamado posición inicial (Home) desde el cuál será posible alcanzar todos los puntos del robot sin que se lleven a cabo colisiones con su entorno.

En la programación del robot mitsubishi, emplearemos el lenguaje de programación Melfa Basic IV, en el cual se procesa la información por línea, la cual debe estar numerada ascendentemente y la cronología que siga corresponderá a los movimientos del brazo, así por ejemplo en la figura 5.14, el programa lee los comandos iniciales que definen unos vectores de posición y busca una posición inicial (Home) para posteriormente abrir la pinza y preguntar por el estado de una entrada que de ser verdadera comienza el ciclo. Posee todas las estructuras lógicas de un lenguaje de programación de alto nivel (IF, THEN), así como Subprogramas, tareas paralelas, activación, lectura de Entradas y salidas (M_In(..)= 1, M_Out(..)=0,..) y uso de variables globales/locales.



```
EA\P30\P30.MB4
20 DEF POS VECROT
30 VECROT = (0.00,0.00,0.00,1.00,0.00)
40 DEF POS VECPOS
50 VECPOS = (15.00,-74.00,0.00,38.00,0.00)
60 DEF POS SUMZ
70 SUMZ = (0.00,0.00,-10.00,0.00,0.00)
80 OVRD 100
90 P10 = (216.2,194.6,166.5,-90.00,180.00)
100 MOV P1
110 GOSUB *ABRIR
120 IF M_IN(8)=1 THEN 130
125 GOTO 120
130 OVRD 40
140 MVS P2
150 GOSUB *CERRAR
160 MVS P2,-20
170 MOV P10
180 WHILE (M_IN(10)=1)
190 CNT 1
200 MOV P10
210 P10 = P10 + VECROT
220 WEND
230 CNT 0
240 P10 = P10 + VECPOS
250 MOV P10
260 DLY 0.5
270 P10 = P10 + SUMZ
280 MOV P10
290 GOSUB *ABRIR
300 END
310 *ABRIR
320 DLY 0.5
330 HOPEN 1
```

Figura 5.14 Programa por vectores en lenguaje Melfa Basic IV

Podemos definir la estructura del programa, con ayuda de la figura 5.15 de la siguiente forma:

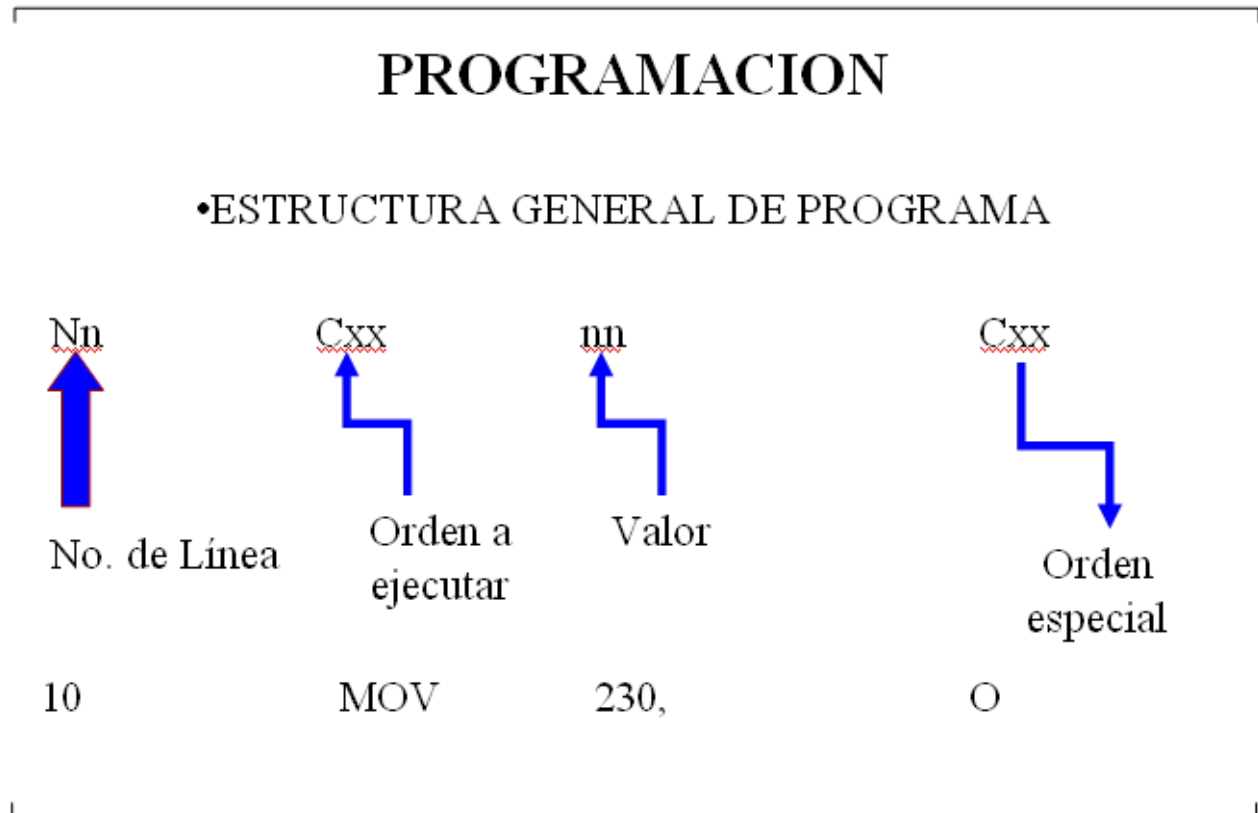


Figura 5.15 Estructura de Programa

En la programación asistida gráficamente, se suele emplear símbolos que poseen ya los algoritmos de funcionamiento del componente en cuestión y que solo con enlazar lógicamente y de acuerdo al funcionamiento deseado, será establecido el programa. Se debe tener cuidado de ajustar los parámetros que así lo requieran los gráficos. El no hacerlo provocara errores al ejecutar el programa y no se permitirá la ejecución del mismo hasta que sea correcto. Las herramientas con que cuenta son muy variadas y en los mejores casos posee sistemas de visión con ayuda de videocámaras y el enlace de la comunicación es tan flexible como el ethernet nos lo permita. En la figura 5.16 observamos una programación gráfica.

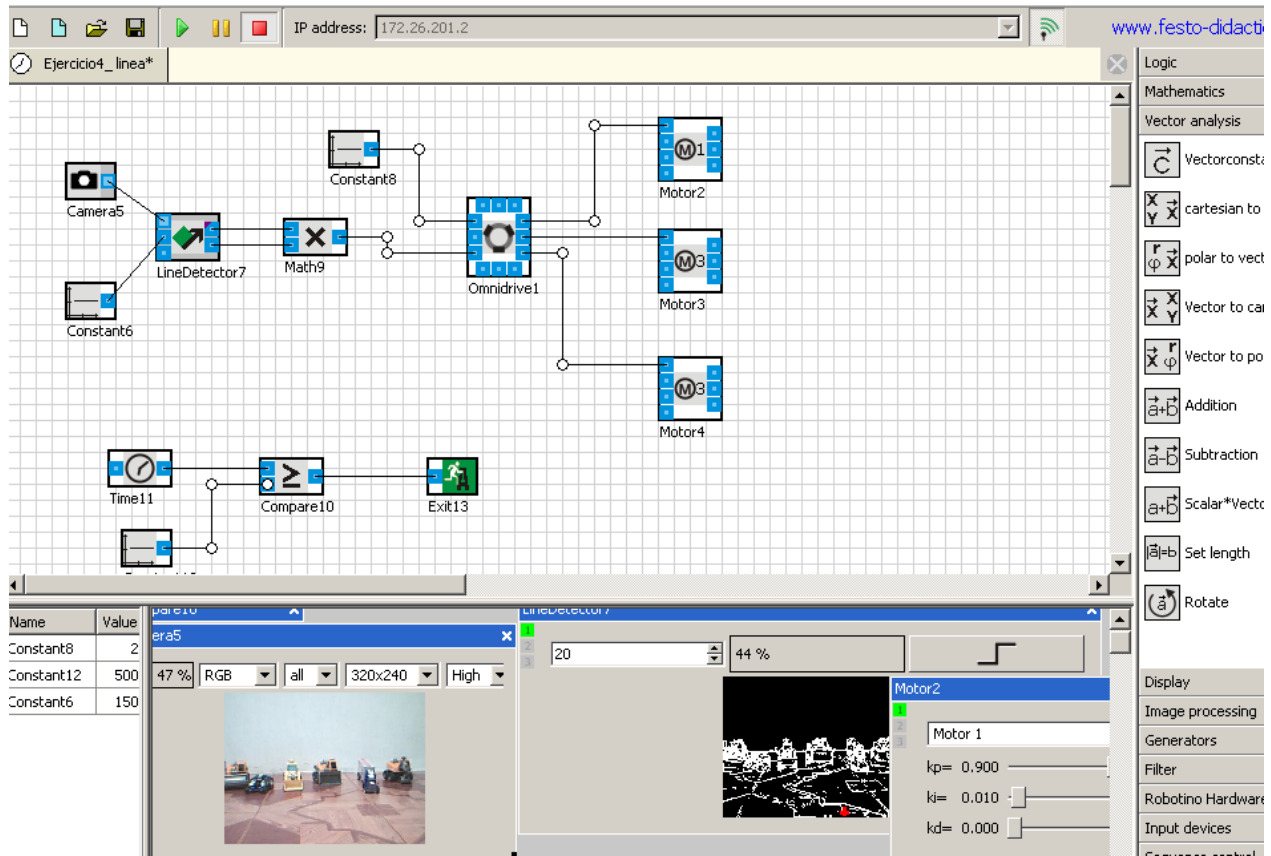


Figura 5.16 Programación grafica de un robot móvil

5.5.2 Comandos a emplear del lenguaje Melfa Basic IV

INSTRUCCIÓN MOV (Movimiento)

Función:

Mueve la herramienta a una posición específica y definida en la tabla de posiciones con una velocidad establecida.

Formato:

MOV <número de posición>

Estructura:

10 MOV P3 ; Movimiento hacia la posición 3

INSTRUCCIÓN SPD (Velocidad)

Función:

Desplaza al robot de una posición P1 a otra posición P2 a una velocidad definida por el valor establecido en mm/seg.

Formato:

SPD <Valor de velocidad>

Estructura:

10 SPD 100 ; Se desplaza a una velocidad de 100 mm/seg.

INSTRUCCIÓN MVS (Movimiento con velocidad variable)

Función:

Desplaza al robot de una posición P1 a otra posición P3 a una velocidad establecida en SPD

Formato:

MVS <número de posición>

Estructura:

10 SPD 100

20 MVS P3 ; Movimiento hacia la posición 3 con
velocidad de 100 mm/seg.

INSTRUCCIÓN HCLOSE1 (Cierra pinza)

Función:

Manda cerrar la pinza que esta conectada al puerto 1 de salida.

Formato:

HCLOSE <número de puerto>

Estructura:

10 HCLOSE1 ; Cierra pinza del puerto 1

20 MVS P3

INSTRUCCIÓN HOPEN1 (Abre pinza)

Función:

Manda abrir la pinza que esta conectada al puerto 1 de salida.

Formato:

HOPEN <número de puerto>

CAPITULO V

Estructura:

```
10 HOPEN1      ; Abre pinza del puerto 1
20 MVS P3
```

INSTRUCCIÓN DLY (Temporizador)

Función:

Con dicho comando se detiene el programa durante un tiempo definido en segundos.

Formato:

```
DLY <Valor de tiempo> ; seg
```

Estructura:

```
10 DLY 1 ; Se detiene el programa en esta línea durante 1seg
20 MOV P3
```

INSTRUCCIÓN GOTO (Salto Incondicional)

Función:

Salta incondicionalmente al número de línea especificado en la etiqueta.

Formato:

```
GOTO <Numero de línea de destino>
```

Estructura:

```
10 MOV P1
20 GOTO 50 ; Salta a la línea No.50, ejecutando la instrucción
30 MOV P2
40 ....
50 SPD 500
```

INSTRUCCIÓN GOSUB (Llamar Subrutina)

Función:

Llama a la subrutina especificada, la ejecuta y una vez que termina retorna a la siguiente línea del programa donde se mando la instrucción

Formato:

```
GOSUB <Numero de línea de destino> ó <Nombre>
```

CAPITULO V

Estructura:

```
10 MOV P1
20 GOSUB 50 ; Salta a la línea No.50, ejecutando esa
30 MOV P2     Parte del programa, regresando a la línea 30
40 END       Al terminar la subrutina con return.
50 MOV P5
60 HCLOSE
70 RETURN
```

INSTRUCCIÓN DEF POS (Define Posición)

Función:

Declara una variable de posición

Formato:

DEF POS <Nombre de la variable de posición>

Estructura:

```
10 DEF POS VECTOR ; Declara vector como la variable de
                    Posición
20 vector= (10,50,0,45,0) ; Asigna una posición a la variable
```


DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO (CELDA)

6.1 Objetivos

6.1.1 Objetivo General

Realizar la reingeniería requerida que permita lograr completamente el funcionamiento de la Celda de Producción Flexible instalada en el laboratorio de Gestión de la Producción, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo; de tal forma que permita su utilización de manera individual y colectiva de la totalidad de sus componentes.

6.1.2 Objetivos específicos

- 1.- Definir los componentes que serán reemplazados.
- 2.- Establecer un tipo de control que permita monitorear de forma efectiva las diferentes estaciones de trabajo que conforman el sistema.
- 3.- Diseñar la plataforma de visualización y control de la celda de Producción de forma tal que permita la interacción de los Alumnos y profesores con ella en la toma de decisiones.
- 4.- Instalar y realizar el conexionado eléctrico de control de los nuevos elementos lógicos programables.
- 5.- Diseñar los programas para los diferentes controles lógicos programables de forma tal que permitan a los profesores y alumnos utilizar programas base (multitarea) y a partir de ahí ellos mismos definan la rutina de trabajo.

6.2 Justificación del proyecto

Dicha celda de producción fue adquirida por la Universidad Tecnológica desde el año de 1998. A partir de ese momento ha funcionado en partes y de manera intermitente; una de las primeras causas fue que los equipos fueron adquiridos al menos a dos proveedores diferentes y que no eran compatibles entre sí.

Otro factor que fue determinante para el inadecuado funcionamiento de los equipos, fue el desconocimiento que en esas fechas se tenía de ellos en forma individual hasta la integración de los diferentes sistemas modulares de producción. Cabe mencionar en éste punto, que los programas desarrollados e instalados no permiten la interacción con los usuarios, son implementados solamente para que sean operativos.

La compañía Festo en conjunto con la Universidad decidieron que era necesario realizar una reingeniería, actualizando los componentes que permitieran un sistema con un mejor desempeño técnico, aunado a cumplir la función para la que fue adquirida, que es la de preparar alumnos altamente capacitados en el manejo e implementación de dichos sistemas de producción.

6.3 El sistema FMS

El éxito de una región económica o de una empresa en particular está determinada preferentemente por la calidad de los productos o servicios que ofrece, por la rapidez y versatilidad de sus entregas y sobre todo por el precio.

La automatización mejora todos estos factores, de forma que, además del capital y de las innovaciones, su amplia y efectiva aplicación es un factor crucial en la competitividad. Por tal motivo, la seguridad del futuro dependerá de la adecuada canalización de los recursos disponibles hacia una mejora en la automatización. Por lo tanto, la Tecnología de Automatización es la base para una producción competitiva en el presente siglo.

Realizando una ojeada al aspecto tecnológico de la sinergia productiva del hombre y la máquina. La gente que constituye la otra parte, juega un papel aún más vital; sin ellos la tecnología es absolutamente inútil. Hoy en día, se ha intensificado la búsqueda del personal **cualificado**; y se le conoce como “capital humano”, un término que indica el respeto de que gozan.

Se requieren, por tanto, más inversiones en educación y entrenamiento para mejorar y aumentar ese capital.

En la automatización, las máquinas ya no son manejadas por operarios sino que en gran manera se manejan a sí mismas. Pero la imagen futurística de la “empresa sin personas” sigue siendo utópica, siempre se requerirán de ellas. Las instalaciones deben diseñarse, construirse, programarse, ponerse en marcha y mantenerse operando. Una vez en funcionamiento, deben ser supervisadas, atendidas, reprogramadas o adaptadas para ajustarse a las cambiantes demandas.

De este concepto, donde solo se requiere personal para supervisar las funciones de las máquinas, ha dado paso a una concepción realista, donde las máquinas deben complementar las habilidades y el saber humano para incrementar la producción y mejorar la calidad. Este concepto aplica en todo el entorno de la automatización, desde la mejora de las condiciones de trabajo, hasta la planificación creativa en un entorno CIM (Manufactura asistida por computadora).

El hombre y la máquina son flexibles para ser capaces de responder a las necesidades de un mercado cambiante y demandante. Los operarios

CAPITULO VI

y supervisores que están en el proceso productivo, deben poder visualizar, con ayuda de gráficos, para influir en su entorno inmediato. Observamos como cada vez más, sus máquinas son enlazadas en una red de comunicación para alcanzar esa velocidad competitiva y flexibilidad de respuesta.

El requisito previo para esta sinergia es la formación continua del personal. La frase “toda una vida de aprendizaje” es una forma de vida para aquellos que trabajan en campos sujetos a rápidos cambios y es también su llave para la seguridad del futuro.

Para cubrir las cambiantes demandas de la formación en tecnología de automatización es preciso tener flexibilidad; durante más de 40 años, el enfoque fundamental de “aprender practicando” ha demostrado ser indiscutible; motivo por el cual las universidades convencidas de ese concepto han apostado a invertir en equipos y medios de formación industriales que son y han sido la vanguardia tecnológica del desarrollo.

La conversión de los datos en bruto, requiere de un equipo de ingenieros, autores e instructores trabajando en constante dialogo con las universidades y las instituciones de investigación y desarrollo. Están equipados con potentes herramientas, pero el corazón del proceso es el equipo humano, mezclando conocimientos e información sobre temas individuales en una estructura unificada que provea de un sistema de enseñanza para el desarrollo de la automatización.

Como se menciona en el capítulo 1, en la pirámide de la automatización esta basada el presente diseño, recordemos que tenemos diferentes niveles entrelazados con diferentes elementos y capacidades de decisión. De igual manera dentro de este proyecto de desarrollo de la universidad Tecnológica podemos distinguir diferentes sistemas trabajando de manera conjunta, uno de ellos son los sistemas MPS (Sistemas Modulares de Producción) y los F.M.S. (Sistemas Flexibles de Manufactura). Los primeros tienen la característica que el mismo equipo en conjunto va transportando el material conforme va avanzando el proceso de producción; mientras que en los segundos un elemento del conjunto tiene la función de transportar el material

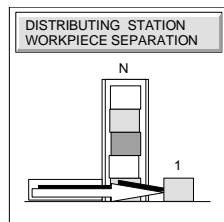
CAPITULO VI

En su conjunto el sistema de Producción de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, consta de los dos sistemas, dos de ellas MPS integrados a través de una banda con un sistema de almacén logístico para conformar el sistema FMS, Cada una de estas estaciones puede ser configurada individualmente o en su caso, como un proceso global donde las diferentes estaciones realizan una función específica.

En este caso nos enfocaremos a la operación integral de un proceso y en caso de usar las estaciones en forma individual, los programas respectivos deben ser creados por el mismo usuario.

El sistema FMS de la Universidad Tecnológica consta de:

1. Estación de Distribución

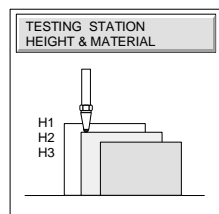


Controlador:
Festo FEC640

Posición de
operación:
3-1

La estación de distribución del MPS, tiene la función de abastecer el cuerpo (camisa) de un cilindro de simple efecto de un magazine y su transferencia a la siguiente estación.

2. Estación de Prueba (verificación)



Controlador:
Festo FEC640

Posición de
operación:
3-2

Esta estación de prueba del MPS, tiene como función principal verificar si el cuerpo de un cilindro de simple efecto, que es la pieza de trabajo, posee la altura correcta. Una vez que el cuerpo del cilindro ha sido verificado en dimensión correcta es transferido a la siguiente estación.

3. Estación de Proceso



Controlador:
Festo FEC640

Posición de
operación:
3-3

En ésta estación de proceso del MPS, su función principal es la realizar un trabajo de verificado de posición y barrenado del cuerpo del cilindro de simple efecto, por medio de una mesa de indexación de tres posiciones. Una vez que el cuerpo del cilindro ha sido verificado, al llegar a la tercera posición de la mesa es transferido a la siguiente estación.

4. Estación de Manipulación.



Controlador:
Festo FEC640

Posición de
operación:
3-4

La Estación de Manipulación del sistema FMS tiene la función de trasladar el cuerpo del cilindro de simple efecto a la siguiente estación, siendo esta el conveyor o desechar la pieza si no es de color adecuado.

5. Estación de Robot con Ensamble.

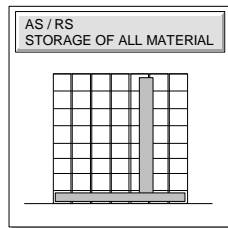


Controlador:
Festo FEC640

Posición de
operación:
1-1

La Estación de Robot del sistema FMS, tiene la función de tomar el cuerpo del cilindro de simple efecto del sistema de transporte (conveyor) y ensamblarlo, Este sistema coloca el embolo, el resorte y la tapa que proporciona la estación de ensamble, finalmente una vez armado el cilindro de simple efecto debe ser puesto nuevamente sobre la banda de transporte.

6. Estación de Almacén

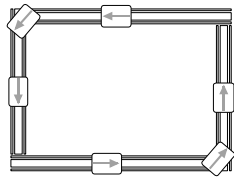


Controlador:
Festo CPX

Posición de
operación:
2

La Estación de Almacén tiene como función la de proveer materia prima y almacenar el producto procesado; así como proveer de Contenedores (palettes) a las estaciones que lo demanden.

7. Estación de Transporte (Conveyor)



Controlador:
Festo FEC640

En el sistema FMS, la estación de Transporte es responsable del traslado de las piezas de trabajo a las diferentes estaciones para su respectivo proceso; esto lo lleva a cabo mediante seis tramos de banda formando un rectángulo y unos carros que trasladan los contenedores hacia las diferentes estaciones.

8. Control y Visualización de la Celda



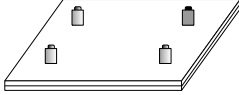

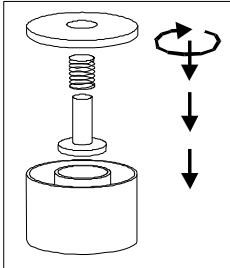
Para la operación y control de la celda se dispone de una computadora y por medio del software Intouch, es la encargada de coordinar y ejecutar los diferentes procesos del sistema.

CAPITULO VI

6.3.1 Herramientas del sistema:

El equipo de entrenamiento del sistema de producción, consta de varias herramientas que son claves en el funcionamiento de los procesos y su utilización depende de la operación a realizar.

Entre estas herramientas tenemos:

<p>1. Carros para transporte de Piezas</p> <p>Se cuenta con seis carros para transportar las piezas a trabajar, en él son montadas los contenedores (Palets), que llevarán materia prima o producto terminado. El símbolo empleado en la presente documentación lo observamos en la parte derecha.</p>	
<p>2. Contenedor (Palet Tipo 1H)</p> <p>Cuenta el sistema con 72 contenedores localizados en la estación de almacén que pueden guardar y/o transportar cuerpos de camisas o actuadores ensamblados. El símbolo se puede apreciar en la parte derecha del margen.</p>	 <p>Tipo 1H</p>
<p>3. Juego de piezas de trabajo</p> <p>Los diferentes magazines se llenan con piezas de trabajo, émbolos para cilindros, resortes y tapas. La capacidad de los mismos es para ensamblar 10 actuadores de simple efecto. Podemos observar el símbolo de los mismos en la parte derecha.</p>	

Las Medidas del cuerpo del cilindro (actuador) lo podemos observar en la figura 6.1. En este sistema se puede ensamblar un actuador de simple efecto, usando las diferentes células del sistema y que a la vez permiten un completo entrenamiento de los alumnos, debido a que pueden practicar desde la programación del PLC, hasta la creación de una red de datos industrial con sistemas de visualización y manejo de la logística

CAPITULO VI

Este sistema puede crecer en la medida que el usuario lo decida, adicionando más módulos y enlazando los mismos a la red de comunicación o simplemente modificando los procesos existentes creando los propios.

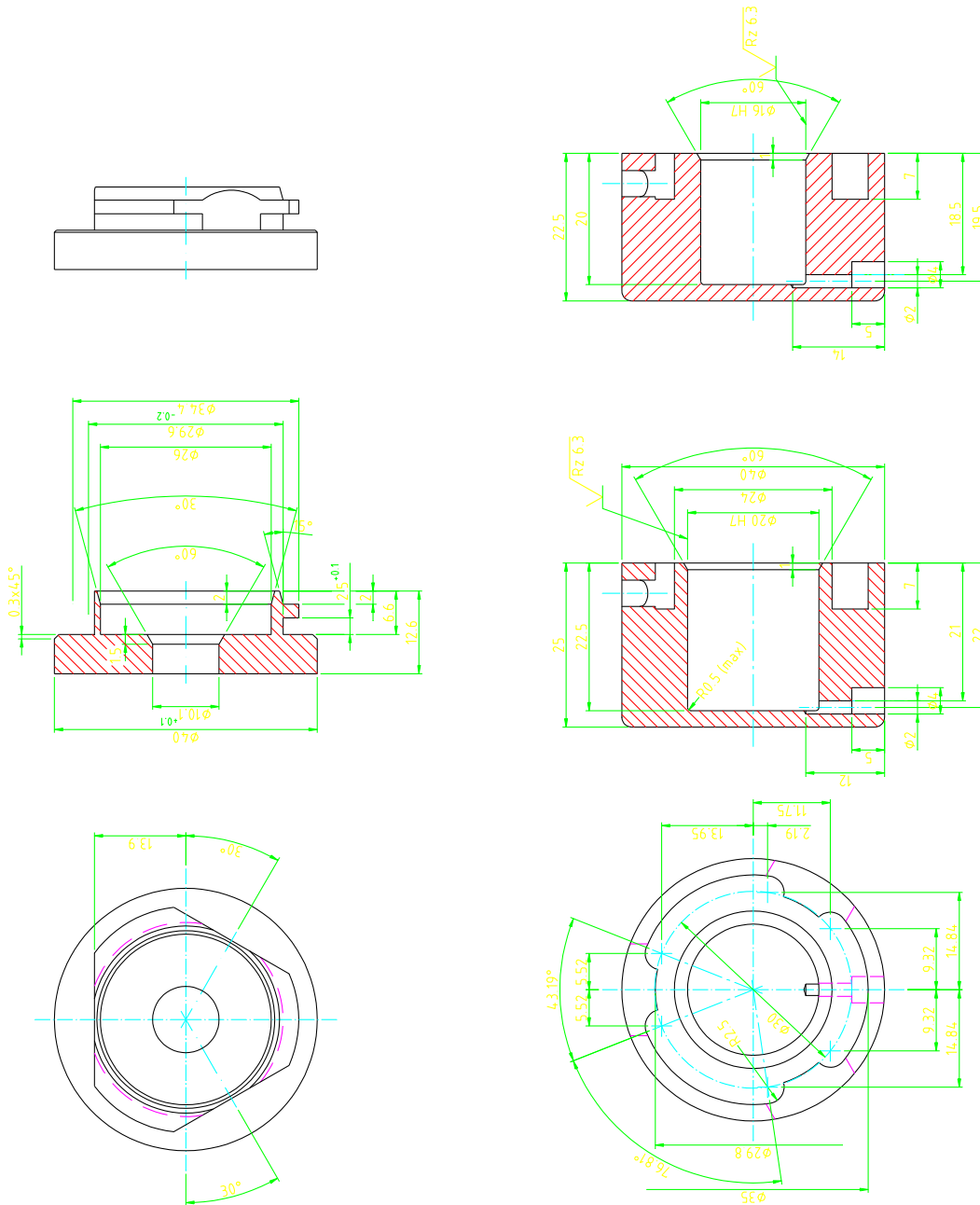


Figura 6.1. Pieza de trabajo: Cuerpo del cilindro (camisa)

6.3.2 Preparación y Funcionamiento:

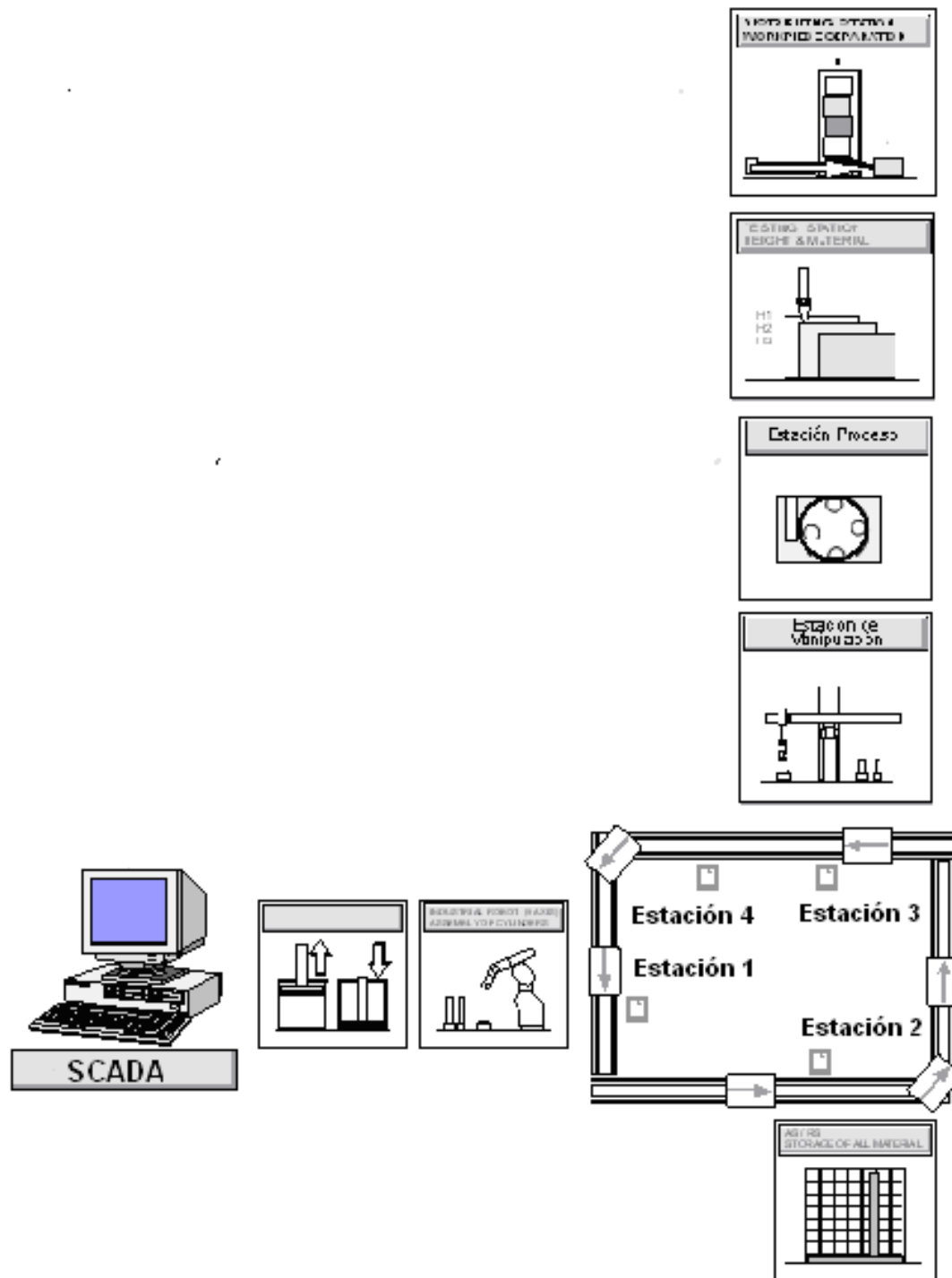


Figura 6.2. Configuración mecánica y física del sistema FMS

CAPITULO VI

La figura 6.2 muestra la ilustración gráfica de los componentes y el movimiento mecánico del sistema FMS. En él podemos observar tres puntos de conexión del sistema. Como primer elemento (estación 1) tenemos la celda de trabajo formada por dos estaciones, la de robot y ensamble; como segunda sección (estación 2), ubicamos la estación de almacén y como tercer punto de conexión (estación 3), la celda de trabajo formada por 4 estaciones MPS. Cabe destacar que todo gira en torno a la banda de transporte quien es la encargada de mover el producto a las diferentes células de trabajo. Podemos definir el siguiente listado de operaciones donde se proveen las instrucciones básicas para un entendimiento y arranque sencillo del sistema.

Estación de operación 1.

En esta posición se alimenta manualmente la materia prima conformada por cuerpos de cilindro, resortes, tapas de actuador y émbolos a los diferentes Contenedores (magazines) de la estación de alimentación para luego ser ensamblado el cilindro de simple efecto por medio del robot RV-1

Estación de operación 2.

La estación 2 esta formada por el almacén de productos terminados, de materia prima y contenedores vacios. En algunas posiciones de él, son colocados manualmente las camisas del cilindro y en otras posiciones los contenedores vacíos para traer el producto terminado al almacén.

Estación de operación 3.

La estación de operación 3 está formada por 4 estaciones de los Sistemas Modulares de Producción (MPS), estas son: Distribución, quien alimenta de Pieza; Prueba, que verifica el tamaño correcto de la pieza; Proceso, la cual verifica orificio y realiza escariado y finalmente la estación de Manipulación, quien se encarga de colocar la pieza en el carro para transportarla a la estación uno.

En este lugar de trabajo, primeramente debemos alimentar manualmente con camisas de cilindro del almacén y alimentador de la

CAPITULO VI

estación de distribución. De ahí surge la materia prima para su ensamble o almacenamiento en el sistema de producción.

En el figura 6.3 podemos observar el plano de montaje y dimensionado del sistema FMS en conjunto.

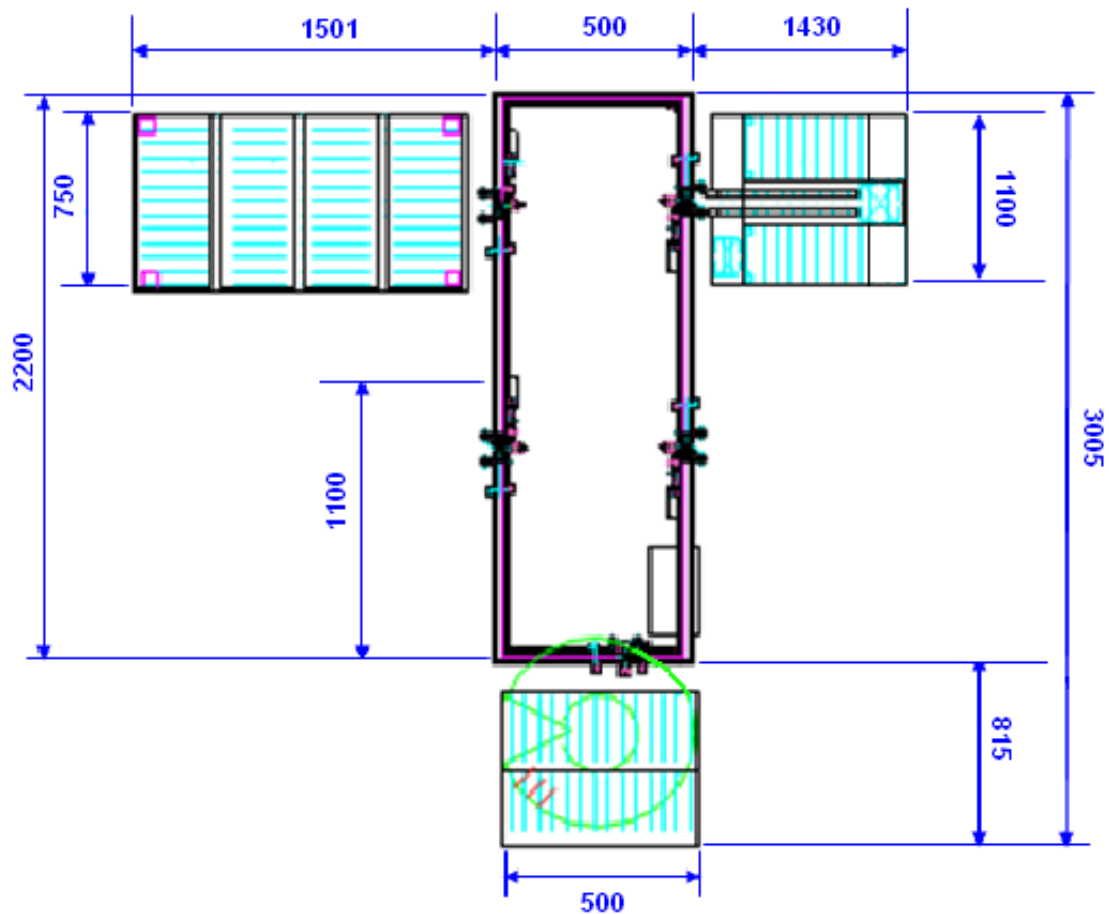


Figura 6.3. Plano de montaje y dimensionado del sistema FMS

6.3.3 Diseño de control

La configuración del sistema de control se muestra en la siguiente figura 6.4.

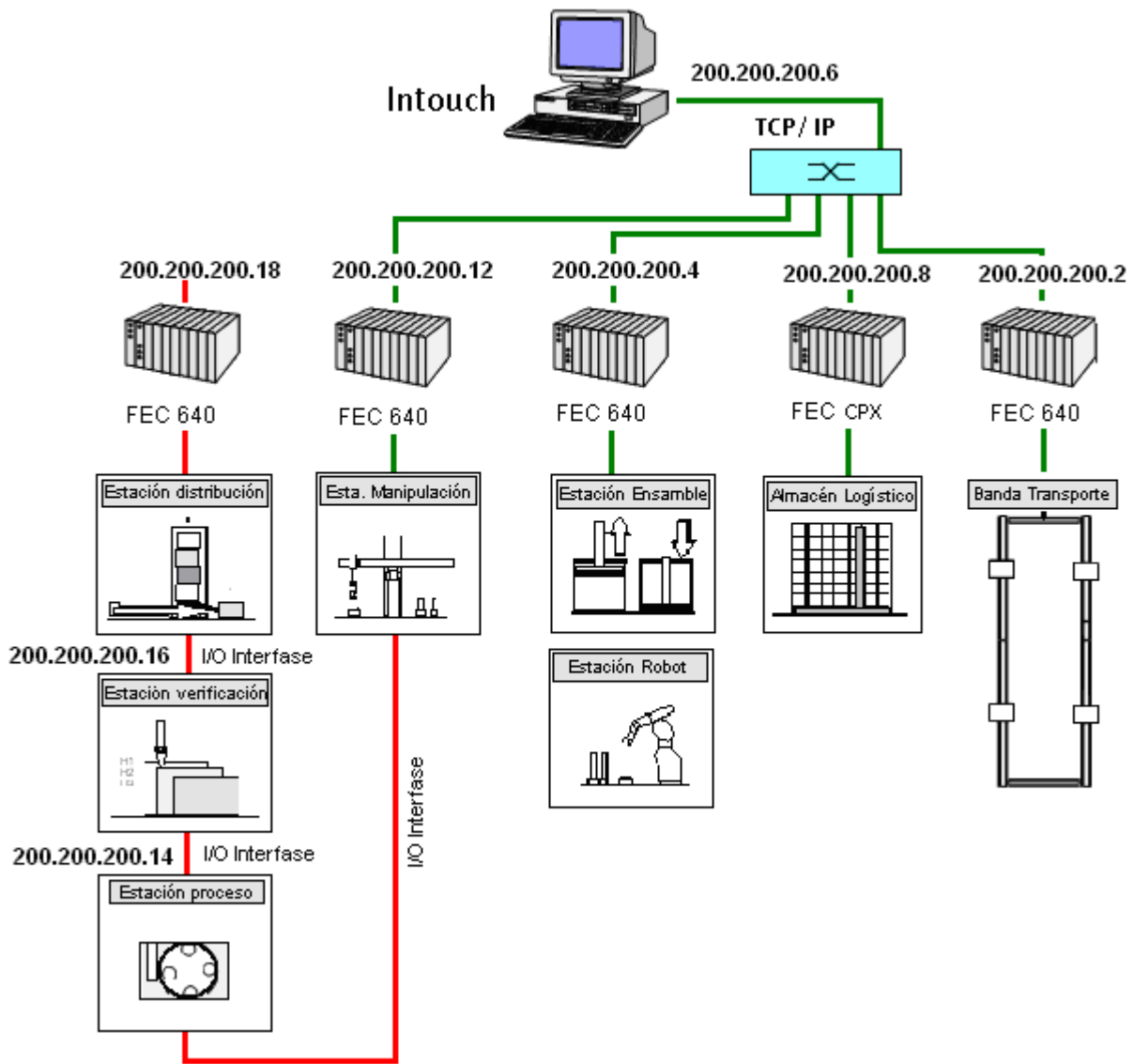


Figura 6.4. Direcciones de control TCP/IP

El diseño de control mostrado anteriormente, nos permite observar la forma como se lleva a cabo la comunicación interna de las cuatro celdas básicas, siendo esta mediante interfase Ethernet y dirección TCP/IP. Para las estaciones MPS, la comunicación interna es por medio de Entradas/Salidas estándar, pero están integradas a la red TCP/IP como se muestra más adelante. Las direcciones de la red datos IP, se enlista enseguida:

● Estación de Transporte	Dirección IP: 200.200.200.2
● Estación de Ensamble con robot	Dirección IP: 200.200.200.4
● Estación de Control de la Celda	Dirección IP: 200.200.200.6
● Estación de Almacén (AS/RS).	Dirección IP: 200.200.200.8
● Estación de Manipulación	Dirección IP: 200.200.200.12
● Estación de Proceso	Dirección IP: 200.200.200.14
● Estación de Verificación	Dirección IP: 200.200.200.16
● Estación de Distribución	Dirección IP: 200.200.200.18

6.4 Descripción de los procesos

Esta celda de manufactura realiza un proceso, que consiste en el ensamblado de un actuador de simple efecto, al que llamaremos pieza de trabajo. Dicho ensamble puede ser llevado a cabo alimentando los cuerpos de los cilindros por medio de la estación de distribución, localizada en la estación de operación 3 o mandando alimentar desde la estación de almacén.

- Al ser alimentado el cuerpo del cilindro desde la estación de distribución, es al mismo tiempo, transferido un contenedor desde la estación de almacén a la estación de transporte.

- Una vez que la estación de transporte, detiene y mantiene fijo a un carro en la estación de almacén ubicado en la posición 2 y en él es depositado un contenedor, éste es llevado a la estación 3, conformada por las estaciones de MPS; una vez anclado ahí, la estación de Manipulación depositará sobre el contenedor un cuerpo del cilindro.

- La banda de transporte traslada el carro con el cuerpo del cilindro hasta la estación del robot y una vez fija en ese lugar, el robot toma el cuerpo del actuador y lo deposita sobre la base del modulo de sujeción.

- Posteriormente, el robot va a tomar un embolo de su respectivo almacén colocándolo dentro del cilindro. Un émbolo negro de plástico será seleccionado si la camisa del actuador a ensamblar es de 20 mm.

CAPITULO VI

de diámetro interno, o bien, un émbolo de aluminio para una camisa de 16 mm de diámetro interno

- Un resorte es tomado de su almacén por el robot y transferido al modulo de ensamblaje para insertarlo en el vástago del cilindro.

- El robot toma una tapa, que es entregada por el alimentador de gravedad (almacén de tapas). Y la envina sobre el cuerpo del cilindro girándola para que sea fijada firmemente.

Las tapas, resortes y pistones son alimentadas manualmente a sus respectivos almacenes y son surtidas cada que sean requeridas para armar cada cilindro

- Una vez armado el cilindro de simple efecto, el robot, toma la pieza y la coloca sobre el contenedor anclado en la banda.

- El carro es liberado y es llevado a la estación de almacén, ubicada con el número 2, y una vez colocado el contenedor dentro del almacén será registrado en la computadora principal como producto terminado

Para este proceso único podemos tener al menos 4 variantes del proceso, más aparte 2 del sistema MPS, por lo que se pueden generar hasta 6 versiones diferentes del ciclo que podrá ser seleccionada desde la computadora principal

Para el suministro del cuerpo del cilindro, desde las estaciones de MPS, se lleva a cabo el siguiente proceso:

Al iniciar el ciclo, del almacén de cuerpos de cilindros, es alimentado uno que será trasladado a la estación de verificación por un actuador de giro limitado.

- Al ser depositado en el dispositivo de verificación, será identificado que tipo de color, entre negro y rojo, así como que material es, plástico o metalizado.

- Posteriormente será elevado por un actuador sin vástago a un sensor analógico que nos indicara a través de un comparador si es del tamaño

CAPITULO VI

adecuado. Si es de valor requerido será expulsado hacia la rampa que conecta con la siguiente estación de proceso.

De no ser del tamaño, será expulsada del ciclo, por medio un actuador hacia la rampa inferior de la estación.

- En la estación de trabajo se realiza un pequeño desbaste por medio de un taladro y posteriormente se realiza una verificación de tamaño por medio de un palpador. La siguiente parte del ciclo es mandarla a la siguiente estación de manipulación. Para llevar a cabo las anteriores tareas, la estación posee una mesa indexadora de 4 posiciones.

- La estación de manipulación, es la encargada de posicionar el cuerpo del cilindro en el contenedor que la banda lleva a otras estaciones de trabajo y lo realiza por medio de dos actuadores lineales y una pinza neumática. En esta parte del ciclo, si el usuario lo desea, las piezas negras podrán ser rechazadas a las rampas de material no conforme de la misma estación.

Las herramientas y elementos específicos empleados en éste sistema tienen por objeto la manufactura y ensamble de una familia de productos que llegaran a ensamblar un actuador de simple efecto. A continuación en la figura 6.5 mostramos los componentes que conforman el actuador

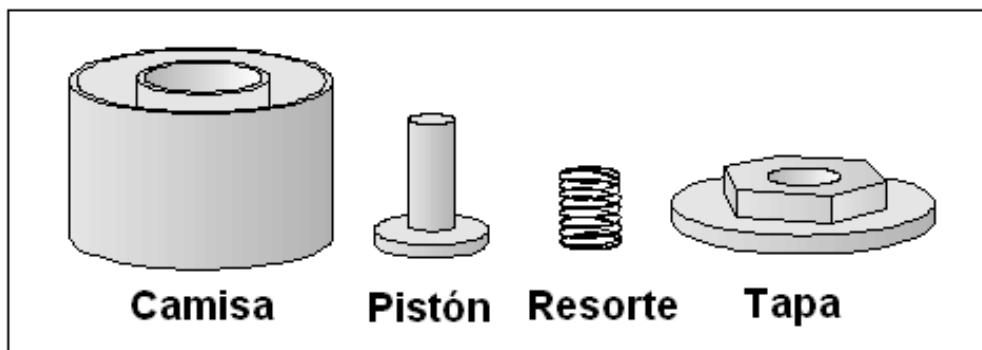


Figura 6.5. Familia de productos

CAPITULO VI

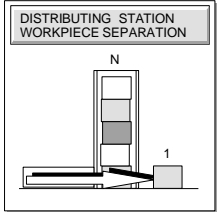
6.5 Las Estaciones de Entrenamiento y sus Componentes

En esta parte mostraremos el funcionamiento y componentes de las diferentes estaciones de entrenamiento que conforman el sistema de producción. En ellas incluiremos sus respectivos diagramas.

6.5.1 Estación Distribución

La estación de distribución, se encarga de suministrar las camisas del actuador a la estación siguiente de verificación, y también al sistema en general. Para ello dichas camisas son colocadas en un contenedor vertical y son alimentadas por medio de un cilindro de doble efecto. Una vez fuera del contenedor, un segundo actuador rotativo de giro limitado, toma la pieza y es transportada al dispositivo de elevación de la estación de verificación. Las camisas son alimentadas manualmente al contenedor y serán de color rojo plástica, negra plástica de un tamaño menor y metálica del mismo tamaño que la roja. La alimentación es aleatoria y la combinación será a juicio del operador.

La consola de control permite al operador arrancar la estación a través de sus tres botones, paro en color rojo, inicio en color verde y restablecimiento en color gris. El selector de ciclo automático o manual se define a través operar la llave. Posee dos lámparas que nos indicaran si requiere pieza la estación para continuar trabajando.

1. Estación de Distribución	
<p>Función: Dicha estación separa las piezas de trabajo que son colocadas en el tubo del almacén de apilado. Pueden colocarse hasta ocho camisas y son expulsadas, una por cada ciclo, por el actuador de doble efecto, el pequeño manipulador neumático sujeta la pieza, por medio de una pequeña ventosa y la coloca en la siguiente estación realizando un pequeño dispositivo "Tomar y colocar" (Pick & place) con un giro que puede ir de 0 a 180°.</p>	 <p>El diagrama muestra un mecanismo de distribución de piezas. En la parte superior, un cilindro vertical etiquetado con 'N' contiene un pistón que puede moverse hacia arriba y hacia abajo. Debajo del cilindro, un brazo horizontal con una ventosa al final sujeta una pieza. Este brazo está conectado a un actuador rotativo etiquetado con '1', que puede girar para transportar la pieza a la siguiente estación.</p>

CAPITULO VI

Los componentes de la estación son los siguientes:

- Perfil ranurado de aluminio con dimensiones 350x700 mm
- Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24
- Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
- Bloque de válvulas compacto con
- Un módulo de almacén y alimentación por gravedad con tubo de plástico transparente y un actuador neumático de doble efecto para la separación de la pieza de trabajo con dos sensores magnéticos
- Un actuador neumático semirotatorio con brazo guía paralelo como dispositivo “pick & place”
- Un sistema de sujeción por vacío con expulsor
- Un sensor de vacío
- Dos interruptores de limite
- Un sensor de barrera óptica para la detección de la pieza de trabajo
- Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
- Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
- La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.
- Panel de control con 3 botones y led indicador, inicio, paro y reinicio, selector de automático y manual con llave, dos lámparas de aviso. 8 bornes de conexión a 4 mm para I/O y 2 para 0 vcd.
- Un PLC FEC440 montado en una placa con 2 conectores para bloque terminal tipo IEEE488/24.



6.5.2 Estación de Verificación

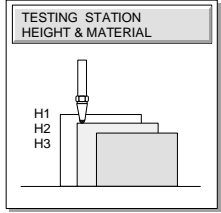
En la estación de verificación se lleva a cabo la selección de las piezas que cumplen con el tamaño requerido. Por medio del modulo de elevación se lleva la camisa hasta el sensor analógico para su medición, el sensor esta conectado a un comparador que permite definir si las piezas cumplen o no con la altura requerida. El módulo comparador posee dos perillas de ajuste, una para el valor pequeño y

CAPITULO VI

otra para el valor máximo, por medio de su ajuste manual podemos lograr que pasen las piezas correctas, que pasen todas o que no deje pasar alguna siendo rechazadas.

Al llegar la camisa del pistón de la estación anterior, esta es identificada de que tipo de material se trata, así como el color, por medio del módulo identificador. Una vez realizado lo anterior se realiza la verificación de las dimensiones de la pieza con las siguientes opciones: si es una pieza correcta, será expulsada por medio de un cilindro al modulo de rampa la cual inyecta aire a través de los orificios que posee y la válvula respectiva. Esta rampa tiene la función de colocar la pieza en la siguiente estación de proceso.

De ser una pieza que no cumple con las dimensiones es rechazada por medio del cilindro pero en la parte baja del módulo de rampa. El sensor óptico reflexivo es el encargado de indicar que la estación esta ocupada La consola de control permite al operador arrancar la estación a través de sus tres botones, paro en color rojo, inicio en color verde y restablecimiento en color gris. El selector de ciclo automático o manual se define a través operar la llave. Posee dos lámparas que nos indicaran si requiere pieza la estación para continuar trabajando.

2. Estación de Verificación	
Función: Definir que piezas cumplen las dimensiones ajustadas en el modulo comparador. Distingue los diferentes tipos de piezas por medio de los sensores capacitivo y óptico. Por medio de un sensor analógico se mide la altura de la camisa y se envían las piezas correctas a través de la rampa que forma un colchón de aire a la siguiente estación. Las piezas defectuosas son desechadas en la parte baja de la rampa.	

CAPITULO VI

Los componentes de la estación son los siguientes:

- Perfil de aluminio con dimensiones 350x700 mm
- Conector eléctrico estandarizado terminal tipo IEEE488/24
- Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
- Bloque de válvulas compacto con 1 válvula
- Módulo elevador constituido de un cilindro de doble efecto sin vástago y un perfil de sujeción vertical
- Un módulo de medición formado de un sensor de desplazamiento lineal y un comparador
- Un modulo de rampa
- Un modulo de identificación formado de un sensor óptico, un sensor capacitivo y una escuadra de fijación.
- Dos interruptores de limite
- Un sensor de retroreflectivo para la detección de la pieza de trabajo
- Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
- Un sensor de comunicación óptico como emisor
- Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
- La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.
- Panel de control con 3 botones y led indicador, inicio, paro y reinicio, selector de automático y manual con llave, dos lámparas de aviso. 8 bornes de conexión a 4 mm para I/O y 2 para 0 vcd.
- Un PLC FEC440 montado en una placa con 2 conectores para bloque terminal tipo IEEE488/24.




6.5.3 Estación de Proceso.

En dicha estación de trabajo son colocadas las camisas de los cilindros sobre una mesa indexadora de seis posiciones y en cuatro de ellas se realiza una tarea específica. La mesa es accionada por medio de motorreductor de DC. En la primera de ellas, se recibe el material que es detectada por medio de un sensor capacitivo. En la segunda posición esta colocada el modulo de verificación, el cual consiste en una sonda accionada por solenoide con un sensor inductivo para detectar la posición y que puede cumplir las funciones de verificación de la posición, verificación de la altura y verificación del barrenado de la pieza.

En la tercera posición esta colocada el modulo de taladro y de sujeción, el taladro se encuentra fijo a un eje lineal accionado por un motor de DC y mientras se barrena la pieza, el modulo de sujeción es activado para asegurar firmeza en la camisa que se esta trabajando En las posiciones finales, el eje lineal posee interruptores de carrera eléctricos.

En la cuarta posición, se encuentra un expulsor eléctrico y es quien se encarga de transferir la pieza de trabajo a la siguiente estación.

El emplean relevadores para el arranque los motores eléctricos y la posición de la mesa indexadora se asegura por medio del sensor inductivo colocado en la parte inferior de la misma.

3. Estación de Proceso	
<p>Función: En la estación de Procesamiento, las piezas se verifican y se procesan en una mesa giratoria de indexación. Esta estación utiliza sólo accionamientos eléctricos. La mesa giratoria de indexación es accionada por un motor DC. La mesa es posicionada por medio de un circuito por relés, siendo detectada la posición de la mesa a través de un sensor inductivo. En la mesa de indexación giratoria, las piezas son verificadas y taladradas en dos procesos paralelos. Un electroimán con un sensor inductivo verifica que las piezas se hallen colocadas en la posición correcta. Durante el taladrado, la pieza es sujeta por un electroimán. Las piezas acabadas son sacadas a través de un expulsor eléctrico a la siguiente estación</p>	 <p>El diagrama muestra un recuadro con el título 'Estación Proceso'. Dentro del recuadro, se ilustra una mesa giratoria con seis posiciones, representada por un círculo con seis puntos. A la izquierda de la mesa, se muestra un componente que parece ser un sensor o un actuador.</p>

CAPITULO VI

Los componentes de la estación son los siguientes:


- Perfil de aluminio con dimensiones 350x700 mm
- Conector eléctrico estandarizado terminal tipo IEEE488/24
- Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
- Mesa giratoria de 6 compartimientos para compartimientos de piezas de trabajo de 40 mm
- Motor eléctrico con transmisión
- Actuador magnético lineal para verificación
- Actuador magnético lineal como sujeción
- Motorreductor de CD por medio de transmisión de banda dentada
- Deslizador lineal con deslizamiento de bolas
- Modulo de taladro eléctrico
- Actuador eléctrico rotatorio
- Sensor de posición inductivo
- Sensor de detección de piezas capacitivo
- Dos relevadores para control de dirección del motor
- Dos micro interruptores de limite
- Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
- Un sensor de comunicación óptico como emisor
- La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.
- Panel de control con 3 botones y led indicador, inicio, paro y reinicio, selector de automático y manual con llave, dos lámparas de aviso. 8 bornes de conexión a 4 mm para I/O y 2 para 0 vcd.
- Un PLC FEC440 montado en una placa con 2 conectores para bloque terminal tipo IEEE488/24.



6.5.4 Estación de Manipulación.

Esta estación se encarga de colocar las camisas de los pistones a la banda de transporte. Esta formada por un manipulador flexible de dos ejes. Uno de ellos, formado por un actuador neumático de 400 mm y con ajuste en las posiciones finales o intermedias con ayuda de dos amortiguadores hidráulicos. Por medio del segundo eje, formado de un actuador neumático plano y con una pequeña garra neumática de dedos paralelos permite tomar la pieza de trabajo del módulo de soporte levantarla y trasportarla a la banda o en su momento desechar piezas de color negro que no cumplen el estándar de calidad. Dicha selección se lleva a cabo por medio de un sensor óptico reflex que tiene colocada la garra en uno de los dedos.

La consola de control permite al operador arrancar la estación a través de sus tres botones, paro en color rojo, inicio en color verde y restablecimiento en color gris. El selector de ciclo automático o manual se define a través operar la llave. Posee dos lámparas que nos indicaran si requiere pieza la estación para continuar trabajando.

4. Estación de Manipulación	
<p>Función: La estación de Manipulación está equipada con un manipulador flexible de dos ejes. Las piezas colocadas en el soporte son detectadas por un sensor de reflexión directa. El dispositivo manipulador toma la pieza de allí con la ayuda de una pinza neumática. La pinza está dotada de un sensor óptico que distingue entre piezas “negras” y “no negras”. Las piezas pueden colocarse en diferentes rampas según este criterio y pueden definirse otros criterios de clasificación si la estación se combina con otras estaciones. Las piezas también pueden transferirse a la estación siguiente.</p>	 <p>El diagrama muestra una estación de manipulación con un manipulador flexible de dos ejes. Una pinza neumática con un sensor óptico está montada en el manipulador. Hay un soporte con rampas para las piezas y un sensor de reflexión directa. El título del diagrama es 'Estación de Manipulación'.</p>

CAPITULO VI

Los componentes de la estación son los siguientes:




- Perfil de aluminio con dimensiones 350x700 mm
- Conector eléctrico estandarizado terminal tipo IEEE488/24
- Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
- Bloque de válvulas compacto con rejilla de 10 mm
- Actuador neumático lineal sin vástago de doble efecto con alta precisión de posicionamiento por medio de rodamientos de bolas
- Actuador plano como eje Z.
- Gripper neumático de dedos paralelos
- 6 interruptores magnéticos de limite con LED indicador
- Dos deslizadores para piezas de trabajo
- Un sensor óptico tipo reflex para seguridad
- Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
- Un sensor de comunicación óptico como emisor
- Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
- La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.
- Panel de control con 3 botones y led indicador, inicio, paro y reinicio, selector de automático y manual con llave, dos lámparas de aviso. 8 bornes de conexión a 4 mm para I/O y 2 para 0 vcd.
- Un PLC FEC440 montado en una placa con 2 conectores para bloque terminal tipo IEEE488/24.



6.5.5 Estación de Robot

En esta estación, el robot RV-M1 se encarga de tomar las piezas que llegan por la banda de transporte y colocarlas en el retenedor para montaje. Posteriormente insertara el embolo del cilindro, le colocará el resorte y finalmente la tapa. Los anteriores elementos serán proporcionados por la estación de ensamble en forma individual.


Al tener armado por completo el cilindro de simple efecto, el robot, lo tomara para colocarlo nuevamente sobre el carro de la banda.

5. Estación de Robot Robot RV – M1	
Función: La estación de Robot permite transportar piezas que se alimentan a través de la banda y colocarlas en el retenedor de montaje. Debido a que la pinza del robot no cuenta con el sensor, como en otros modelos, se emplea siempre el émbolo pequeño para todas la camisas(émbolo de color negro).	 <p>Robot Industrial 5 ejes Ensamble de cilindros</p>
Los componentes de la estación son los siguientes: <ul style="list-style-type: none">• Perfil de aluminio con dimensiones 350x700 mm• Robot de 5 grados de libertad RV – M1• Controlador de Robot• Caja de enseñanza “ teach pendall”• Garra eléctrica• La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.	 

6.5.6 Estación de ensamble para robot

Esta estación se encarga de proveer los componentes necesarios para el ensamble del actuador. Primeramente por medio del módulo separador de émbolos se entregan pistones negros para las camisas del mismo color y plateados para las camisas de color naranja o metálica. Se colocan los émbolos en el tubo plástico transparente y por medio de un actuador rotativo en la parte baja alimenta uno a uno los émbolos. Por medio de separador de resortes, son alimentados al desplazar un pequeño cilindro cada uno de los muelles por cada movimiento que realiza la corredera. A través del alimentador por gravedad se proveen las tapas que son colocadas manualmente en el cargador plástico y que son alimentadas por medio de un cilindro de doble efecto. Finalmente por medio del actuador semirotativo colocamos la tapa sobre el cuerpo del cilindro al realizar un giro aproximado de 160°. Una pequeña ventosa sujeta la tapa del alimentador y la libera sobre la camisa del cilindro.

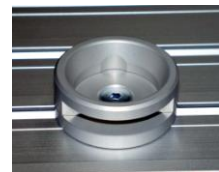
Por medio de los botones del panel de control arrancamos la estación.

6. Estación de Ensamble para Robot	
<p>Función: La estación de Montaje trabaja conjuntamente con la estación con robot. Suministra los componentes para el proceso de montaje de un cilindro de simple efecto, extrae la culata del cilindro del almacén. Los émbolos se hallan en un alimentador de gravedad y un cilindro de doble efecto empuja el muelle sacándolo del almacén.</p>	

CAPITULO VI

Los componentes de la estación son los siguientes:

- Perfil de aluminio con dimensiones 350x700 mm
- 2 Conector eléctrico estandarizado terminal tipo IEEE488/24
- Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
- Bloque de válvulas compacto con rejilla de 10 mm
- Un módulo de almacén y alimentación por gravedad con tubo de plástico transparente y un actuador neumático de doble efecto para la separación y alimentación de tapas con dos sensores magnéticos para finales de carrera.
- Un actuador neumático semirotatorio con brazo guía paralelo como dispositivo “pick & place” para tapas
- Modulo alimentador de resortes
- Modulo separador de émbolos negros y de color.
- Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
- La estación es colocada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm con cuatro ruedas con freno.
- Panel de control con 8 botones y led indicador, inicio, paro y reinicio, selector de automático y manual, paro de emergencia
- Un PLC FEC440 montado en una placa con 2 conectores para bloque terminal tipo IEEE488/24.
- 2 terminales de válvulas CPV



6.5.7 Estación de Almacén Logístico

Esta estación esta formada por dos almacenes de 36 posiciones cada una; en medio de la dos, se cuenta con un manipulador cartesiano de tres ejes de libertad, que desplazan el telescopio (Eje Y) a cualquiera de las 72 posiciones que conforman el almacén.

El origen de dicho sistema esta; Viéndolo desde la parte del panel de control en el extremo superior Izquierdo, por lo tanto, la parte positiva del eje X esta a la derecha y la parte negativa a la izquierda. Y para el eje Z es hacia arriba positivo y la parte negativa hacia abajo, como se observa en la figura 6.6

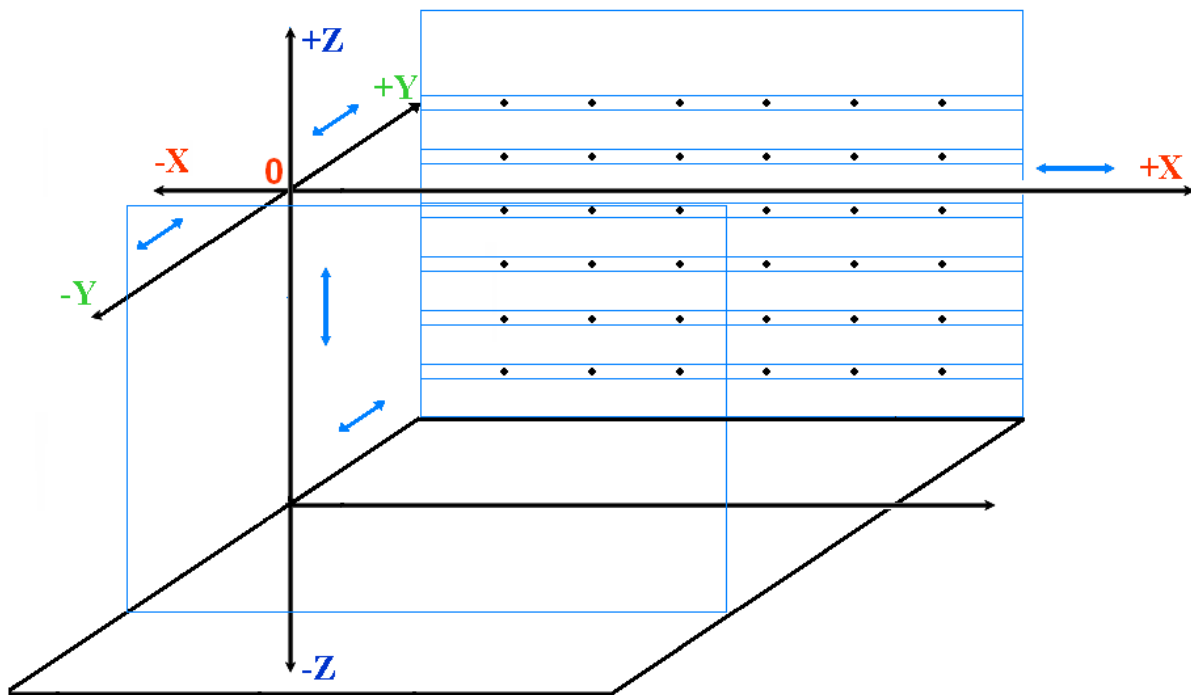


Figura 6.6 Sistema de referencia

En esta misma figura 6.6, podemos observar los puntos de referencia marcados con un punto negro para los ejes Z y X, con lo cual aseguramos las posiciones correctas en los diferentes espacios del almacén.

Esta forma de identificación se debió a que nuestro encoder nos entrega 1500 pulsos/revolución y nuestra resolución en el PLC no nos

CAPITULO VI

permite asegurar la posición por medio de los encoders en los servomotores

Al Recibir la señal de la banda, puede ocurrir dos casos, sacar contenedor vacío o meter pieza terminada. En cualquiera de los casos al recibir señal de la banda y de que se tiene carro asegurado en la posición 2, el manipulador se desplaza en el eje X y posteriormente lo hace en el eje Z para irse a su referencia y posteriormente sacar o meter el material pedido desde Intouch.

El retiro o abastecimiento de materiales en cada una de las 72 posiciones se realiza a través de un actuador eléctrico acondicionado con un mecanismo de transmisión de bandas que mueven un telescopio en el eje Y en sentido positivo o negativo y que coloca los contenedores en la posición de salida o entrada, que encontramos en la figura 6.7.

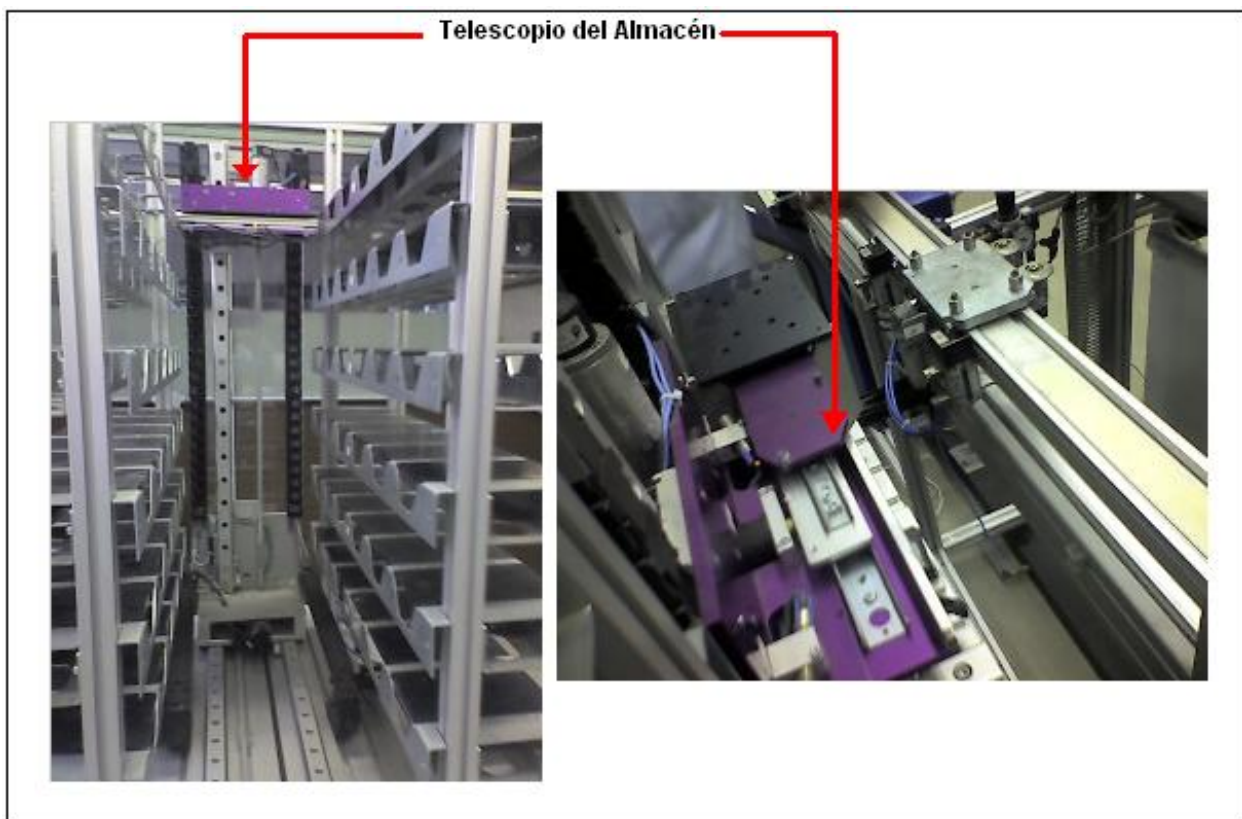


Figura 6.7. Eje Y llamado Telescopio del almacén

CAPITULO VI

Para sacar o meter material hacia o desde la banda, desde la posición de salida o entrada que se menciono anteriormente, se ocupa una manipulador electroneumático de dos ejes, que observamos en las fotos de la figura 6.8

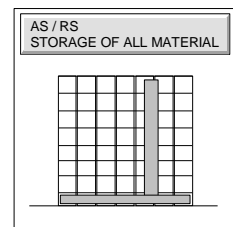


Figura 6.8 Sistema Manipulación neumático de 2 ejes

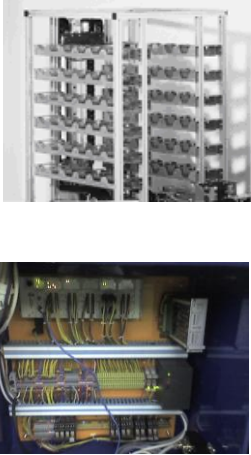
7. Estación de Almacén Logístico

Función:

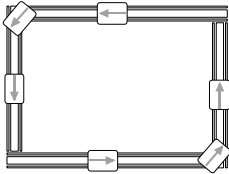
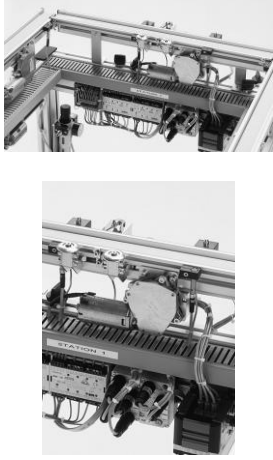
Almacenar el producto terminado así como cuerpos (camisas) del cilindro. Por medio de un sistema de manipulación X-Z y un telescopio en el eje Y, toma el producto terminado de la banda de transporte y lo deposita en alguna de las 72 posiciones que tiene dicho almacén.



CAPITULO VI

<p>Los componentes de la estación son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Perfil de aluminio con dimensiones 1110x700 mm• Manipulador eléctrico de tres ejes de libertad al centro de las posiciones que forman el almacén• Dos matrices de 36 posiciones cada una.• Manipulador neumático de dos ejes para tomar y sacar producto desde o hacia la banda de transporte..• Panel de control• Unidad de control CPX.• Un drives de control para servomotores• La estación esta colocada en una mesa fija de dimensiones 1110 x 1320 x 1900 mm	
---	---

6.5.8 Estación Banda de transporte.

<p>8. Banda de Transporte</p> <p>Función: La estación de Banda de transporte es responsable de llevar las diferentes piezas de trabajo a sus respectivas estaciones de proceso por medio de una banda transportadora y carros que son arrastrados por la misma</p>	
<p>Los componentes de la estación son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• 4 Bandas de transporte montadas en iguales tramos de aluminio con dimensiones 1100 x 50 mm• 2 tramos de banda de 700 mm• Control de los componentes por Ethernet• Tablero de control por medio de FEC640• 5 estaciones de trabajo y 4 de ellas habilitadas• Cada estación de trabajo esta formada por los siguientes elementos :	

CAPITULO VI

La Estación de Banda de transporte es la responsable de llevar las piezas de trabajo a todas las estaciones que forman el sistema FMS. Estas piezas deben ser colocadas en el momento preciso y en la estación respectiva de acuerdo al proceso seleccionado.

Aunque el carro posee un sistema de identificación propio en la parte inferior del carro que es reconocido por el sensor ID, Véase Figura 6.9 e indica el número del transportador respectivo, en éste proyecto no será empleado, debido a los alcances del mismo que no incluyen leer esos indicadores Solo emplearemos los diferentes sensores inductivos para detener los carros en la posición respectiva. Usando una comunicación basada en entradas y salidas. La información será enviada por medio de la red ethernet que se tiene habilitada con las diferentes estaciones que conforman el sistema.

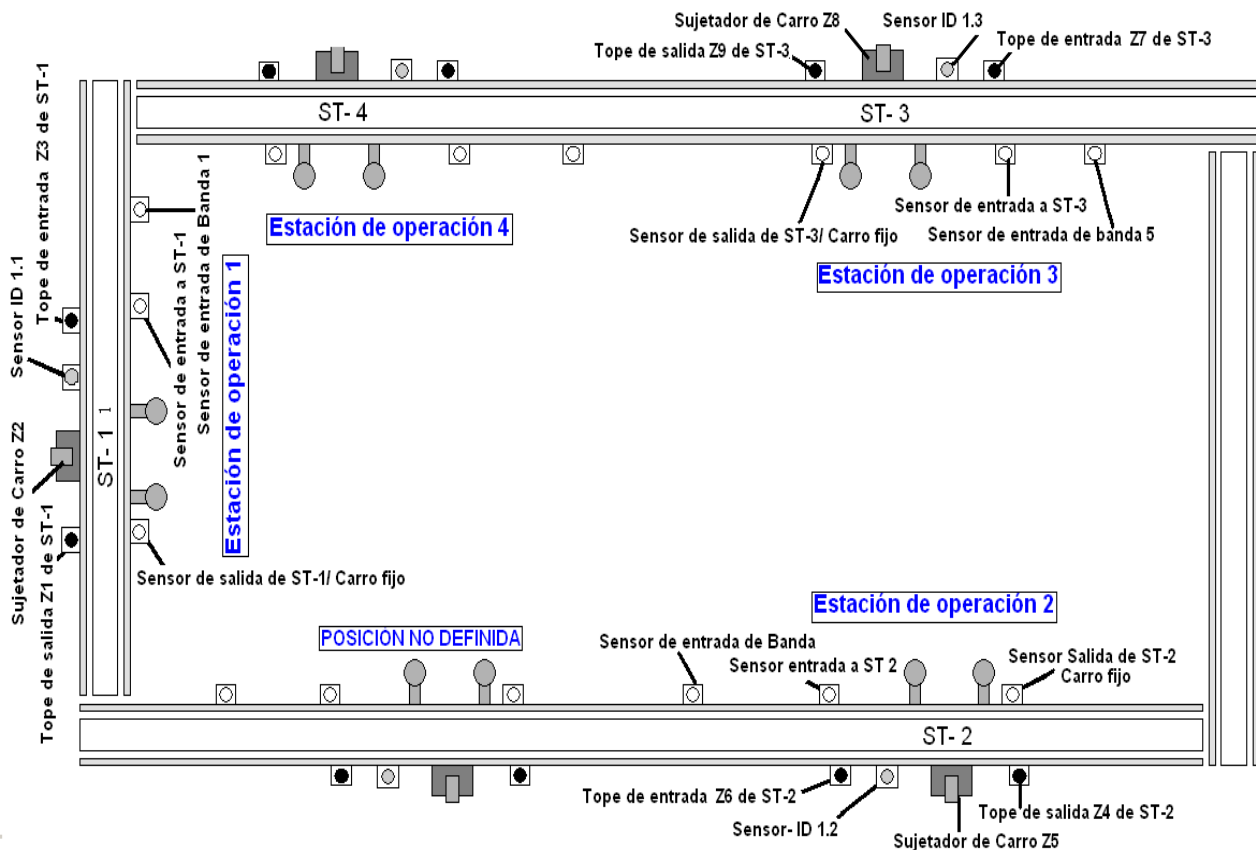


Figura 6.9. Distribución de estaciones

La Estación de Banda de transporte es de forma rectangular y está integrada por 4 tramos de banda de 1000 mm que forman el largo y

CAPITULO VI

dos tramos de 500 mm que son para el ancho de la misma. Dicha estación tiene capacidad para 5 Puestos de trabajo, en este momento solamente tiene 4 activos y están distribuidos de la forma que muestra de igual forma la Figura 6.9.

Emplearemos la siguiente nomenclatura para esta documentación técnica:

- WT = Carro con pieza de trabajo
- ST-# = Estación de trabajo número
- Z-# = Tope número (stopper)
- Z# = Sujetador de Carro (clamp)
- B#.# = Sensores de proximidad
- ID-# = Sensor de identificación de carro (No utilizada)

Las 4 estaciones de trabajo ST, están ocupadas de la siguiente forma:

	Número de Posición	Descripción de Estación
ST- 1	Estación de operación 1	Ensamble de Producto con robot RV-1
ST- 2	Estación de operación 2	Almacén de 72 posiciones
ST- 3	Estación de operación 3	Sistema MPS con las estaciones de Manipulación, Proceso, Verificación y Distribución
ST- 4	Estación de operación 4	Sin utilización

Cada una de ellas esta conformada por los siguientes elementos

Tope de Entrada (stopper) Z3

- El Tope de entrada (Z3) tiene la función de prevenir atascamientos o colisiones en las estaciones de trabajo. En cualquier punto, ellos permiten a un carro con pieza de trabajo solamente ocupar la estación de trabajo. Los topes de entrada son idénticos en construcción para todas las estaciones y pueden ser montados sobre cualquier posición. En la posición inicial, los topes de entrada están extendidos. Ellos contienen un sensor (B1.3) el cual indica su posición de operación. Un sensor mas alejado (B1.1) reconoce si un carro con pieza de trabajo ocupa la estación ST-1.

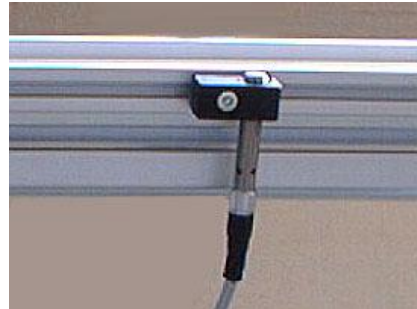


CAPITULO VI

1. Tope de Entrada Z3 (stopper)	Cilindro neumático	Separa carros con piezas de trabajo	AEVUZ-16-10 EA
2. Tope de Entrada Z3 Retraído	Sensor magnético B1.3	Reporta a tope de entrada Z3 retraído	SME-8 S-led 24
3. Pieza de trabajo en estación ST-1	Sensor inductivo B1.4	Reporta que carro con pieza en estación ST-1	SIEM-M8-B-PS-S-L

Sensor de entrada de Banda B#.5

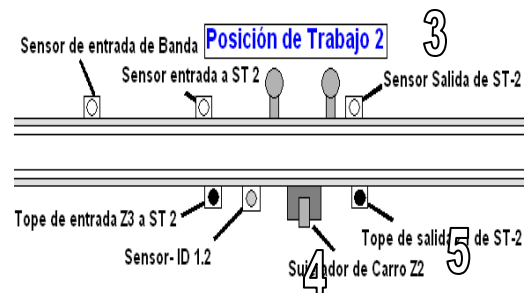
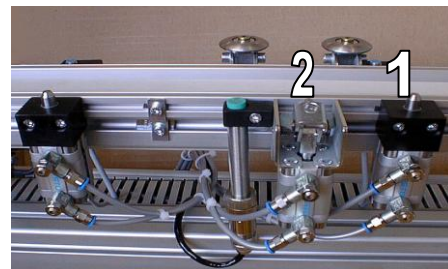
- El Sensor de entrada de banda B1.5, es necesario para evitar colisiones en las esquinas del sistema de transporte. Cuando un carro con pieza de trabajo es liberado desde una posición de operación ST-1, la siguiente sección es operada únicamente cuando el carro con la pieza de trabajo ha sido movida al otro lado del sensor de entrada de banda siguiente B3.5



1. Sensor entrada banda S	Sensor inductivo B1.5	Reporta que carro con pieza de trabajo ha entrado en la banda y va hacia ST-#	SIEM-M8-B-PS-S-L
---------------------------	-----------------------	---	------------------

Estación de trabajo ST y sujeción

- Para un posicionamiento exacto del carro con pieza de trabajo y la estación de trabajo ST-#, son sujetadas en varias posiciones de operación que garantizan una precisa transferencia de la pieza de trabajo para las respectivas estaciones. La estación de trabajo consiste de un Tope Z1 (stopper) y una unidad de Sujeción Z2 (Clamping), las cuales son idénticas en construcción y pueden ser montadas sobre cualquier posición. En su posición básica el Tope esta extendido, posee un sensor (B1.3), el cual indica la posición de operación del tope. En su posición básica el Sujetador (clamp) no está activado y poseen un sensor (B1.2) que indica el estado de operación del sujetador Z2. Un sensor más adelante reconoce si un carro con pieza esta situado en posición




1. Tope de salida Z1 de ST-1	Cilindro neumático	Liberar Pieza de trabajo	AEVUZ-16-10 EA
2. Sujetador de carro Z2	Cilindro neumático	Sujeta carro con Pieza de trabajo	ADVU 16-10

CAPITULO VI

3. Pieza de Trabajo en tope Z1	Sensor inductivo B 1.1	Reporta carro con pieza de trabajo en tope de salida Z1	SIEM-M8-B-PS-S-L
4. Sujetador de carro Activado	SensorB 1.2	Reporta que pieza de trabajo esta sujeta	SME-8 S-led 24
5. Tope de salida Z1 retraído	Sensor B1.1	Reporta que Tope de salida Z1 Retraído	SME-8 S-led 24

6.5.9 Estación de Control y visualización

<p>9. Celda de control y visualización</p>	
<p>El control del sistema lo realiza una computadora, por medio de una aplicación del software Intouch. El símbolo para esta documentación se encuentra al lado derecho.</p>	
<p>La computadora requiere las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pentium min. 300 Mhz • 128 MB memoria RAM • 2 GB de disco duro • Software: Windows XP e intouch V.7.1. • Conexión a Internet • Monitor Min. 19" 	

6.6 Funcionamiento y configuración de la red

Como se menciona anteriormente, la configuración de control se logra por medio de una Red Industrial Ethernet; utilizando una Topología en estrella, en la cual todos los controles electrónicos (PLC) se conectan a un dispositivo central llamado HUB o SWICHT. Como observamos en la figura 6.10

Entre las ventajas que podemos mencionar al emplear este tipo de red están las siguientes:

- ◆ Fácil de modificar y agregar nuevas computadoras sin disturbios al resto de la red.
- ◆ El centro de la red es un buen punto para diagnosticar las fallas en la red.
- ◆ La falla de una computadora no afecta necesariamente a la red

CAPITULO VI

- ◆ El uso de diferentes cables en la misma red.
- ◆ La RED se puede extender tanto como INTERNET lo permita

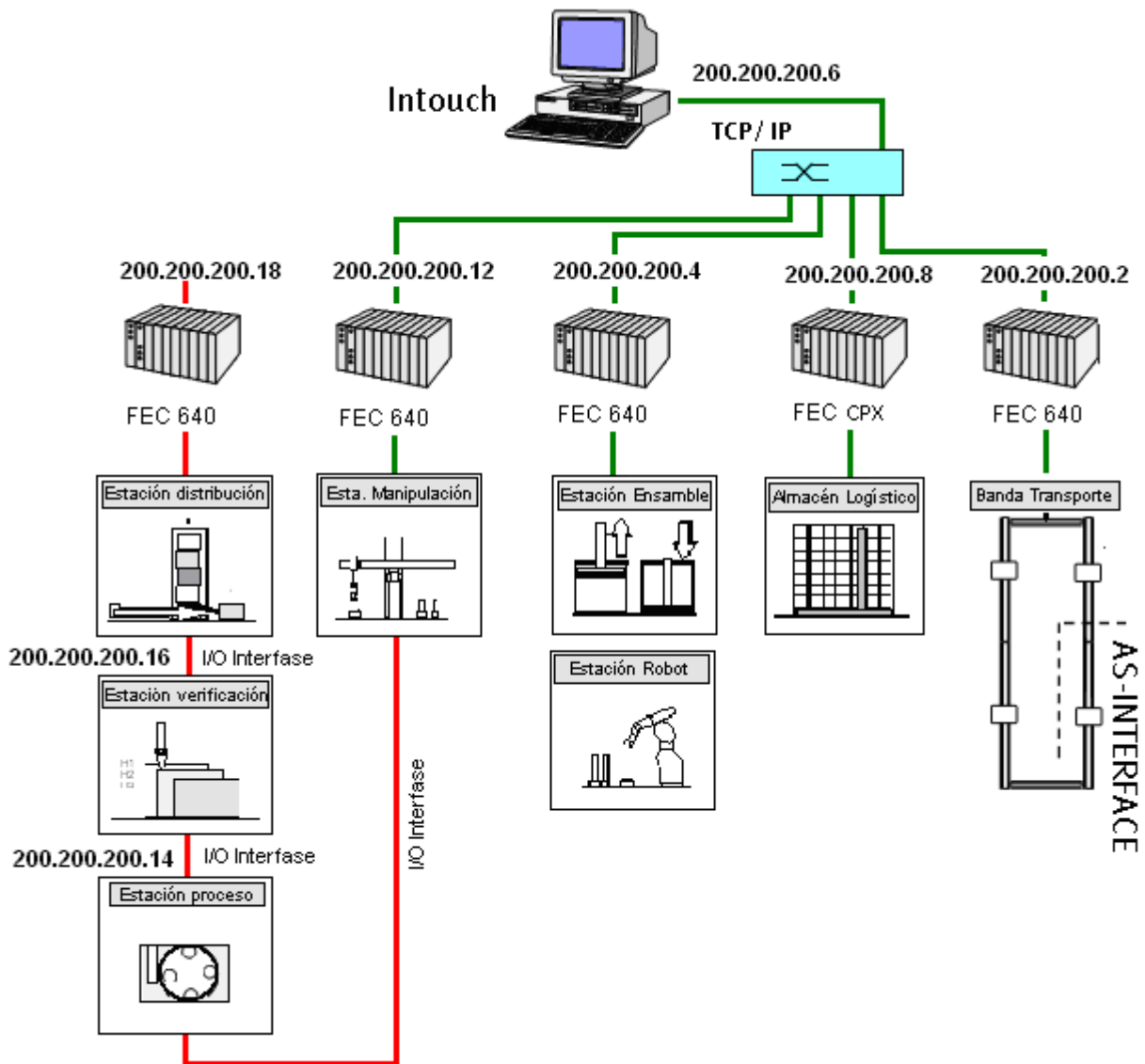


Figura 6.10. Topología de la Red en estrella

6.6.1 Conexiones de comunicación con MPS y Banda

Para el manejo del Sistema Flexible de Manufactura, emplearemos un protocolo de comunicación TCP/IP, para hardware en la red basado en Ethernet 10baseT y en la parte del software el programa IPC Data

CAPITULO VI

Server. Este protocolo maneja la operación Cliente/Servidor, por lo tanto es un sistema multimaster.

En la parte de las 4 estaciones MPS y Robot con ensamble emplearemos una comunicación basada en Entradas/salidas (I/O)

Las diferentes estaciones de Distribución, Verificación, Proceso y manipulación, se pueden comunicar por medio de las conexiones de 4 mm que posee el panel de control tanto para entradas como salidas, como se observa en la figura 6.11.

O simplemente puede hacerlo a través del sensor óptico de comunicación que poseen las estaciones mostradas en la figura 6.12. La comunicación entre la Banda de transporte y la estación MPS se logra por medio de la red Ethernet.

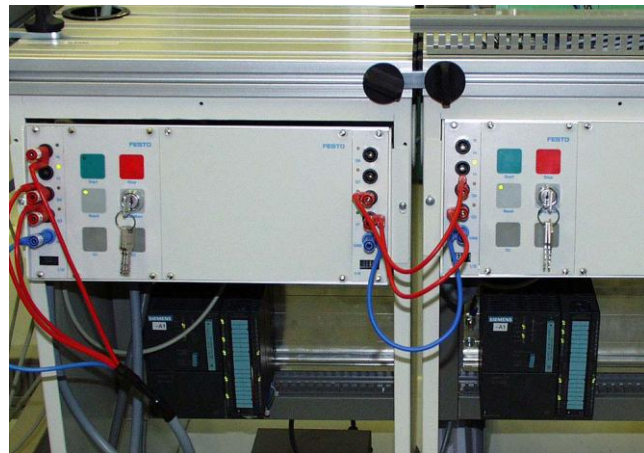


Figura 6.11. Conexión I/O entre estaciones del MPS

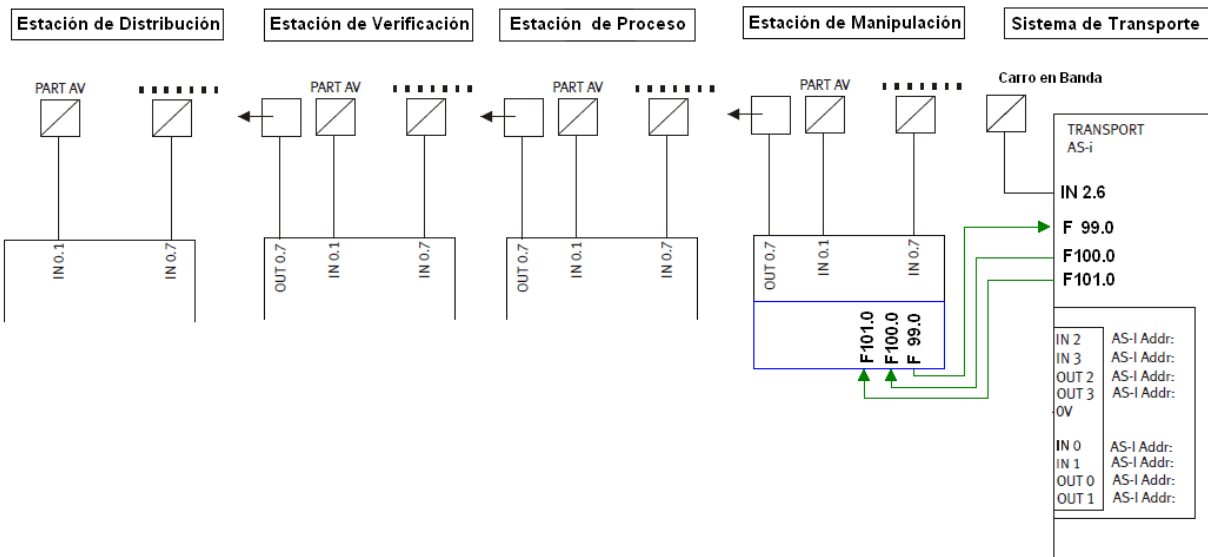


Figura 6.12 Comunicación I/O entre estaciones MPS con sensor

CAPITULO VI

A continuación mostramos gráficamente en la figura 6.13 las conexiones del modulo de MPS con la banda de Transporte.

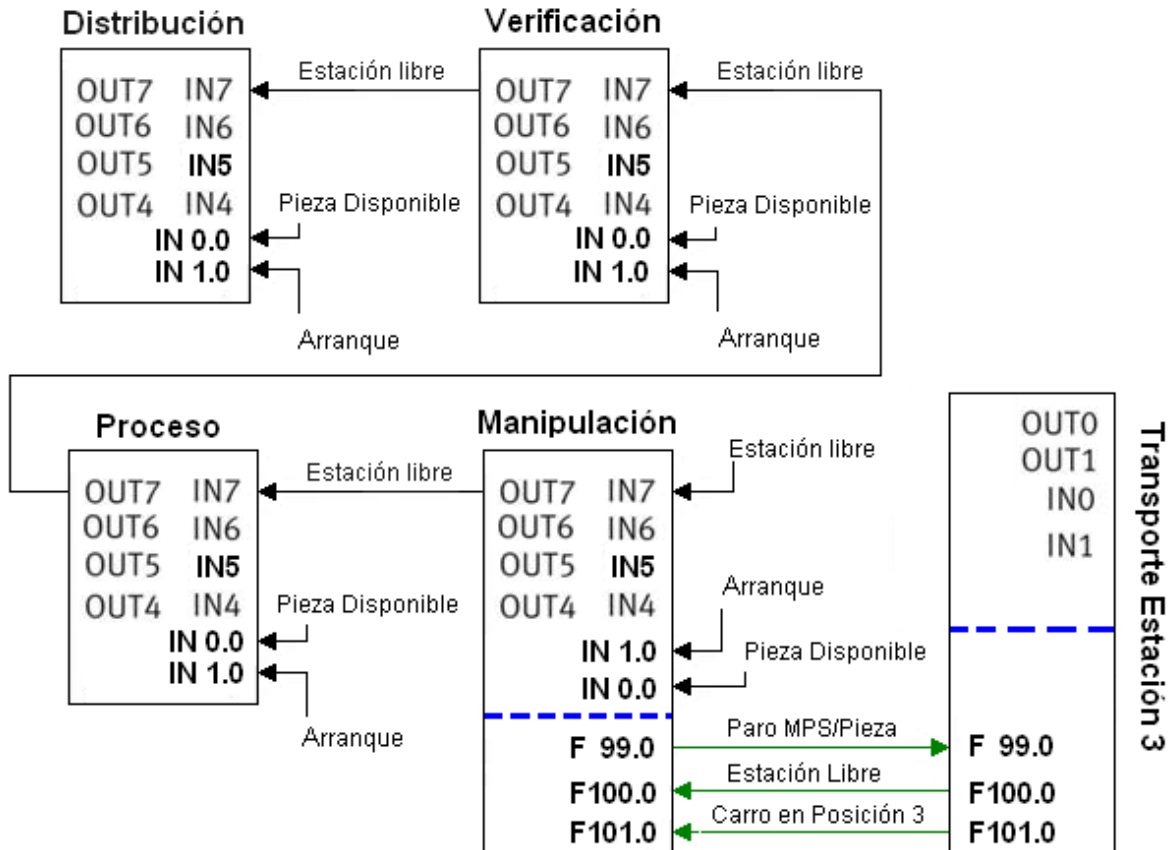


Figura 6.13 Sumario de Comunicación entre los MPS y Banda

Podemos definir la secuencia de operación, para la estación de Los sistemas Modulares de producción y la Banda de transporte por medio de los siguientes paso

- 1.- El proceso comienza alimentando una pieza (camisa de cilindro) a la estación siguiente de verificación. Siempre y cuando el sensor de estación libre (O0.7= IP_FI) así se lo indique.
- 2.- Una vez verificada las dimensiones de la pieza, si es el tamaño es el correcto será enviada a la siguiente estación de proceso; de igual forma siempre y cuando reciba la señal del sensor (O0.7) indicando que dicha estación esta libre.

CAPITULO VI

3.- La estación de Proceso realiza el barrenado y escariado respectivo a la camisa del cilindro, por medio de una mesa indexadora de 4 posiciones. Al terminar el proceso y recibir señal que la estación de Manipulación esta libre, dicha pieza es tomada del plato rotativo que comprende la mesa indexadora.

4.- En ésta estación se toma la pieza con la garra del manipulador y la lleva al final del cilindro neumático sin vástago quedando lista la pieza para ser depositada en el carro de transporte que detendrá la banda en la estación 3.

5.- La estación una vez lista, envía la señal (PAROMPS) al PLC de la banda indicándole que detenga un carro que pase en ese momento por medio de la red Ethernet

6.- En la estación 3, al detenerse un carro, se envía la señal (PAROMPSB) al PLC de la estación de manipulación que ya puede liberar la pieza, ocasionando con ello que el manipulador baje y deposite la pieza en el carro.

7.- Al terminar lo anterior la estación de manipulación espera una pieza nueva para enviar la señal de pieza lista.

6.6.2 Conexiones de comunicación de Robot y Banda

La comunicación de la estación del Robot con ensamble y Banda es vía entradas y salidas. La comunicación de la estación de ensamble con la estación de visualización que posee el programa intouch se da a través de banderas usando la red Ethernet. En la figura 6.14 se muestra gráficamente la comunicación que se lleva a cabo entre las estaciones de Robot, Ensamble y la Banda de Transporte.

La tabla de la figura 6.15 nos muestra las direcciones que se llevan a cabo entre el PLC de la Estación de ensamble y el Robot por medio de I/O, mientras que la comunicación del PLC de Ensamble con la Banda de Transporte se lleva a cabo por medio de la Red Ethernet y empleamos las banderas F30.1 para avisar a la banda que debe detener un carro en la posición 1, mientras que la bandera F40.1 Nos confirma que ya posee carro dicha posición.

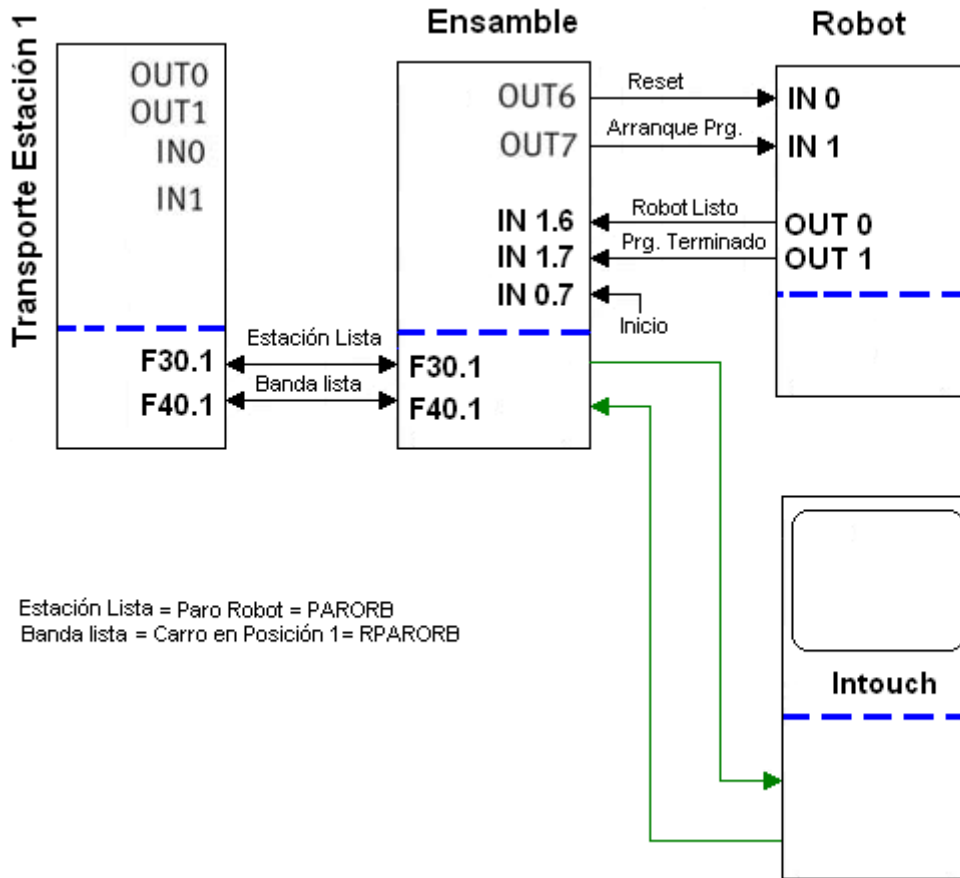


Figura 6.14 Comunicación entre el Robot, Ensamble y Banda

Conexiones del PLC de Ensamble			Conexiones del Robot	
PROT1	Salida O0,6	→	Entrada 0	Señal Reset (HOME)
PROT2	Salida O0.7	→	Entrada 1	Arranque inicio de Pro
SPROT1	Entrada I1.6	←	Salida 0	Señal de listo robot
SPROT2	Entrada I1.7	←	salida 1	Termino programa

Conexiones del PLC de Ensamble			Conexiones de la Banda de Transporte	
PARORB	Bandera F30,1	↔	Bandera F30.1	PARORB
RPARORB	Bandera F40.1	↔	Bandera F40.1	RPARORB

Figura 6.15 Tabla de Comunicación entre el Robot, Ensamble y Banda

CAPITULO VI

De una forma clara podemos definir la secuencia de operación de esta estación con la banda de la siguiente forma:

- 1.-Al oprimir el botón de Inicio (Start) en el panel de control de la estación de Ensamble arrancan los programas P1 y P2 en el PLC
- 2,- El programa P1 inicia el ciclo de preparar el Rotic, alimentar resortes, proporcionar émbolos metálicos o negros, según sea el caso, activar vacío y el robot va hacia la posición 99 (HOME), al terminar ese movimiento, se envía la señal de Robot listo (Output 0) al PLC
- 3,- Se manda la señal (SPROT2) del PLC al controlador del Robot para que éste realice el ensamble del actuador de simple efecto
- 4,- Se manda señal del robot (salida 1) al PLC que ha terminado el proceso y éste a su vez envía una señal al programa Intouch de la PC
- 5.- Comienza a parpadear una señal en la plataforma de intouch, y desde esa pantalla, el operador envía señal al PLC del ensamble (PARORB) para detener un carro en la posición 1.
- 6.- El PLC de la banda envía señal (RPARORB) que el carro está asegurado en posición 1 al PLC de la estación de Ensamble y éste a su vez le avisa que continúe el proceso al robot.
- 7.- El robot se posiciona sobre el carro, el cual está asegurado en la banda y deposita la pieza; el robot va a HOME y manda señal al PLC que ha terminado el ciclo (salida 1).
- 8.- Al recibir el PLC la señal de término de proceso del robot (SPROT2), envía señal a la banda (EASY_S) de continuar el ciclo productivo.
- 9.- El programa 2 envía señal al programa de visualización para hacer parpadear el monitoreo de la señal en la plataforma de Intouch

6.6.3 Conexiones de comunicación Almacén y Banda

Para la estación de Almacén, el cual se encuentra ubicado en la posición 2, podemos observar su diagrama de comunicación en la figura 6.16

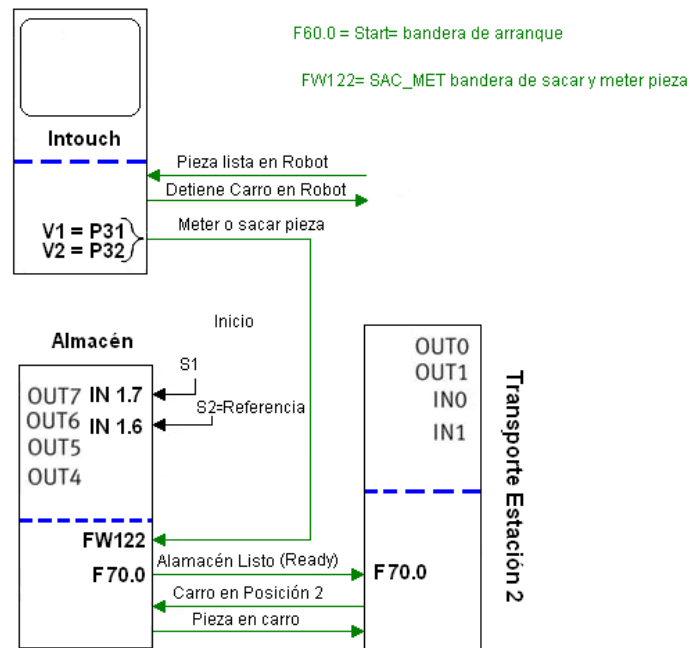


Figura 6.16 Comunicación del Almacén con la Banda e Intouch

- 1.- Por medio del Botón S3, se energiza la CPX y arranca de forma automática el programa principal (P0)
- 2.- Al oprimir el Botón S2, los ejes *x* y *z* del sistema cartesiano van a posición de referencia.
- 3.- Por medio del programa Principal (P0) una vez que el sistema está en posición, se envía la señal de la Bandera F70.0 de listo (Ready) al PLC de la Banda de transporte.
- 4.- Al llegar carro a la posición 2, se envía señal al almacén y este recibe la señal de la computadora de control al mandar la señal de meter o sacar pieza.
- 5.- Una vez recibida la señal y que se ha colocado pieza en el carro se envía la señal a la banda de transporte para continuar su proceso.
- 6.- Una vez que llego a su posición de reposo, el almacén envía la señal de listo.

6.7 Integración y Conexionado

Las instalaciones se buscan deben ser de tipo libre de humedad con una humedad relativa máxima del 80%.

CAPITULO VI

Las instalaciones Eléctricas deben cumplir con las regulaciones de interferencias eléctricas como motores, contactores, los cuales deben ser revisados de acuerdo a su compatibilidad electromagnética.

Para asegurar una operación segura es necesario contar con un piso antiderrapante en el lugar de instalación.

El equipo debe contar con suficiente espacio entre las paredes del laboratorio y el equipo.

El laboratorio debe estar libre de polvo.

6.7.1 Montaje Mecánico

La secuencia de montaje se recomienda sea la siguiente:

◆ Estación del sistema de Transporte

Primeramente es ensamblada la estación de Transporte y colocada en el lugar final de instalación. Tener cuidado de ser nivelada correctamente. La altura promedio oscila alrededor de los 900 mm.

◆ Estación de Almacén.

La estación de Almacén se sujeta firmemente por dos puntos a la estación de transporte en la estación de trabajo 2, mediante dos perfiles de aluminio de 110 mm. Que son apretados fuertemente por medio de tornillos de sujeción. Cuidar que la estación sea nivelada correctamente y a la misma altura que la banda de transporte.

◆ Estación de Robot con Ensamble.

La estación del Robot y montaje son colocadas en la posición de operación 1 de la estación de transporte, como se describe en la figura 6.6.

Se debe fijar fuertemente por medio de los sujetadores de 115 mm. Que unen dicha estación y no olvidar poner los frenos en las ruedas de los carros donde están montadas las estaciones. Se deben corregir las posiciones del robot para asegurar la correcta sujeción de los contenedores y piezas.

◆ Estaciones de MPS

Las estaciones de MPS son sujetadas firmemente a la estación de transporte en la posición de operación 3 y es a través la estación de

CAPITULO VI

manipulación. Las demás estaciones se conectan secuencialmente, de proceso, de verificación y de distribución. Las estaciones se sujetan entre sí por medio de los sujetadores en la parte posterior y frontal de las mismas. No olvidar fijar los carros de las estaciones por medio de los frenos que poseen las ruedas. La posición de la estación de manipulación se debe ajustar con el carro y el contenedor para colocar correctamente la pieza de trabajo.

6.7.2 Suministro de aire comprimido

La presión en la línea de abastecimiento del sistema, NO debe exceder los 10 bar. Se instala un filtro de 20 a 40 micras para asegurar la limpieza del aire comprimido.

Por medio de una unidad de mantenimiento se asegura la limpieza y control de la presión, además de que lleva una válvula de seguridad para liberar la presión existente en todo el sistema neumático.

La presión nominal de trabajo es entre 5 y 6 bar.

Purgar los vasos de los filtros para quitar el agua que ha sido retenida en función de su uso.

6.7.3 Suministro eléctrico

Para la operación del sistema se requiere tener conectados todos los cables y líneas de comunicación.

La alimentación general es de 220 V

Asegurar que el suministro de energía esta correctamente aterrizada y con protección contra sobre voltajes.

Cada estación contiene su propio botón de paro de emergencia individual motivo por lo cual solo reaccionara la estación a la que está conectado. Es posible instalar uno o más botones de seguridad a nivel general.

El suministro de energía eléctrica de 24 VCD para las diferentes estaciones se lleva a cabo principalmente para el área de control y es proporcionada por una fuente de poder provista en cada uno de los equipos de Almacén, transporte y montaje con robot por medio de dos hilos conectados a las “clemas” o conectores de entrada y salida de los gabinetes de control. Las estaciones de MPS se alimentan por medio de fuentes independientes y portátiles a 24 VCD.

6.7.4 Conexionado del robot con estación de ensamble

La figura 6.17 muestra el conexionado que debemos tener para el modulo de robot, sistema de ensamble con banda de transporte.

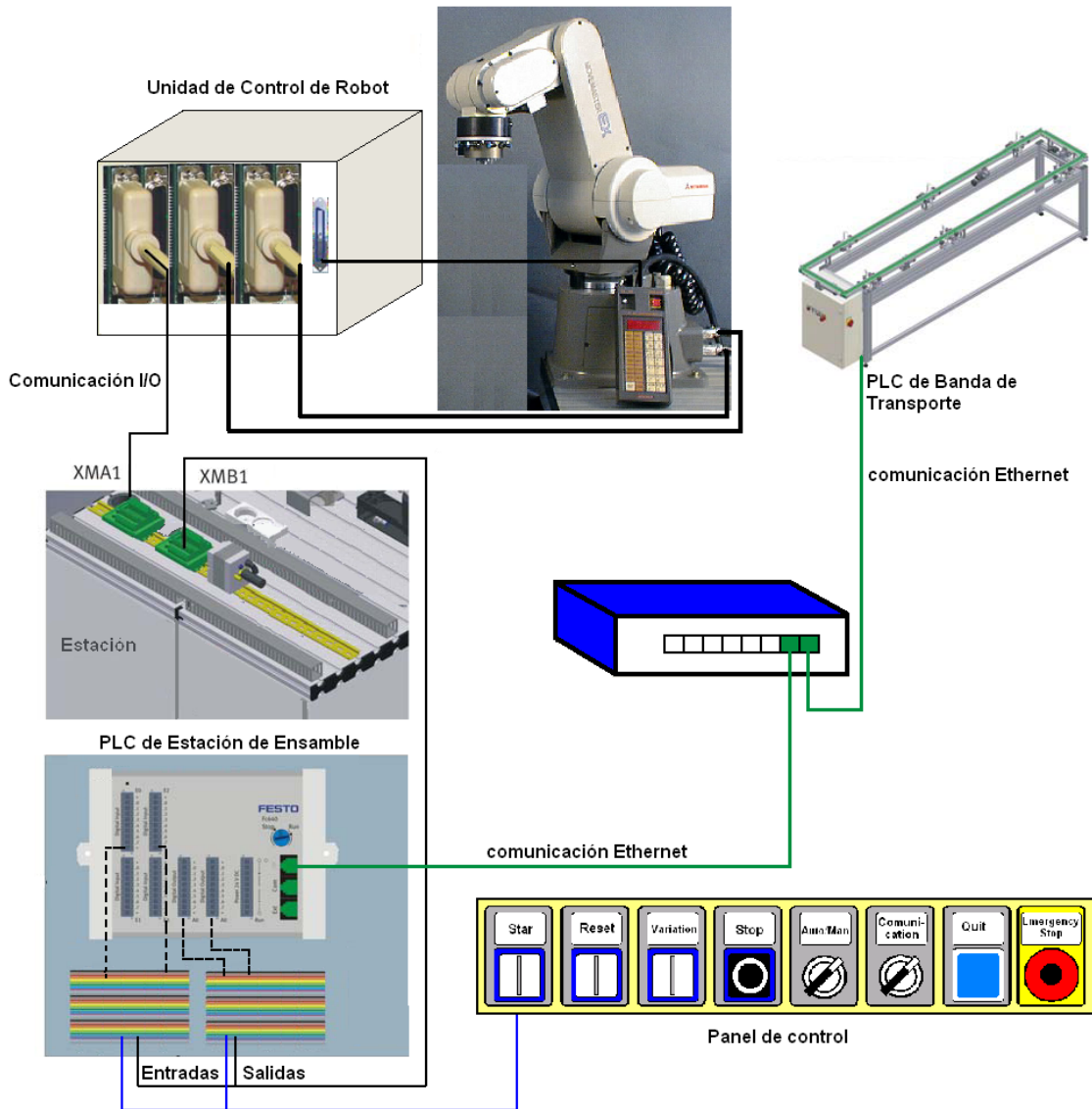


Figura 6.17 Conexionado del Modulo de Robot y Ensamble

El robot se alimenta directamente a 220 VCA.

CAPITULO VI

6.7.5 Direcciones

◆ Direcciones, conexionado y nomenclatura de control en la banda

	ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
1		XMA1	Estación de trabajo ST-1
2	I1.5	B1.5	Sensor de entrada de banda 1
3	I1.4	B1.4	Sensor de entrada a ST-1
4	I1.1	B1.1	Sensor de salida de ST-1/ sensor de carro fijo
5	I1.0	B1.0	Sensor de Tope de salida Z1 de ST-1 (abajo)
6	I1.2	B1.2	Sensor de Sujetador de Carro Z2 (Clamp activo)
7	I0.3	B1.3	Sensor de Tope de entrada Z3 de ST-1 (abajo)
	SALIDAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
8		M1	Motor de CD para banda 1
9		Y1.0	Cilindro (tope) Z1 baja. Pasa a ST-2
10		Y1.2	Cilindro (Sujetador de carro) Z2 Clamp activo
11		Y1.4	Cilindro (tope) Z3 baja

	ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
12		XMB1	Estación de trabajo ST-2
13	I2.3	B2.5	Sensor de entrada al tramo de banda 2
14	I2.2	B2.5	Sensor de entrada a ST-2
15	I1.7	B2.1	Sensor de salida de ST-2/ sensor de carro fijo
16	I1.6	B2.0	Sensor de Tope de salida Z4 de ST-2 (abajo)
17	I2.0	B2.2	Sensor de Sujetador de Carro Z5 (Clamp activo)
18	I2.1	B2.3	Sensor de Tope de entrada Z6 de ST-2 (abajo)
	SALIDAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
19		M2	Motor de CD para banda 2
20		M3	Motor de CD para banda 3
21		Y2.0	Cilindro Z4 (tope) baja. Pasa a ST-3
22		Y2.2	Cilindro (Sujetador de carro) Z5 Clamp activo
23		Y2.4	Cilindro (tope) Z6 baja

	ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
24		XMC1	Estación de trabajo ST-3
25	I3.1	B3.5	Sensor de entrada al tramo de banda 5
26	I3.0	B3.4	Sensor de entrada a ST-3
27	I2.5	B3.1	Sensor de salida de ST-3/ sensor de carro fijo
28	I2.7	B3.3	Sensor de Tope de salida Z9 de ST-3 (abajo)
29	I2.6	B3.2	Sensor de Sujetador de Carro Z8 (Clamp activo)

CAPITULO VI

30	I2.4	B3.0	Sensor de Tope de entrada Z7 de ST-3 (abajo)
	SALIDAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
31		M4	Motor de CD para banda 4
32		M5	Motor de CD para banda 5
33	O1.2	Y3.0	Cilindro Z7 (tope) baja. Pasa a ST-4
34	O1.3	Y3.2	Cilindro (Sujetador de carro) Z8 Clamp activo
35	O1.4	Y3.4	Cilindro (tope) Z9 baja

	ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
36		XMD1	Estación de trabajo ST-4
37	I3.7	B4.5	Sensor de entrada al tramo de banda 6
38	I3.6	B4.4	Sensor de entrada a ST-4
39	I3.3	B4.1	Sensor de salida de ST-4/ sensor de carro fijo
40	I3.2	B4.0	Sensor de tope de salida Z10 de ST-4 (abajo)
41	I3.4	B4.2	Sensor de Sujetador de Carro Z11 (Clamp activo)
42	I3.5	B4.3	Sensor de Tope de entrada Z12 de ST-4 (abajo)
	SALIDAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
43		M6	Motor de CD para banda 6
44		Y4.0	Cilindro Z10 (tope) baja. Pasa a ST-1
45		Y4.2	Cilindro (Sujetador de carro) Z11 Clamp activo
46		Y4.4	Cilindro (tope) Z12 baja

◆ Conexiones de Almacén Logístico: Control al PLC para el eje Z y X

ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCION
I1.1	B33.4	Eje Y al frente
I1.3	B33.6	Eje Y Atrás
I1.4	B33.5	Eje Y en el centro
I1.6	S1	Arranque
I1.7	S2	Reset
	S3	Desbloqueo de emergencia
	S9	Inicio de carrera en eje X (P.E)
	S10	Fin de carrera en eje X (P.E)
	S11	Fin de carrera eje Z
	S12	Inicio de carrera en eje Z
I0.0	B1.1	Sensor de referencia eje X positivo
I0.1	B1.2	Sensor de referencia eje X negativo
I0.2	B2.1	Sensor de referencia eje Z abajo
I0.3	B2.2	Sensor de referencia eje Z arriba
I0.3	B2.3	Encoder de eje Z (Verde/café)
I0.4	B1.3	Encoder de eje X (Blanco/café)
I0.6	B32.0	Pieza en el almacén adelante

CAPITULO VI

I0.5	B32.1	Pieza en el almacén atrás
SALIDAS		
O1.0	M_+	Activar eje Y hacia atrás
O1.1	M_-	Activar eje Y hacia adelante
O1.2	M2_+ (K3)	Activar eje Z servo hacia abajo
O1.3	M2_- (K4)	Activar eje Z servo hacia arriba
O1.4	M1_- (K5)	Activar eje X servo hacia derecha
O1.5	M1_+ (K6)	Activar eje X servo hacia izquierda
O0.7	K1	Activa Drive Y
O0.2	K2	Activa Drive Z

Conexiones de Control al PLC para el eje Neumático

ENTRADAS	SIMBOLO	DESCRIPCION
I0.7	B33.0	Eje lineal PALETA dentro
I1.0	B33.2	Eje lineal PALETA abajo
I1.2	B33.3	Eje lineal PALETA arriba
I1.5	B33.1	Eje lineal PALETA fuera
SALIDAS		
O0.0	Y33.1	Activar eje X hacia dentro
O0.1	Y33.2	Activar eje Z hacia abajo
O0.4	Y33.0	Activar eje X hacia fuera
O0.5	Y33.3	Activar eje Z hacia arriba

Conexiones: tarjeta amplificadora POL-DIN-41612

	2 a	Taco +	
	2 c	Motor +	
	4 a	Taco -	
	4 c	Motor -	
	6 a	+ 10V. Tensión de referencia	
-	6 c	Entrada consigna invertida	
	8 a	- 10V. Tensión de referencia	
+	8 c	consigna No invertida	
	10 a	Tensión de alimentación Max.33 vcc	
	10 c	Tensión de alimentación Max.33	

CAPITULO VI

	12 a	Activar (en conexión con la masa)	
	12 c	Alimentación tensión alterna 22 vca	
	14 a	Entrada de limitación de corriente 0-10 V	
	14 c	Alimentación tensión alterna 22 vca	
	16 a	Masa de potencia	
	16 c	Masa de potencia	

	18 a	Taco +	
	18 c	Motor +	
	20 a	Taco -	
	20 c	Motor -	
	22 a	+ 10V. Tensión de referencia	
-	22 c	Entrada consigna invertida	
	24 a	- 10V. Tensión de referencia	
+	24 c	consigna No invertida	
	26 a	Tensión de alimentación Max.33 vcc	
	26 c	Tensión de alimentación Max.33	
	28 a	Activar (en conexión con la masa)	
	28 c	Alimentación tensión alterna 22 vca	
	30 a	Entrada de limitación de corriente 0-10 V	
	30 c	Alimentación tensión alterna 22 vca	
	32 a	Masa de potencia	
	32 c	Masa de potencia	

6.8 Puesta en marcha

La puesta en marcha del equipo debe llevarse de la siguiente forma

- 1) Todos los elementos con energía eléctrica.
- 2) Verificar que se cuenta con aire comprimido en todas las estaciones que lo requieran.
- 3) El orden de arranque será como a continuación se presenta:
 - Estación de banda de transporte.
 - Estación de Almacén.
 - Estación de MPS
 - Estación de Ensamble con robot.
 - Estación de Visualización con Intouch

CAPITULO VI

Es necesario que todas las estaciones a trabajar sean ajustadas y alineadas antes de iniciar el sistema. Todas las posiciones de ensamble son revisadas y ajustadas en su momento.

6.8.1 Arranque de la Estación de Transporte

Para realizar el restablecimiento y arranque de la estación de transporte se emplea el panel de control ubicado en el gabinete del sistema, que se muestra en la figura 6.17

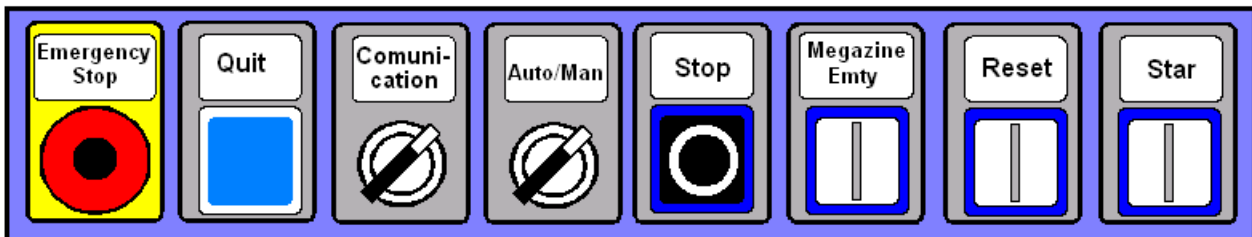


Figura 6.17 Tablero de control de la estación de transporte

Procedimiento de arranque:

1. Activar el suministro de aire. Mínimo de 4 bar
2. Activar el suministro de voltaje por medio del interruptor general de la estación
3. Oprimir el botón “Comunication” para arrancar los motores de la banda de transporte y el programa del PLC
4. Liberar el paro de emergencia
5. Oprimir la tecla “Star” para el inicio del ciclo

Nota: tener cuidado de no encontrarse carros transportadores dentro de las estaciones de trabajo para que los lectores de la estación estén libres, como se muestra en la figura 6.18

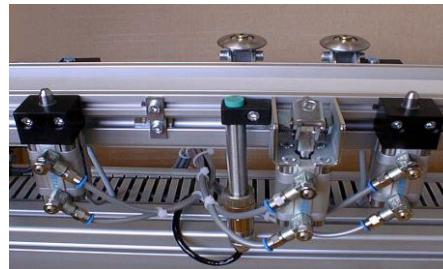


Figura 6.18. Estación trabajo

6.8.2 Arranque de la Estación de Almacén

Para realizar la referencia del almacén así como su arranque, se hace por medio del panel de control ubicado en la parte superior izquierda de la parte frontal; dicho panel lo observamos en la Figura 6.19

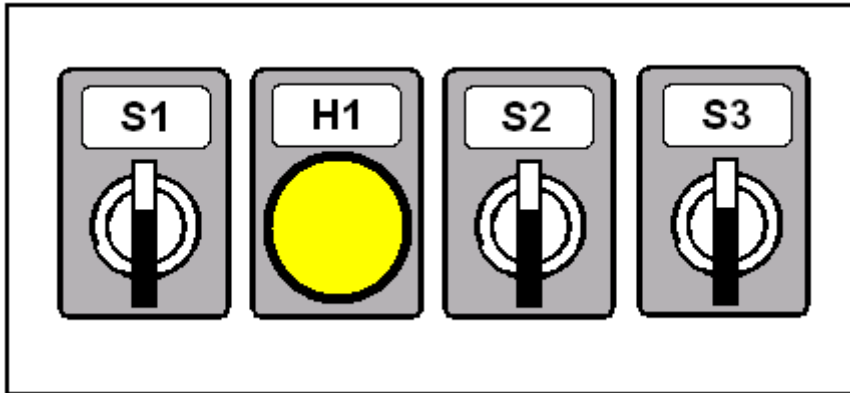


Figura 6.19 Panel de control de Almacén

Procedimiento de arranque:

1. Activar el suministro de aire. Mínimo de 4 bar de presión.
2. Activar el suministro de voltaje por medio del interruptor general de la estación
3. Al activar el botón "S1" energiza el controlador CPX y se arranca el programa grabado en la misma.
4. Oprimir el botón "S2" para llevar al eje X y eje Z a su sistema de referencia y al terminar dicho movimiento manda la señal de "Listo" a banda de transporte.

6.8.3 Arranque de la Estación de MPS

La estación de los MPS con cuatro estaciones tiene la siguiente secuencia de arranque y cada una de ellas se lleva a cabo por medio de su panel de control, que se muestra en la figura 6.20

Procedimiento de arranque:

1. Activar el suministro de aire. Mínimo de 4 bar y Máximo 6 bar
2. Activar el suministro de voltaje a 24 VCD por medio de las diferentes fuentes de alimentación para cada estación.

CAPITULO VI

3. Quitar todas las piezas de trabajo que pudieran tener alguna de las 4 estaciones de trabajo.
4. Colocar piezas de trabajo en el magazine de la estación de distribución.
5. Inicial la secuencia de arranque comenzando con la estación de manipulación, la estación de proceso, la estación de verificación y terminar el arranque con la estación de distribución; de acuerdo al procedimiento marcado en el punto 6.
6. Oprimir botón de "Stop" y comienza a parpadear la lámpara del botón "reset". Enseguida oprimir dicho botón y comenzara a parpadear la lámpara del botón de "Star" si fue hecho correctamente el restablecimiento. Finalmente oprimimos el botón de "Star" para iniciar el ciclo permaneciendo activa la lámpara correspondiente.

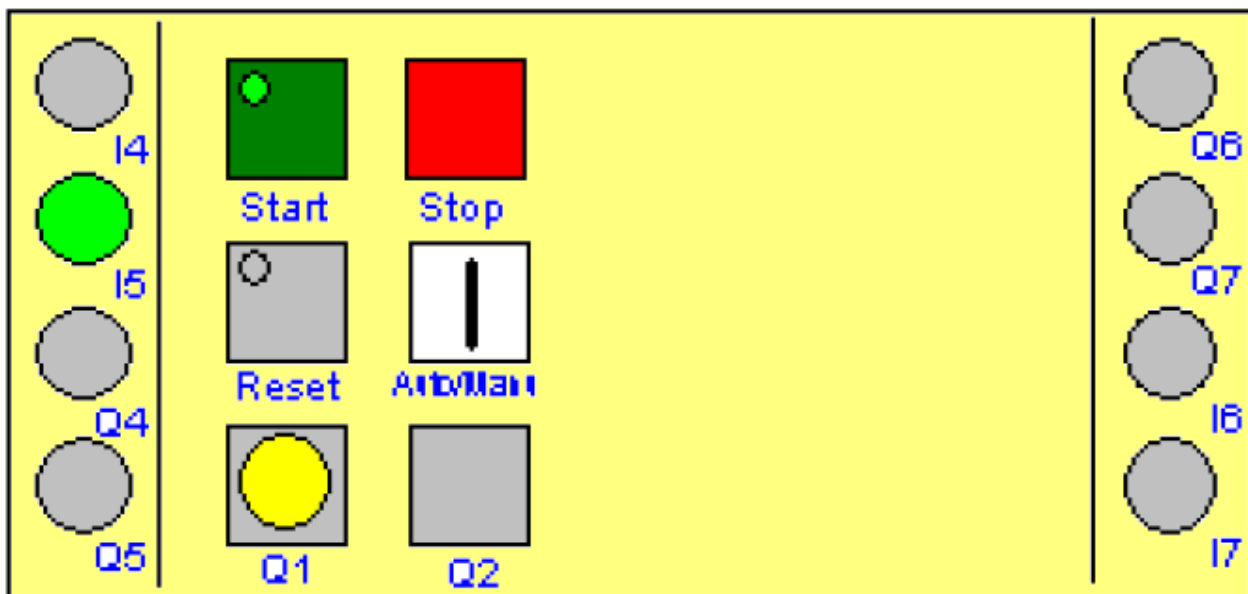


Figura 6.20 Panel de control de los Sistemas Modulares de Producción MPS

6.8.4 Arranque de la Estación de Robot con Ensamble

Para la Estación de Robot y ensamble iniciamos la siguiente secuencia de arranque:

1. Activar el suministro de aire. Mínimo de 4 bar de presión
2. Activar el suministro de voltaje por medio del interruptor general de la estación de ensamble, ubicado en la parte lateral del tablero.

CAPITULO VI

3. Cuidar de alimentar con resortes, émbolos y tapas en los respectivos cargadores por gravedad (almacenes).
4. Activar el Interruptor de encendido que está en la parte posterior del controlador del robot, que se muestra en la figura 6.21.
5. Asegurar que los botones de Paro de Emergencia No estén activos.
6. Cuidar que el interruptor de Teach (caja de enseñanza) del robot, este en posición de apagado "OFF"
7. El interruptor de comunicación este en posición "abajo", éste se encuentra dentro de la puerta lateral del controlador.
8. Activar el botón de "Reset" de la estación de ensamble. Esto lleva al robot a la posición de "HOME" y lleva a condiciones iniciales a la estación de ensamble. La luz indicadora verde (execute) del controlador del robot se mantiene encendida.
9. Para iniciar la secuencia de arranque de la estación de ensamble, presionar el botón de "Star" ubicado en el tablero de control mostrado en la figura 6.22

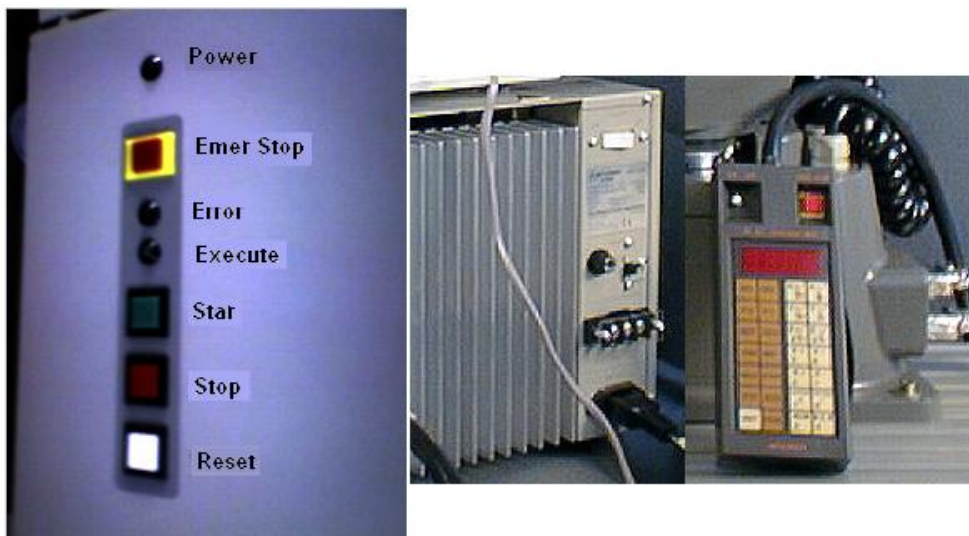


Figura 6.21 Controlador del Robot frontal y posterior respectivamente

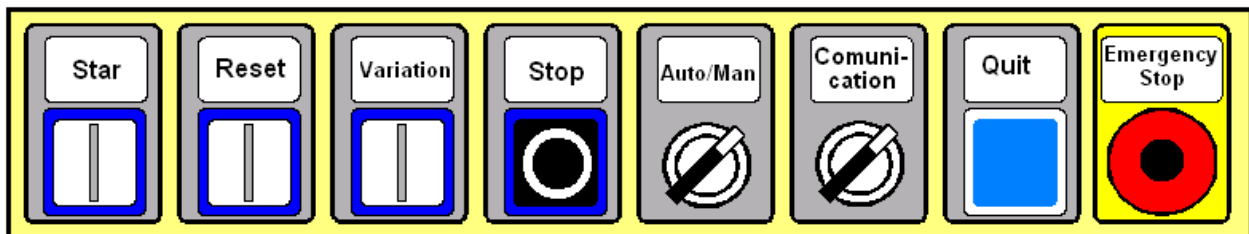


Figura 6.22 Tablero de control de la estación de Ensamble

6.8.5 Arranque de la Estación de Visualización con Intouch

Para la estación de visualización seguiremos el siguiente proceso de arranque:

1. Encender la computadora
2. Activar el software de enlace de comunicación con los controladores industriales por medio de la red Ethernet: IPCDATASERVER
3. Entrar a la plataforma de Intouch y abrir la aplicación: UTTL3
4. Desde esta plataforma de visualización y control que aparece en la computadora, que se muestra en la figura 6.23 Activaremos los puntos para confirmar que toma pieza para robot y tomar o dejar pieza en almacén.



Figura 6.23 Sistema de visualización con Plataforma Intouch

6.9 Programas

Al contar con 4 estaciones de trabajo: **Transporte, Almacén, Robot con Ensamble y MPS**, integrados en una red de comunicación Ethernet en sus controladores (PLC's), que estarán intercambiando información constantemente, podemos establecer que tendremos un programa para cada estación mencionada anteriormente.

6.9.1 Programas de la Estación de Transporte

El controlador que se encuentra ubicado en la banda de transporte es el PLC principal y es quien “coordina” el sistema de manufactura. En la figura 6.24 observamos dicho controlador.

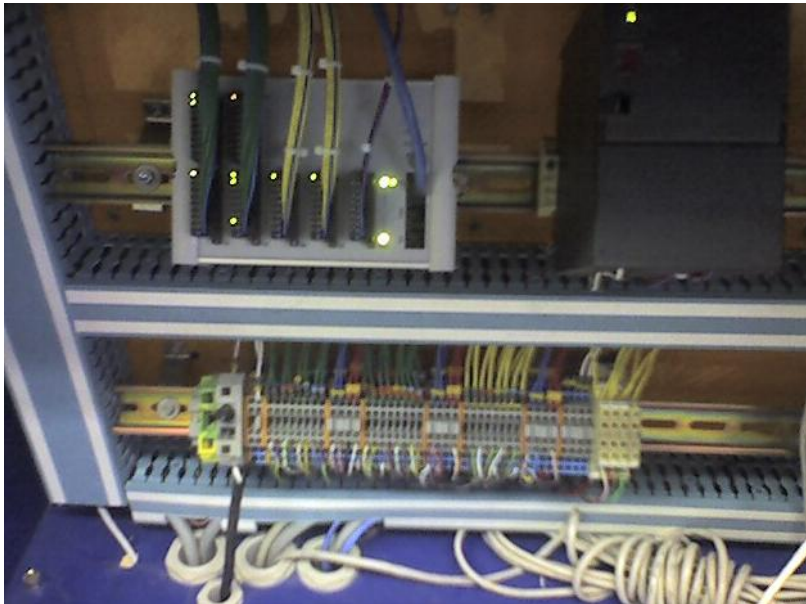


Figura 6.24 PLC de la estación de Transporte principal

El proyecto de dicho controlador está estructurado en 4 programas de procesamiento para las respectivas estaciones, y los podemos describir como:

- a) Principal (P0)
- b) Monitoreo del Robot (P1)
- c) Monitoreo de Almacén (P2)
- d) Monitoreo de MPS (P3)

Los programas P5, P6 y P9 habilitan la posición del robot, del almacén y del MPS respectivamente. El programa P7, nos permite sujetar las piezas en las estaciones de trabajo. En el programa P8 asigna direcciones IP. En la figura 6.25 podemos observar el proyecto y programas de control.

CAPITULO VI

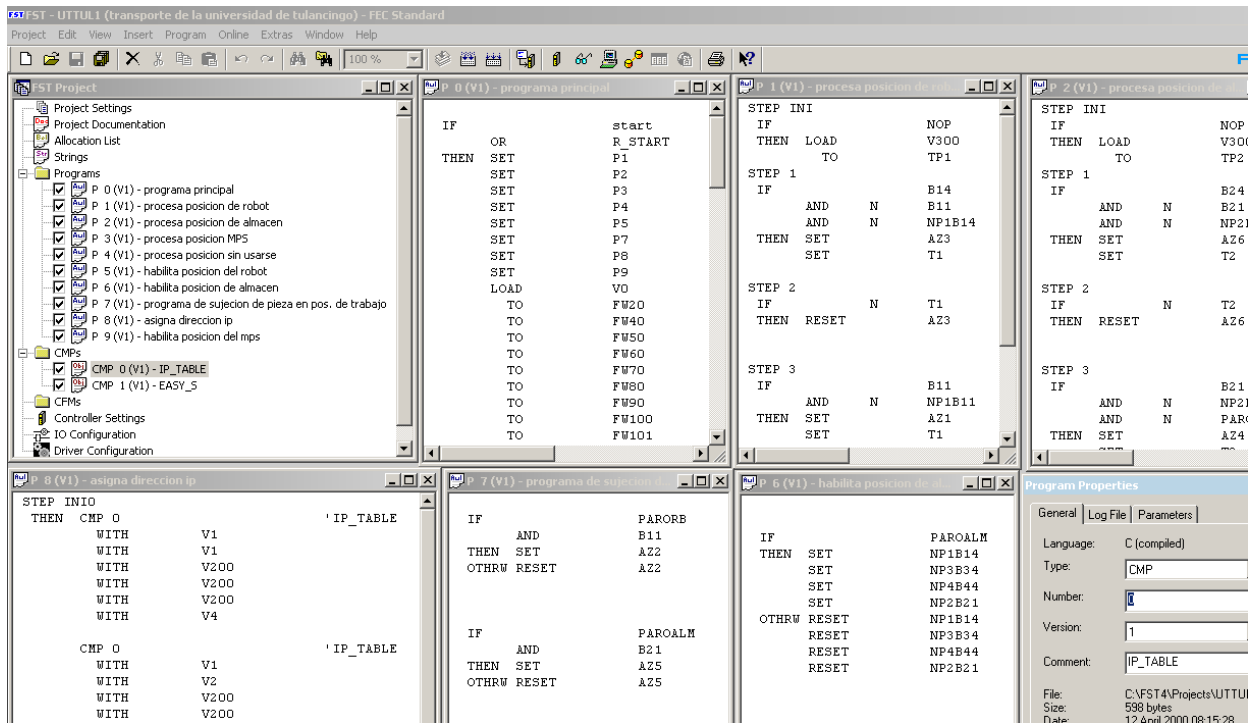


Figura 6.25 Programa principal y de monitoreo de estaciones

6.9.2 Programas de la Estación de Almacén

Para esta estación de Almacén dispondremos del programa P0 al programa P34. El proyecto está estructurado en subrutinas que corresponden a un programa con una tarea específica dentro del ciclo. Al poseer esta configuración de programas pequeños que pueden funcionar en multitasking, es decir, pueden correr hasta 16 programas al mismo tiempo, nos permite que se puedan generar más subrutinas o procesos diferentes de una forma muy sencilla.

El programa P0 es el programa principal que nos permite arrancar otros programas (P12 y P15); a su vez, el P15 nos activa el programa P28 que es de la secuencia de trabajo con ayuda de otros programas.

El programa P2 nos lleva a posición de referencia los ejes del sistema.

El programa P34, asigna la dirección IP al controlador.

En la figura 6.26 observamos el proyecto con los 35 programas que posee esta estación de trabajo.

CAPITULO VI

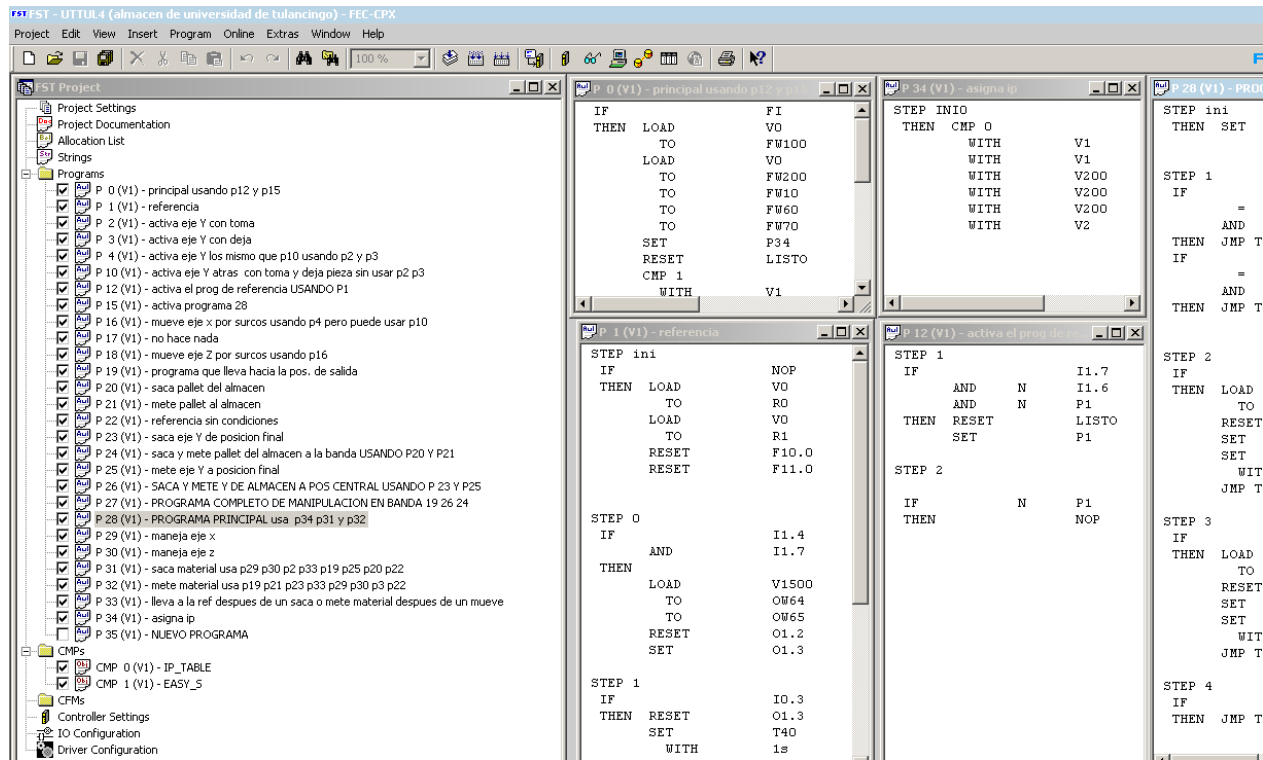


Figura 6.26 Proyecto y programas para la estación de almacén

6.9.3 Programas de la Estación de Ensamble con Robot

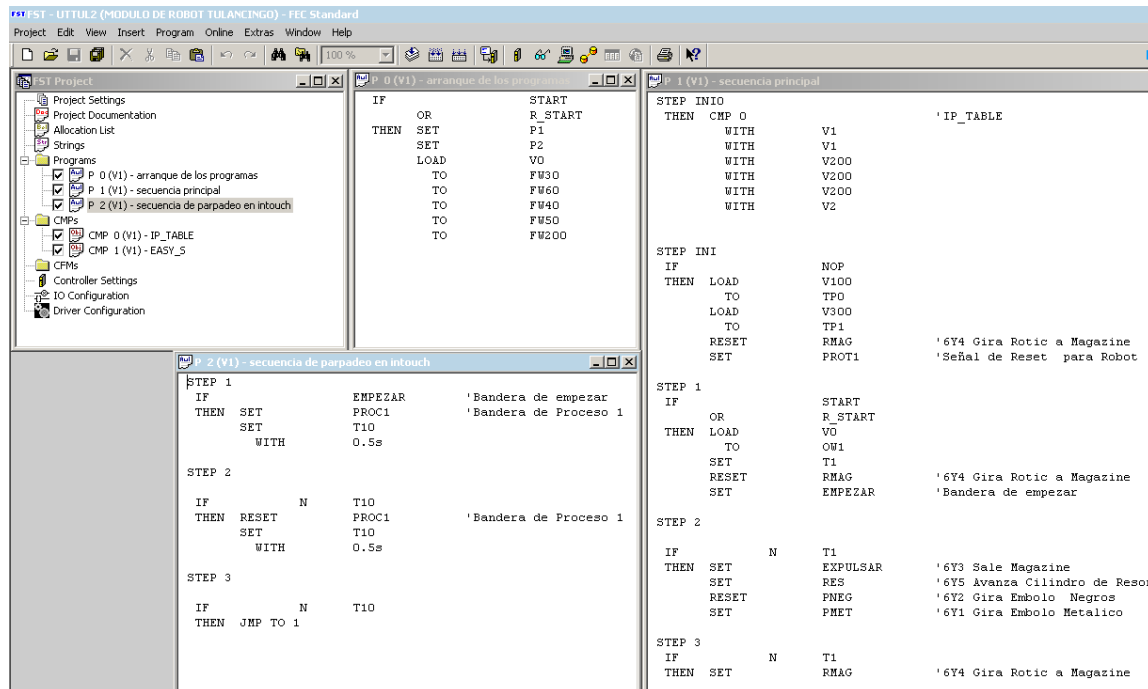


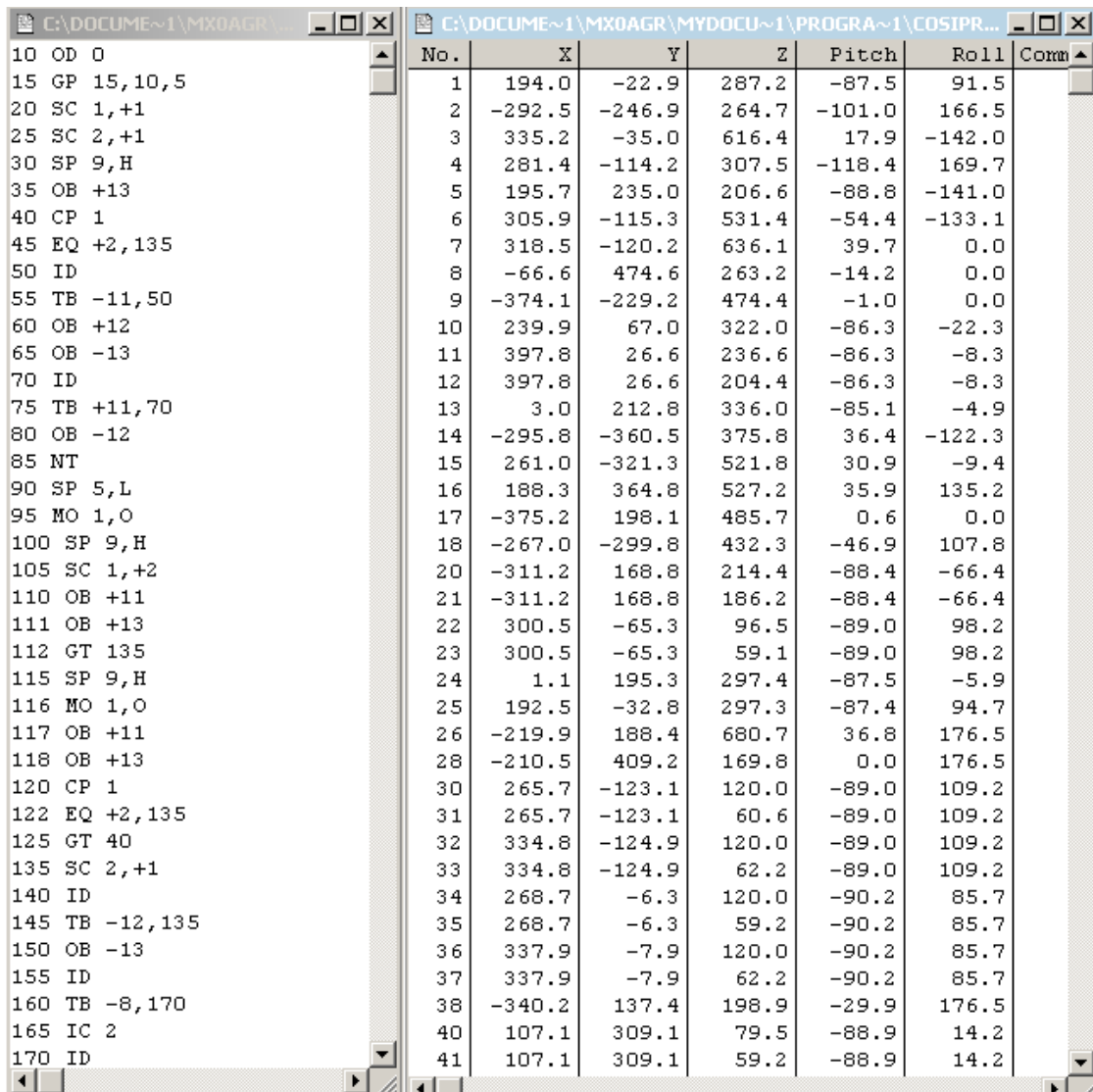
Figura 6.27 Proyecto y programas para la estación de Ensamble

CAPITULO VI

Este proyecto está constituido por 3 programas, donde el P0 es el principal que me permite arrancar el programa P1 y P2.

El programa P1 es quien posee la secuencia de trabajo, mientras que el programa P2 es quien realiza la secuencia de parpadeo en la lámpara de visualización con intouch. En la figura 6.27 observamos el proyecto que conforma la estación de ensamble.

Para el robot tenemos un programa realizado en el lenguaje de programación Melfa Basic IV, y se requieren 15 posiciones definidas. En la figura 6.28 observamos el programa y el listado de posiciones del robot RV-M1



No.	X	Y	Z	Pitch	Roll	Comm
1	194.0	-22.9	287.2	-87.5	91.5	
2	-292.5	-246.9	264.7	-101.0	166.5	
3	335.2	-35.0	616.4	17.9	-142.0	
4	281.4	-114.2	307.5	-118.4	169.7	
5	195.7	235.0	206.6	-88.8	-141.0	
6	305.9	-115.3	531.4	-54.4	-133.1	
7	318.5	-120.2	636.1	39.7	0.0	
8	-66.6	474.6	263.2	-14.2	0.0	
9	-374.1	-229.2	474.4	-1.0	0.0	
10	239.9	67.0	322.0	-86.3	-22.3	
11	397.8	26.6	236.6	-86.3	-8.3	
12	397.8	26.6	204.4	-86.3	-8.3	
13	3.0	212.8	336.0	-85.1	-4.9	
14	-295.8	-360.5	375.8	36.4	-122.3	
15	261.0	-321.3	521.8	30.9	-9.4	
16	188.3	364.8	527.2	35.9	135.2	
17	-375.2	198.1	485.7	0.6	0.0	
18	-267.0	-299.8	432.3	-46.9	107.8	
20	-311.2	168.8	214.4	-88.4	-66.4	
21	-311.2	168.8	186.2	-88.4	-66.4	
22	300.5	-65.3	96.5	-89.0	98.2	
23	300.5	-65.3	59.1	-89.0	98.2	
24	1.1	195.3	297.4	-87.5	-5.9	
25	192.5	-32.8	297.3	-87.4	94.7	
26	-219.9	188.4	680.7	36.8	176.5	
28	-210.5	409.2	169.8	0.0	176.5	
30	265.7	-123.1	120.0	-89.0	109.2	
31	265.7	-123.1	60.6	-89.0	109.2	
32	334.8	-124.9	120.0	-89.0	109.2	
33	334.8	-124.9	62.2	-89.0	109.2	
34	268.7	-6.3	120.0	-90.2	85.7	
35	268.7	-6.3	59.2	-90.2	85.7	
36	337.9	-7.9	120.0	-90.2	85.7	
37	337.9	-7.9	62.2	-90.2	85.7	
38	-340.2	137.4	198.9	-29.9	176.5	
40	107.1	309.1	79.5	-88.9	14.2	
41	107.1	309.1	59.2	-88.9	14.2	

Figura 6.28 Programa y lista de posiciones del robot

CAPITULO VI

En la siguiente tabla encontramos la descripción para las posiciones del robot de ensamble.

Pos	Ubicación de la garra	Pos	Ubicación de la garra
71	Pistón	81	Arriba de pistón
72	Pistón dentro de ensamble	82	Pistón arriba de ensamble
73	Toma de resorte	83	Arriba de resorte
74	Coloca resorte en ensamble	84	Resorte arriba de ensamble
75	Toma tapa	85	Arriba de tapa
76	Ensambla tapa	86	Tapa arriba de ensamble
77	Gira tapa	87	Sale de ensamble
		99	Home

6.10 conclusiones

En el presente proyecto hemos realizado la aplicación de los diversos conocimientos y desarrollos de la Ingeniería. Hemos conseguido que la celda de manufactura funcionara en forma completa al realizar la reingeniería necesaria para ello. Sin embargo pudo haberse evitado desde un inicio si se hubiesen realizado los pasos adecuados; es decir, se hubiera planeado correctamente.

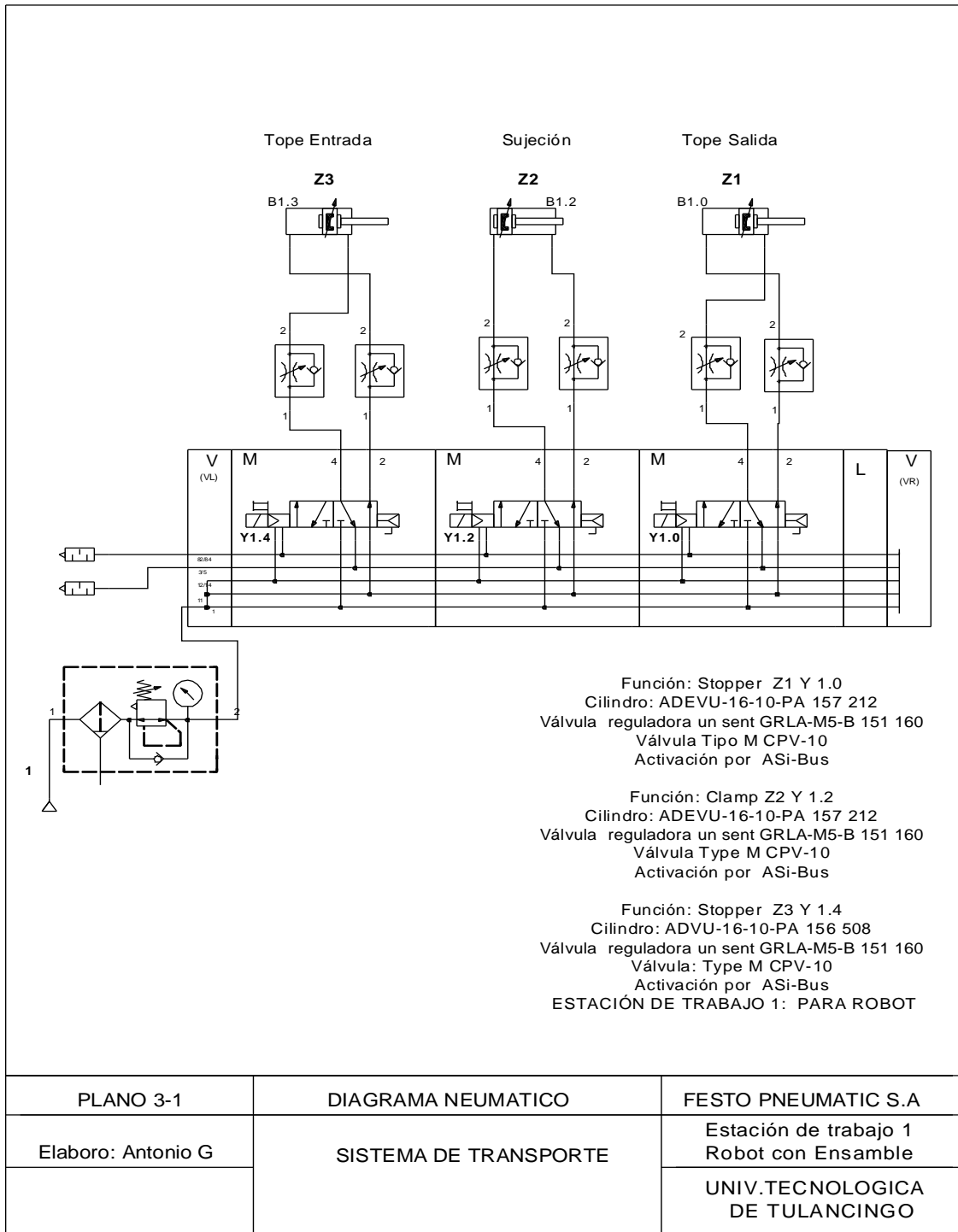
Este problema de la planeación es una constante que he visto en la industria y que desgraciadamente va precedido de la escuela, nos falta esa cultura que nos lleve a mejorar nuestros sistemas productivos.

Los programas de los diversos controladores se buscaron realizar de una forma clara y sencilla para que los alumnos pudieran realmente trabajar en la celda de manufactura y no solamente fuera su conocimiento en forma operativo, como ocurre en una gran mayoría de estos sistemas instalados en los diversos laboratorios de nuestro sistema educativo profesional.

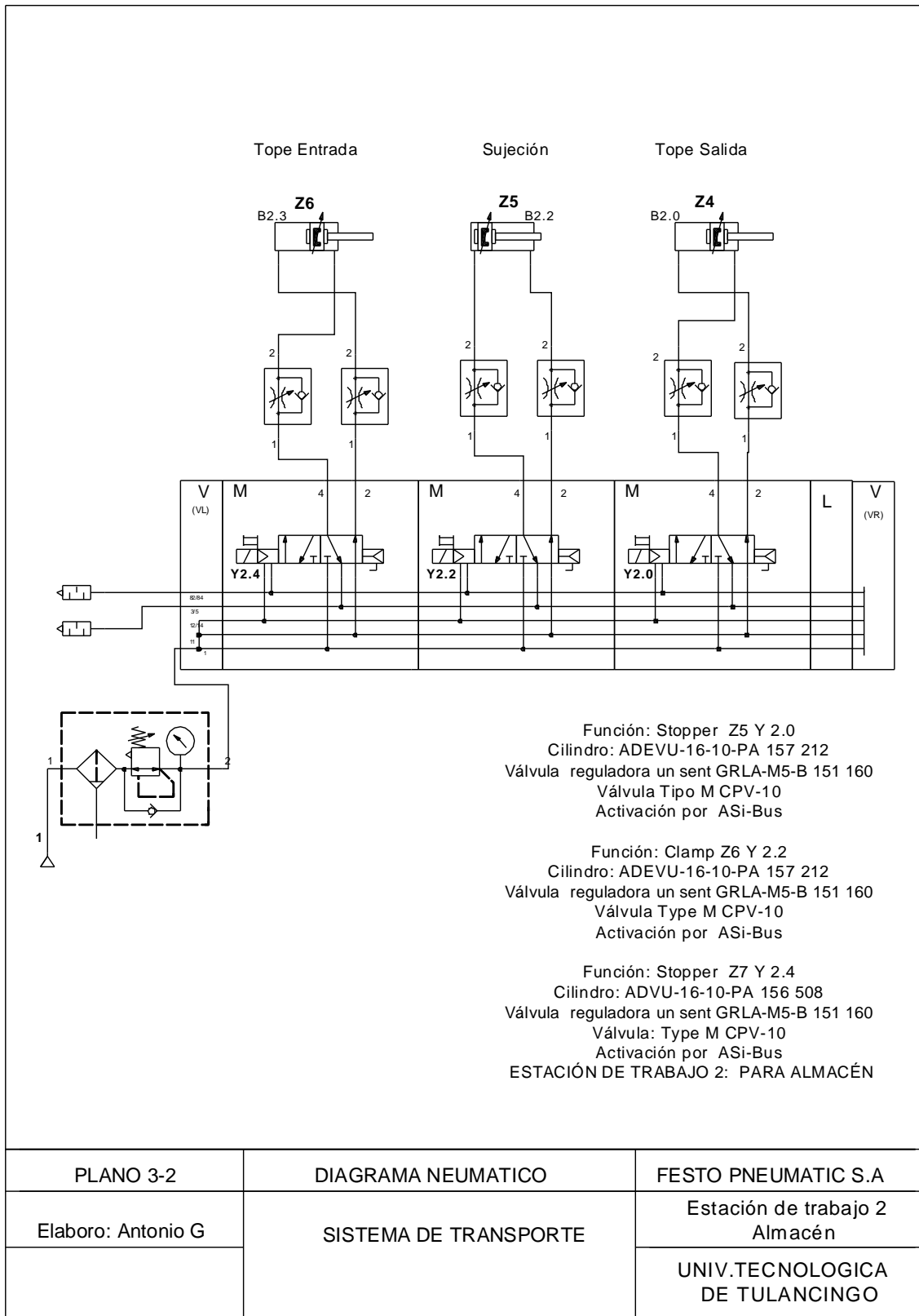
Hace falta en este proyecto considerar elementos como los sensores de identificación analógica en la banda de transporte, emplear los encoders de los servomotores, es decir, tenemos oportunidades de mejora que podemos desarrollar y que permitirán un funcionamiento aún mejor de dicha celda.

ANEXOS

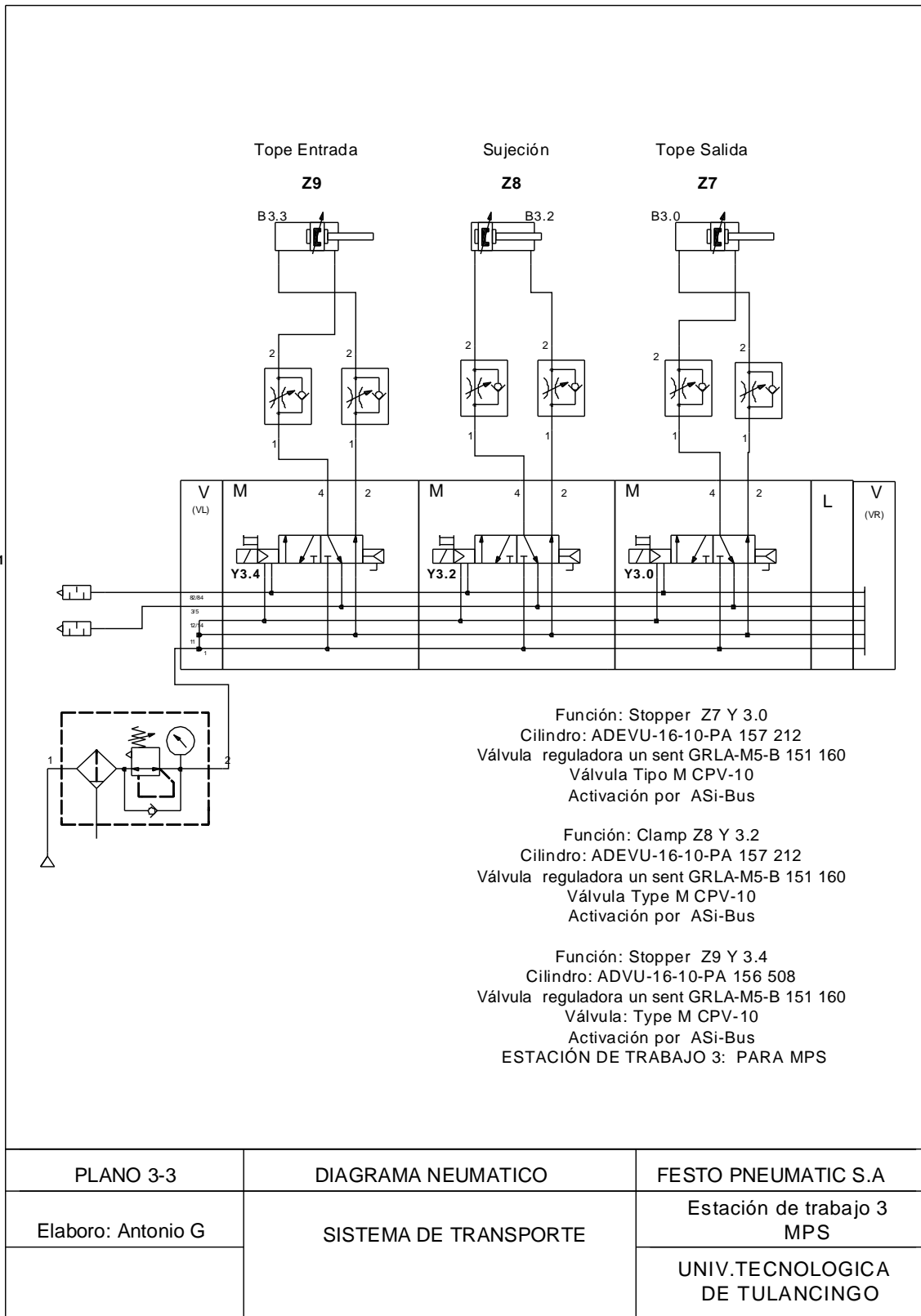
ANEXO A: Diagramas Neumáticos



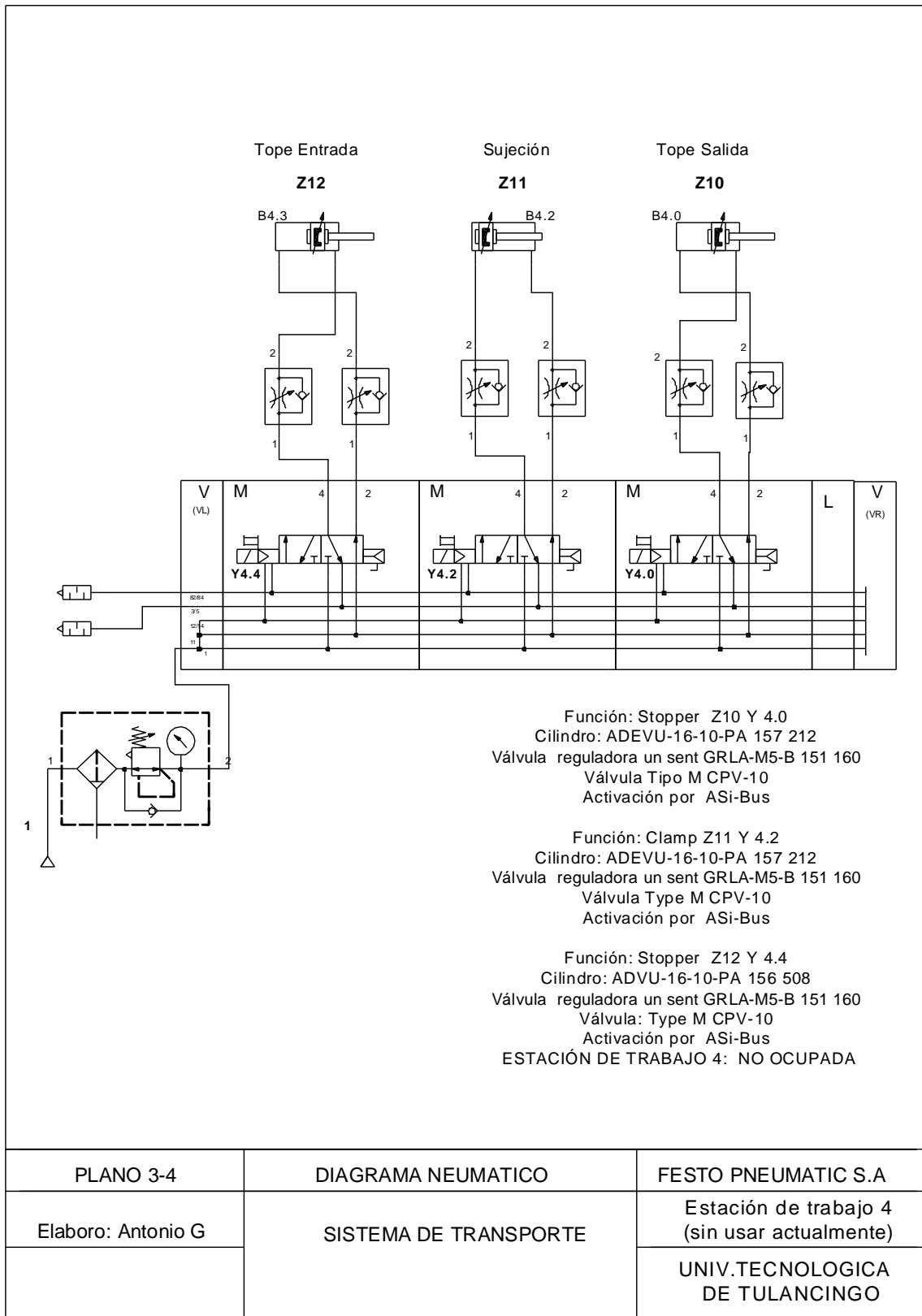
CAPITULO VI

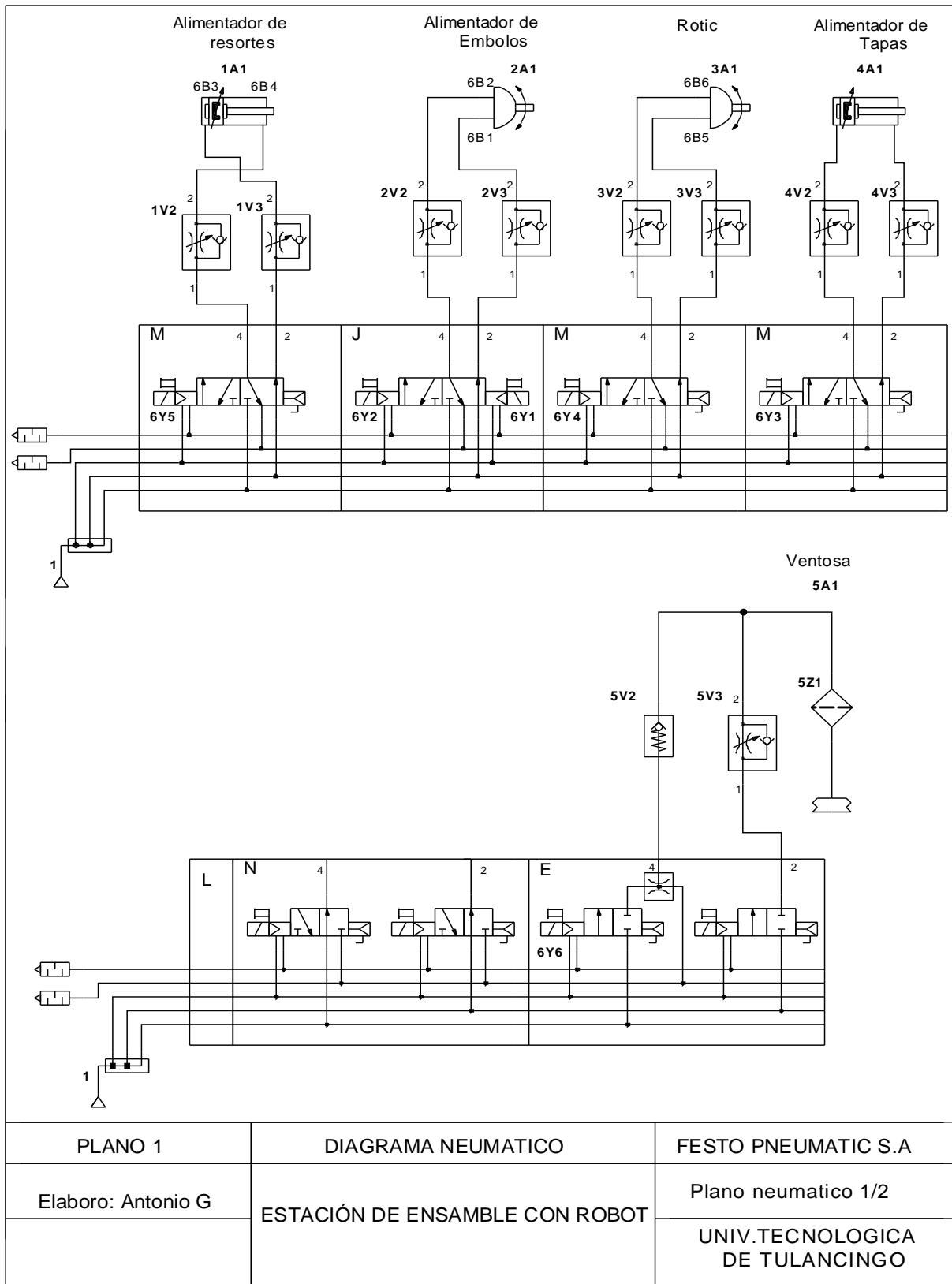


CAPITULO VI

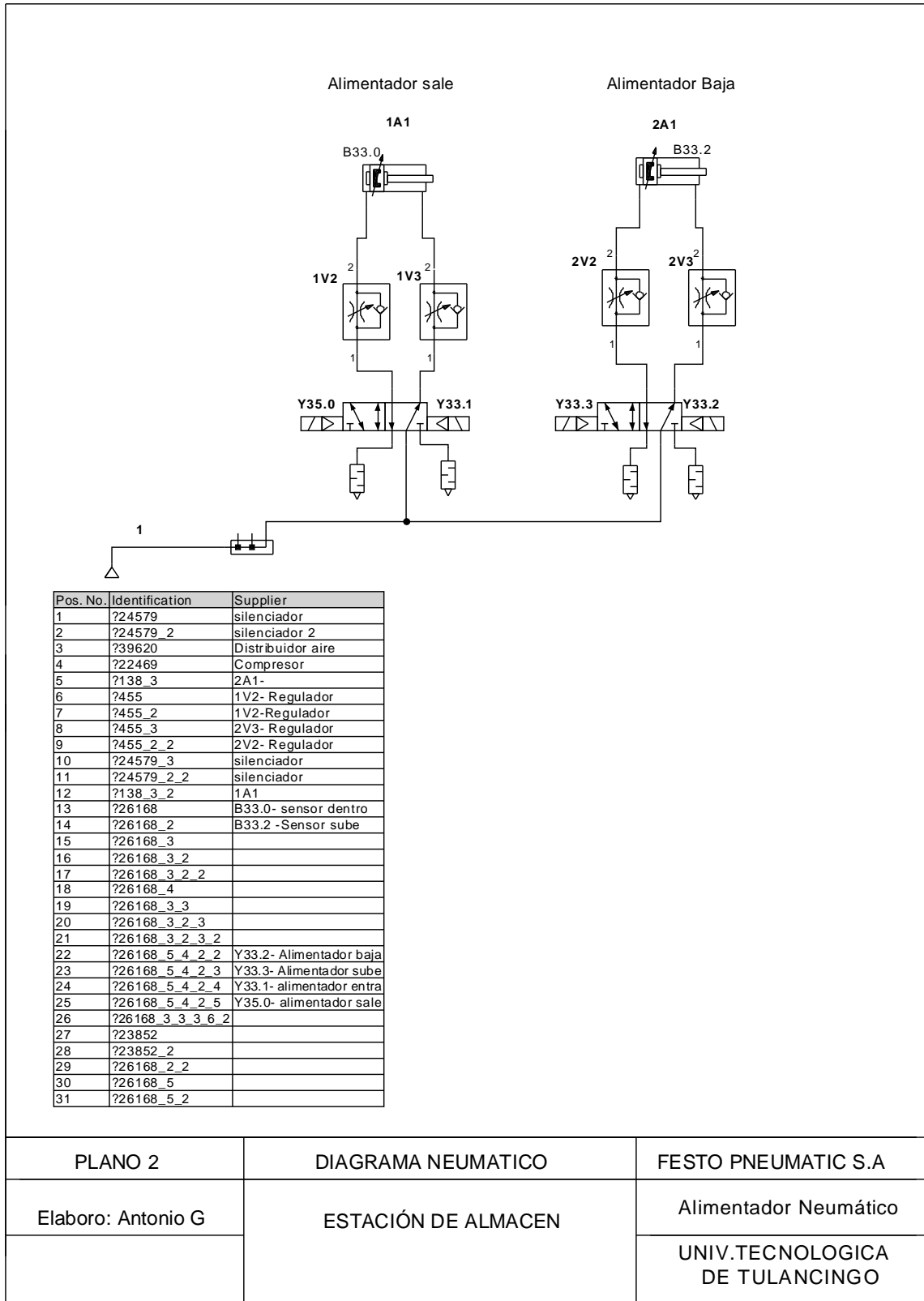


CAPITULO VI



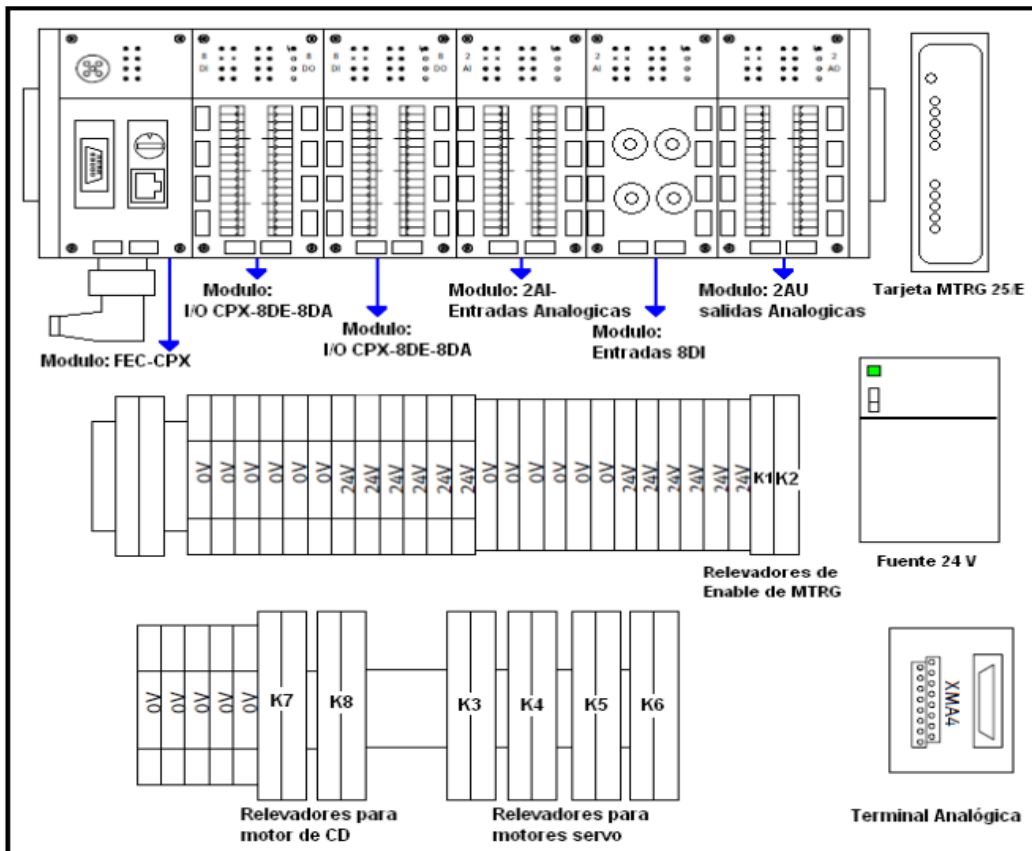


CAPITULO VI

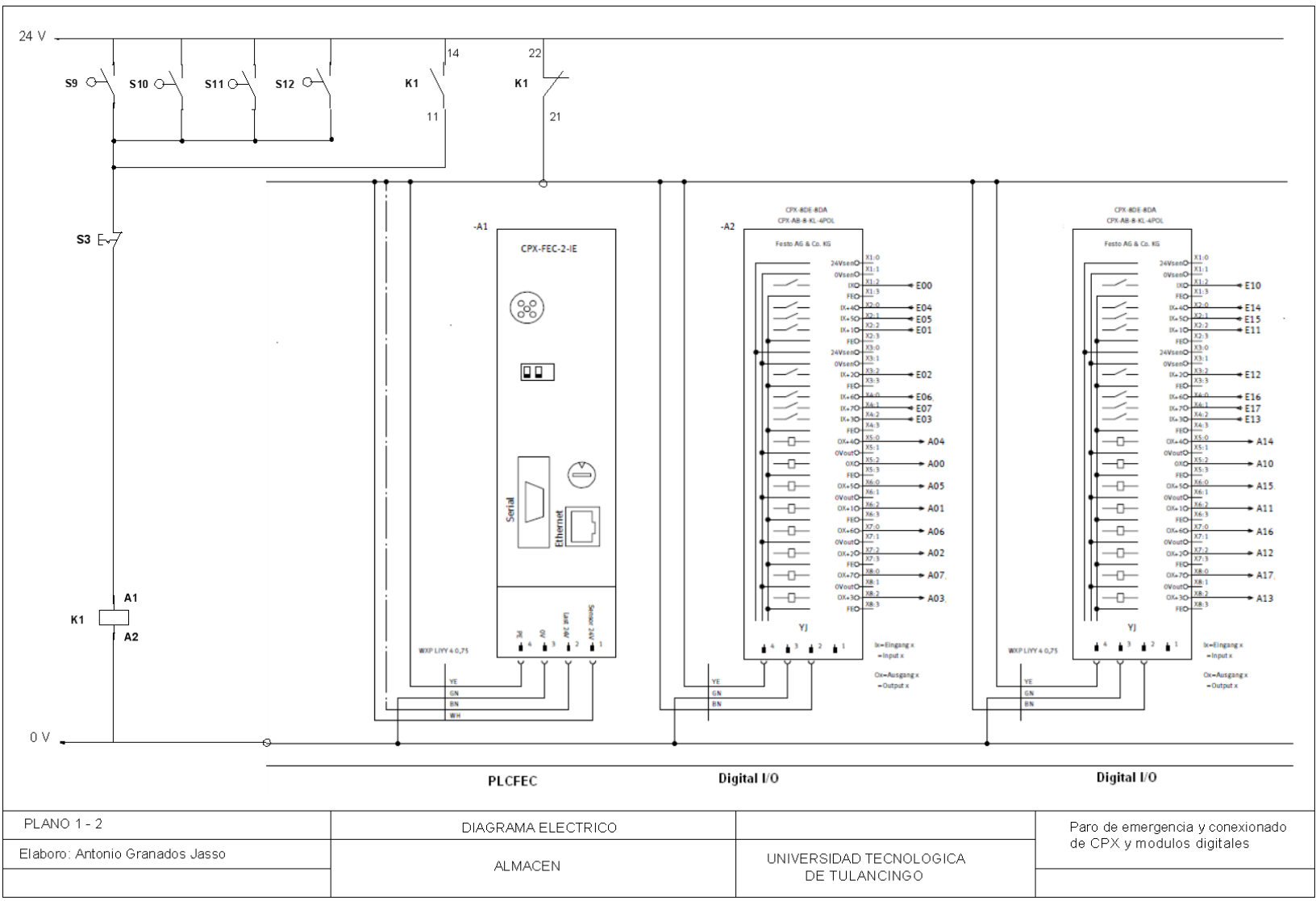


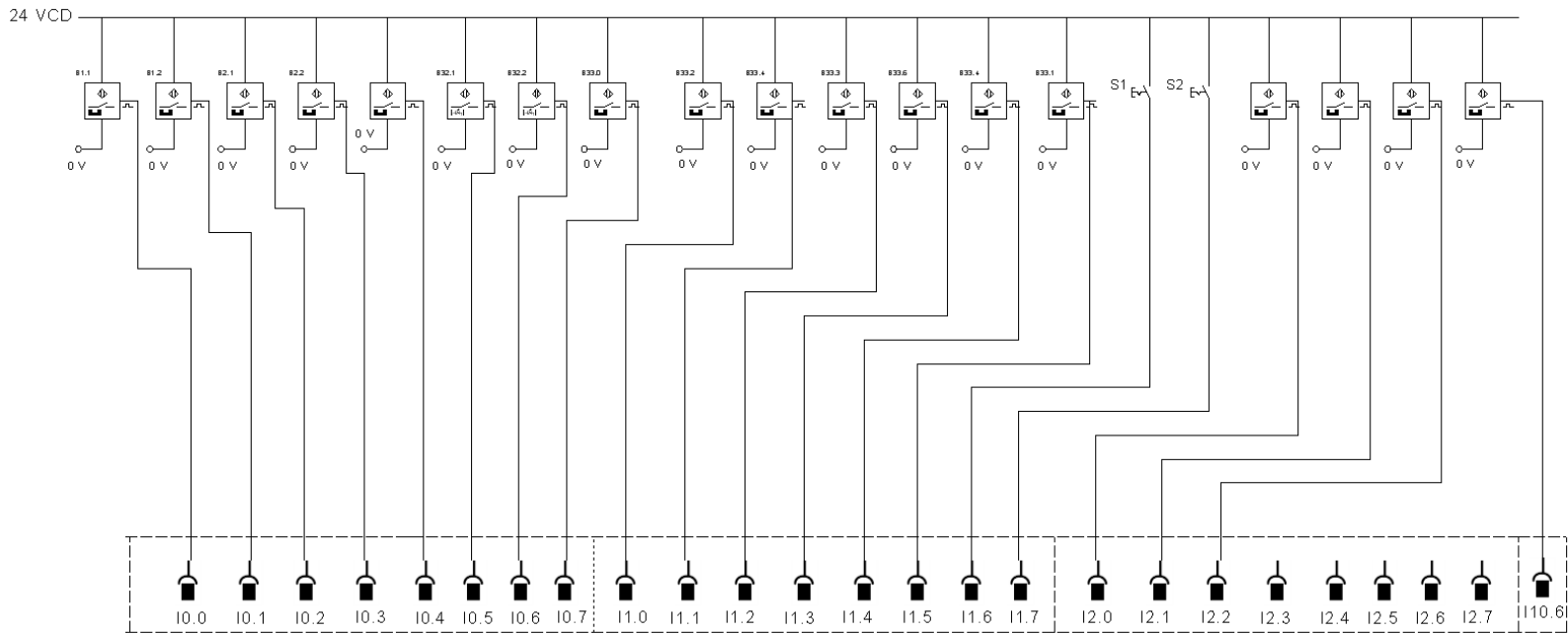
PLANO 2	DIAGRAMA NEUMATICO	FESTO PNEUMATIC S.A
Elaboro: Antonio G	ESTACIÓN DE ALMACEN	Alimentador Neumático
		UNIV.TECNOLOGICA DE TULANCINGO


ANEXO B: Diagramas Eléctricos

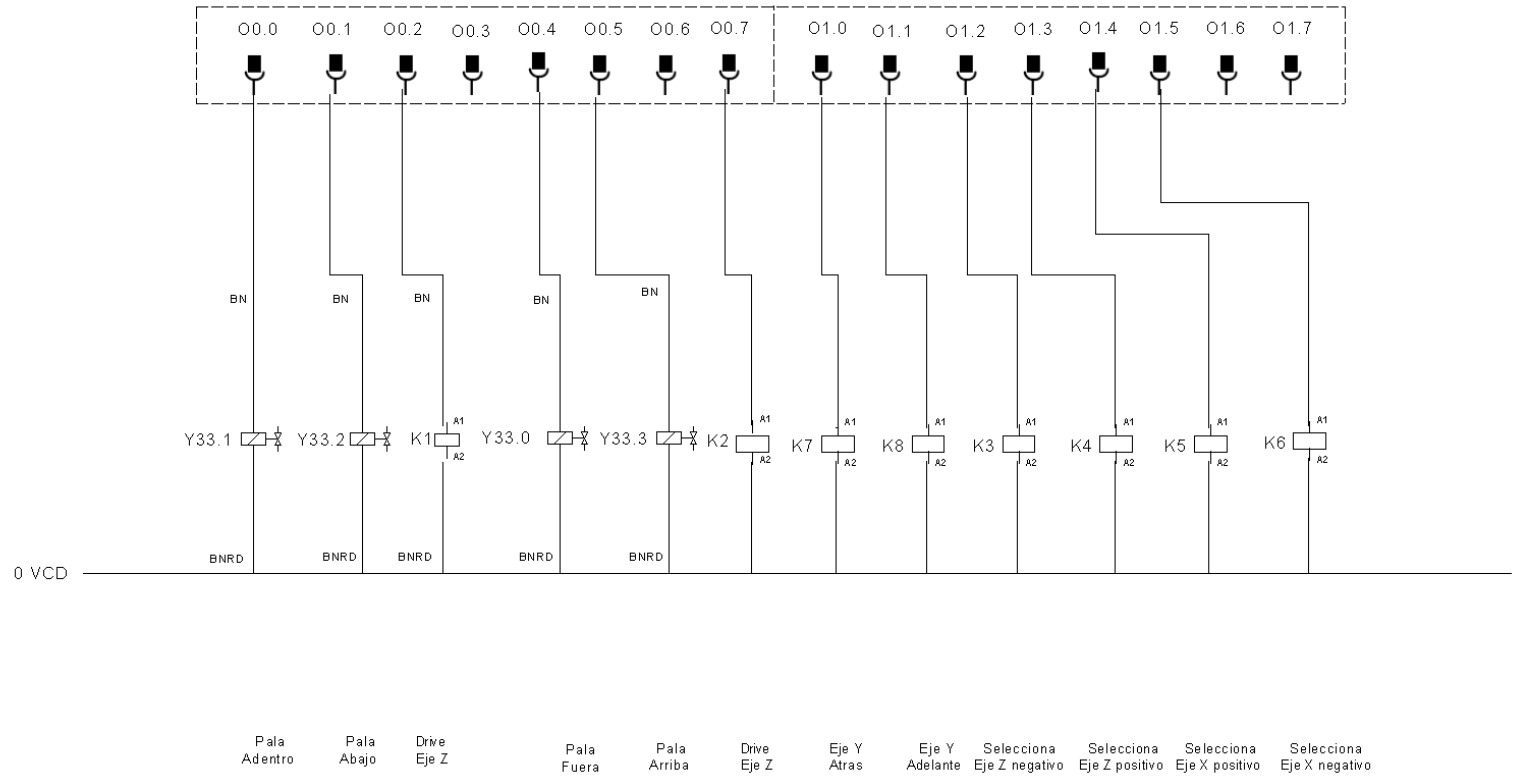


PLANO 1-1	DIAGRAMA ELECTRICO	FESTO PNEUMATIC S.A
Elaboro: Antonio G	ALMACEN	Almacén: Plano de posición
		UNIV.TECNOLOGICA DE TULANCINGO

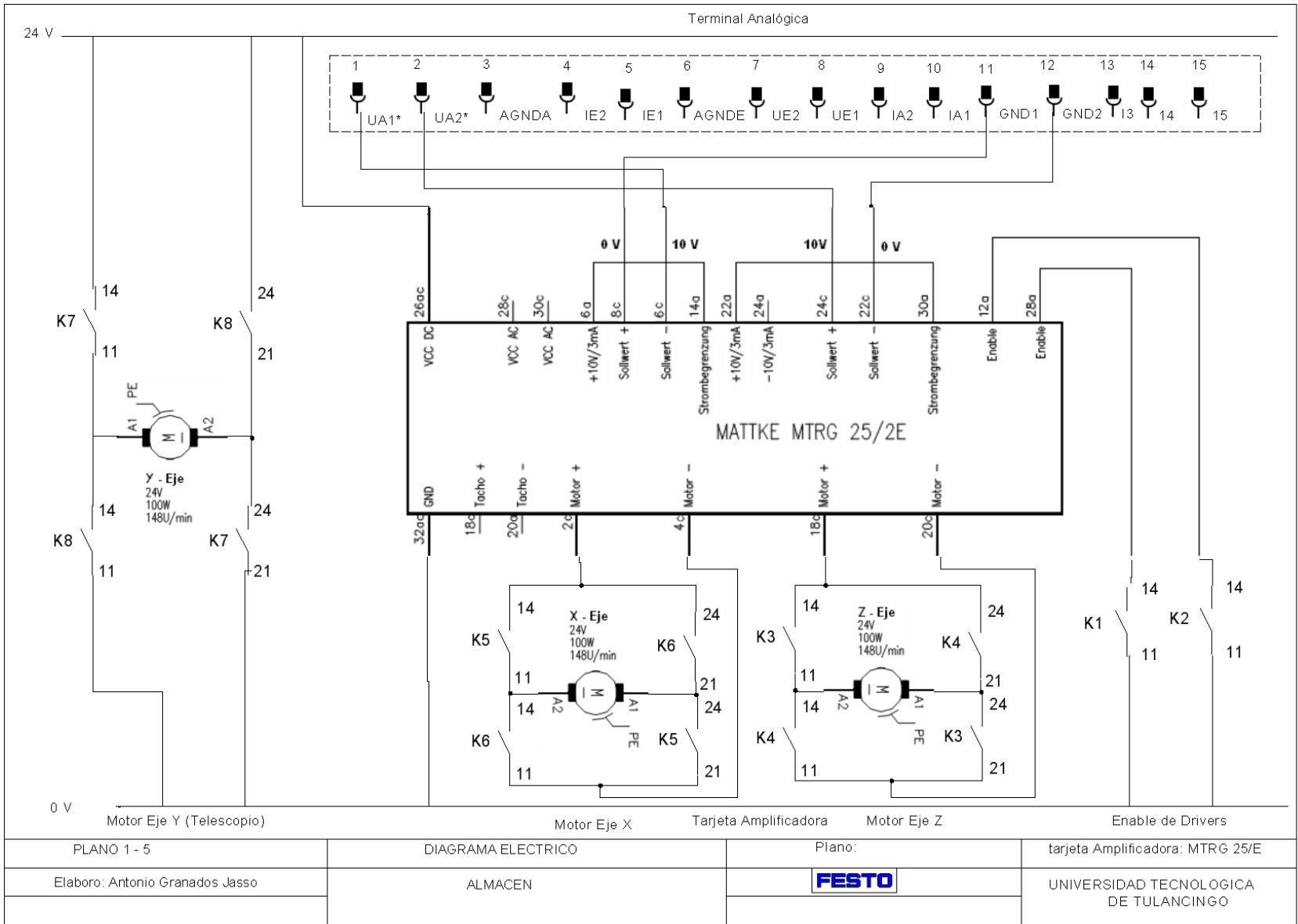




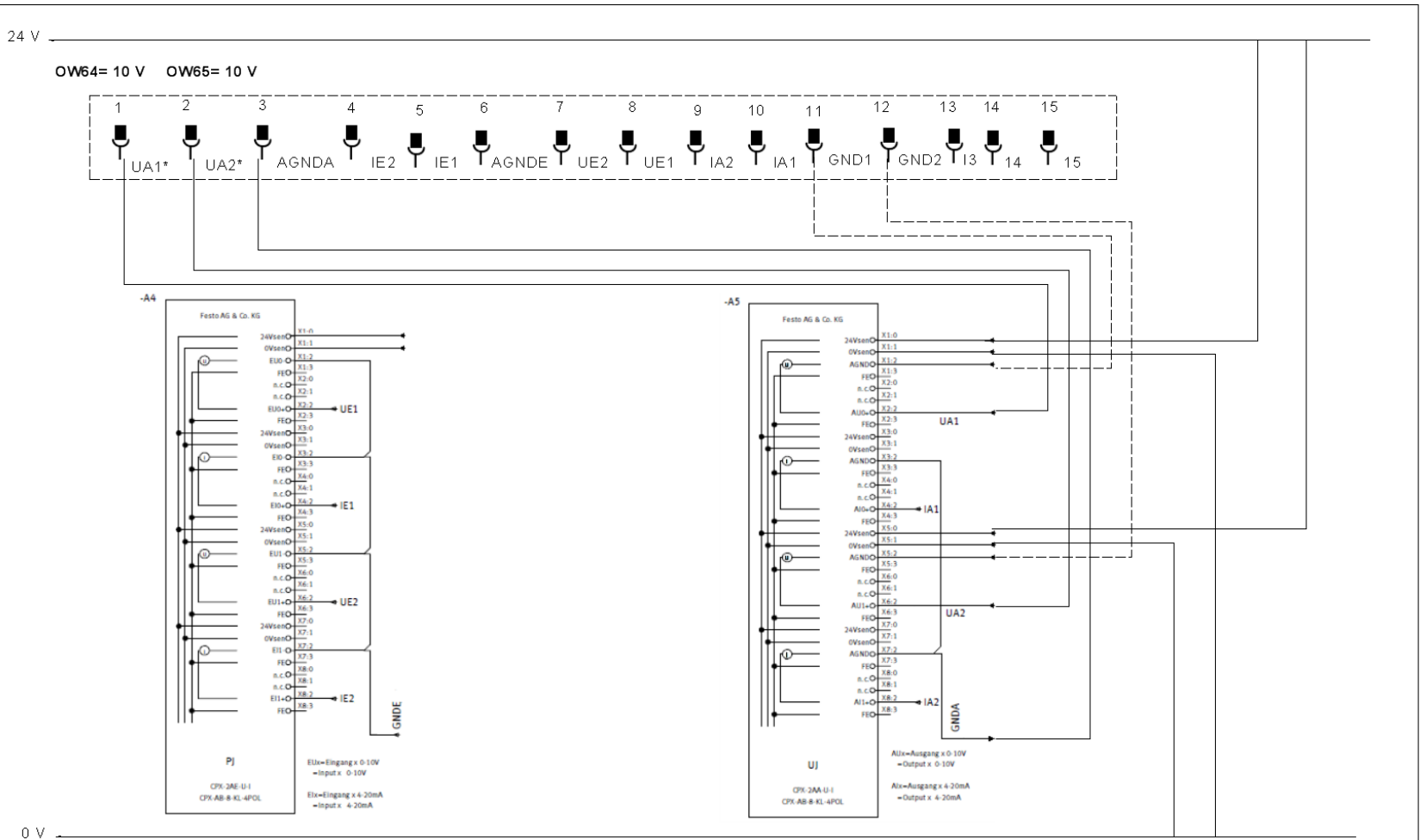
PLANO 1-3	DIAGRAMA ELECTRICO	FESTO PNEUMMATIC S.A	Plano de Entradas digitales
Elaboro: Antonio Granados Jasso	ALMACEN		UNIV. TECNOLÓGICA DE TULANCINGO



PLANO 1-4	DIAGRAMA ELECTRICO	Plano:	Salidas Digitales
Elaboro: Antonio Granados Jasso	ALMACEN	FESTO	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULANCINGO



PLANO 1 - 5	DIAGRAMA ELECTRICO	Plano:	tarjeta Amplificadora: MTRG 25/E
Elaboro: Antonio Granados Jasso	ALMACEN	FESTO	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE TULANCINGO



Entradas Analógicas

Terminal analógica

Salidas Analógicas

PLANO 3-6	DIAGRAMA ELECTRICO	FESTO PNEUMATIC S.A	Unidades Analógicas
Elaboro: Antonio Granados Jasso	ALMACEN		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULANCINGO

CAPITULO VI

ANEXO C: Programas

Programas del Modulo Robot

Programa 0(v1). Arranque de los programas

```
IF                                START
    OR                             R_START
THEN SET                           P1
    SET                             P2
    LOAD                            V0
    TO                              FW30
    TO                              FW60
    TO                              FW40
    TO                              FW50
    TO                              FW200
```

Programa 1(v1). Secuencia principal

```
STEP INI0
  THEN CMP 0                        'IP_TABLE
    WITH V1
    WITH V1
    WITH V200
    WITH V200
    WITH V200
    WITH V2

STEP INI
  IF NOP
  THEN LOAD V100
    TO TP0
  LOAD V300
    TO TP1
  RESET RMAG '6Y4 Gira Rotic a Magazine
  SET PROT1 'Señal de Reset para Robot (HOME)

STEP 1
  IF START
    OR R_START
  THEN LOAD V0
    TO OW1
  SET T1
  RESET RMAG '6Y4 Gira Rotic a Magazine
  SET EMPEZAR 'Bandera de empezar

STEP 2
  IF N T1
  THEN SET EXPULSAR '6Y3 Sale Magazine
    SET RES '6Y5 Avanza Cilindro de Resortes
  RESET PNEG '6Y2 Gira Embolo Negros
  SET PMET '6Y1 Gira Embolo Metalico

STEP 3
  IF N T1
  THEN SET RMAG '6Y4 Gira Rotic a Magazine

STEP 4
  IF SRMAG '6B5 Sensor de Rotic en Magazine
```

CAPITULO VI

```

THEN SET          VACIO          '6Y6 Activa Vacio
  SET          T1

STEP 5
IF              N          T1
THEN RESET     EXPULSAR        '6Y3 Sale Magazine
  SET          T1

STEP 6
IF              N          T1
THEN RESET     RMAG            '6Y4 Gira Rotic a Magazine
  RESET     RES                '6Y5 Avanza Cilindro de Resortes
  SET       PNEG               '6Y2 Gira Embolo Negros
  RESET     PMET               '6Y1 Gira Embolo Metalico

STEP 7
IF              SRENS
THEN RESET     VACIO          '6B6 Sensor de Rotic en Pieza
  SET          RMAG            '6Y6 Activa Vacio
  RESET     PROT1             '6Y4 Gira Rotic a Magazine
                                'Señal de Reset para Robot (HOME)

STEP 8
IF              SPROT1
THEN SET       PROT2          'Señal de Robot listo
  SET          T1              'Continua Programa Robot

STEP 9
IF              N          T1
THEN RESET     PROT2          'Continua Programa Robot

STEP 10
IF              SPROT2
THEN SET       PARORB         'Señal de termino de Proceso delrobot
  CMP 1        'Señal de Paro de Robot a Banda (F)
  WITH V1     'EASY_S
  WITH V1
  WITH V2
  WITH V30
  WITH V30
  WITH V200

STEP 11
IF              RPARORB
THEN SET       PROT2          'Señal de banda que hay carro
  SET          T1              'Continua Programa Robot

STEP 12
IF              N          T1
THEN RESET     PROT2          'Continua Programa Robot

STEP 13
IF              SPROT2
THEN RESET     PARORB         'Señal de termino de Proceso delrobot
  RESET     EMPEZAR           'Señal de Paro de Robot a Banda (F)
  CMP 1        'Bandera de empezar
  WITH V1     'EASY_S
  WITH V1
  WITH V2
  WITH V30
  WITH V30
  WITH V200
JMP TO 1

```

CAPITULO VI

Programa 2(v1). Secuencia de parpadeo en Intouch

```
STEP 1
  IF          EMPEZAR          'Bandera de empezar
  THEN SET    PROC1            'Bandera de Proceso 1
           SET    T10
           WITH   0.5s

STEP 2
  IF          N                T10
  THEN RESET  PROC1            'Bandera de Proceso 1
           SET    T10
           WITH   0.5s

STEP 3
  IF          N                T10
  THEN JMP TO 1
```

Programas de transporte de Universidad de Tulancingo

Programa 0(v1). Programa principal

```
IF          start              'Inicio (quit)
OR
THEN SET    R_START
           SET    P1
           SET    P2
           SET    P3
           SET    P4
           SET    P5
           SET    P7
           SET    P8
           SET    P9
           LOAD   V0
           TO     FW20
           TO     FW40
           TO     FW50
           TO     FW60
           TO     FW70
           TO     FW80
           TO     FW90
           TO     FW100
           TO     FW101
IF          PARORB
AND
THEN SET    B15                'Sensor de entrada de banda 1
           SET    PAROROB      'Paro Robot/estación lista
IF          N                PARORB
THEN RESET  PAROROB            'Paro Robot/estación lista
IF          B12
THEN SET    RPARORR            'Carro en posición/banda lista
           CMP 1                'EASY_S
           WITH   V1
           WITH   V1
           WITH   V2
           WITH   V40
           WITH   V40
           WITH   V200
IF          N                PARORB
THEN RESET  RPARORR            'Carro en posición/banda lista
           CMP 1                'EASY_S
```

CAPITULO VI

```
        WITH          V1
        WITH          V1
        WITH          V2
        WITH          V40
        WITH          V40
        WITH          V200
IF      PAROMPS      'señal que MPS lista para dejar pieza
      AND          B35      'Sensor de entrada al tramo de banda
THEN   SET          PAROMPSB 'señal de carro en estacion para MPS
IF      N          PAROMPS  'señal que MPS lista para dejar pieza
THEN   RESET       PAROMPSB 'señal de carro en estacion para MPS
IF      B32        'Sensor de Sujetador de Carro Z8 (Cla
THEN   SET          RPAROMPS 'señal de estación lista y libre
      CMP 1        'EASY_S
      WITH          V2
      WITH          V1
      WITH          V2
      WITH          V100
      WITH          V100
      WITH          V200
IF      N          PAROMPS  'señal que MPS lista para dejar pieza
THEN   RESET       RPAROMPS 'señal de estación lista y libre
      CMP 1        'EASY_S
      WITH          V2
      WITH          V1
      WITH          V2
      WITH          V100
      WITH          V100
      WITH          V200
```

Programa 1(v1). Procesa posición del robot

```
STEP INI
IF      NOP
THEN   LOAD        V300
      TO          TP1
STEP 1
IF      B14        'Sensor de entrada a ST-1
      AND N        B11      'Sensor de salida de ST-1/ Carro fijo
      AND N        NP1B14
THEN   SET          AZ3
      SET          T1
STEP 2
IF      N          T1
THEN   RESET       AZ3
STEP 3
IF      B11        'Sensor de salida de ST-1/ Carro fijo
      AND N        NP1B11
THEN   SET          AZ1
      SET          T1
STEP 4
IF      N          T1
THEN   RESET       AZ1
      JMP TO 1
```

Programa 2(v1). Procesa posición de almacén

```
STEP INI
```

CAPITULO VI

```
IF          NOP
THEN LOAD  V300
      TO   TP2
STEP 1
IF          B24
      AND   N   B21          'Sensor de salida de ST-2/ carro fijo
      AND   N   NP2B24
THEN SET   AZ6
      SET   T2
STEP 2
IF          N   T2
THEN RESET AZ6
STEP 3
IF          B21          'Sensor de salida de ST-2/ carro fijo
      AND   N   NP2B21
      AND   N   PAROALM
THEN SET   AZ4
      SET   T2
STEP 4
IF          N   T2
THEN RESET AZ4
      JMP TO 1
```

Programa 3(v1). Procesa posición de MPS

```
STEP INI
IF          NOP
THEN LOAD  V300
      TO   TP3
STEP 1
IF          B34          'Sensor de entrada a ST-3
      AND   N   B31          'Sensor de salida de ST-3/ carro fijo
      AND   N   NP3B34
THEN SET   AZ9          'Cilindro (tope) Z9
      SET   T3
STEP 2
IF          N   T3
THEN RESET AZ9          'Cilindro (tope) Z9
STEP 3
IF          B31          'Sensor de salida de ST-3/ carro fijo
      AND   N   NP3B31
THEN SET   AZ7          'Cilindro Z7 (tope) baja.
      SET   T3
STEP 4
IF          N   T3
THEN RESET AZ7          'Cilindro Z7 (tope) baja.
      JMP TO 1
```

Programa 4(v1). Procesa posición sin usarse

```
STEP INI
IF          NOP
THEN LOAD  V300
      TO   TP4
STEP 1
IF          B44
      AND   N   B41
```

CAPITULO VI

```

        AND      N      NP4B44
THEN    SET      AZ12
        SET      T4
STEP 2
IF      N      T4
THEN    RESET   AZ12
STEP 3
IF      B41
        AND      N      NP4B41
THEN    SET      AZ10
        SET      T4
STEP 4
IF      N      T4
THEN    RESET   AZ10
        JMP TO 1
```

Programa 5(v1). Habilita posición del robot

```
IF      PAROROB      'Paro Robot/estación lista
THEN    SET          NP2B24
        SET          NP3B34
        SET          NP4B44
        SET          NP1B11
OTHRW  RESET        NP2B24
        RESET        NP3B34
        RESET        NP4B44
        RESET        NP1B11
```

Programa 6(v1). Habilita posición de almacén

```
IF      PAROALM
THEN    SET          NP1B14
        SET          NP3B34
        SET          NP4B44
        SET          NP2B21
OTHRW  RESET        NP1B14
        RESET        NP3B34
        RESET        NP4B44
        RESET        NP2B21
```

Programa 7(v1). Programa de sujeción de pieza en pos. de trabajo

```
IF      PARORB
        AND          B11      'Sensor de salida de ST-1/ Carro fijo
THEN    SET          AZ2
OTHRW  RESET        AZ2
IF      PAROALM
        AND          B21      'Sensor de salida de ST-2/ carro fijo
THEN    SET          AZ5
OTHRW  RESET        AZ5
IF      PAROMPS
        AND          B31      'señal que MPS lista para dejar pieza
THEN    SET          AZ8      'Sensor de salida de ST-3/ carro fijo
        SET          AZ8      'Cilindro (Sujetador de carro) Z8
OTHRW  RESET        AZ8      'Cilindro (Sujetador de carro) Z8
```

CAPITULO VI

Programa 8(v1). Asigna dirección IP

```
STEP INIO
THEN  CMP 0                                'IP_TABLE
      WITH      V1
      WITH      V1
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V4

      CMP 0                                'IP_TABLE
      WITH      V1
      WITH      V2
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V12

      CMP 0                                'IP_TABLE
      WITH      V1
      WITH      V3
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V8
```

Programa 9(v1). Habilita posición del MPS

```
IF      PAROMPSB                          'señal de carro en estacion para MPS
THEN  SET      NP4B44
      SET      NP1B14
      SET      NP2B24
      SET      NP3B31
OTHRW RESET    NP4B44
      RESET    NP1B14
      RESET    NP2B24
      RESET    NP3B31
```

Programas de Almacén de Universidad de Tulancingo

Programa 0(v1). Programa principal usando P12 y P15

```
IF      FI
THEN  LOAD    V0
      TO      FW100
      LOAD    V0
      TO      FW200
      TO      FW10
      TO      FW60
      TO      FW70
      SET     P34
      RESET   LISTO
      CMP 1   'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
      WITH    V1
      WITH    V1
      WITH    V2   'EASY_S
```

CAPITULO VI

```
        WITH          V70
        WITH          V70
        WITH          V200
IF      NOP
THEN SET P12
        SET          P15
        SET          O0.2      'Activa Drive Z
        SET          O0.7      'Activa Drrive eje Y
```

Programa 1(v1). Programa Referencia

```
STEP ini
IF      NOP
THEN LOAD V0
        TO      R0
        LOAD   V0
        TO      R1
        RESET  F10.0
        RESET  F11.0
STEP 0
IF      I1.4      'sensor eje en el centro
        AND     I1.7      'Referencia
THEN
        LOAD   V1500
        TO     OW64      'salida analogica 10 v motor eje x
        TO     OW65      'salida analogica 10 v motor eje y
        RESET  O1.2      'mueve motor ejez neg
        SET    O1.3      'mueve motor ejez pos
STEP 1
IF      I0.3
THEN RESET O1.3      'mueve motor ejez pos
        SET    T40
        WITH   1s
STEP 2
IF      N        T40
THEN RESET O1.4      'mueve motor eje x positivo
        SET    O1.5      'mueve motor eje x negativo
STEP 3
IF      I0.1
THEN RESET O1.5      'mueve motor eje x negativo
        SET    T41
        WITH   1s
STEP 4
IF      N        T41
THEN
        JMP TO ini
```

Programa 2(v1). Activa Y con toma

```
STEP auxyl
THEN SET O1.2      'mueve motor ejez neg
        SET    T96
        WITH   0.028s
STEP 1
```


CAPITULO VI

```
IF          N          T96
THEN RESET  O1.2      'mueve motor ejez neg
SET        O1.0      'activa eje y atras
STEP 2
IF          I1.3
THEN RESET  O1.0      'sensor eje y atras
SET        O1.3      'activa eje y atras
SET        T97
          WITH        0.3s
STEP 3
IF          N          T97
THEN RESET  O1.3      'mueve motor ejez pos
SET        O1.1      'activa eje y adelante
STEP 4
IF          I1.4
THEN RESET  O1.1      'sensor eje en el centro
SET        O1.2      'activa eje y adelante
          'mueve motor ejez neg
STEP 5
IF          N          I0.5
THEN RESET  O1.2      'mueve motor ejez neg
SET        T96
          WITH        1s
```

Programa 12(v1). Activa programa de referencia usando P1

```
STEP 1
IF          I1.7      'Referencia
          AND        N          I1.6      'Arranque
          AND        N          P1
THEN RESET  LISTO     'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
SET        P1
STEP 2
IF          N          P1
THEN       NOP
```

Programa 15(v1). Activa programa 28

```
STEP ini
THEN SET   P34
STEP 1
IF          I1.6      'Arranque
          AND        N          P28
THEN SET   LISTO     'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
          CMP 1
          WITH      V1
          WITH      V1
          WITH      V2
          WITH      V70
          WITH      V70
          WITH      V200
          SET       P28
          SET       T107
          WITH      1s
STEP 2
```

CAPITULO VI

```
IF          N      T107
THEN                          NOP
```

Programa 27(v1). Programa completo de manipulación en Banda

```
STEP 0
IF          N      P19
THEN SET    P19
STEP 1
IF          N      P19
THEN SET    P26
STEP 2
IF          N      P26
THEN SET    P24
STEP 3
IF          N      P24
THEN                          NOP
```

Programa 28(v1). Programa principal usando P31, p32 y P34

```
STEP ini
THEN SET    P34
STEP 1
IF          (      SAC_MET      'BANDERA DE SACAR Y METER PIEZA
              =      V1         )
              AND      START      'BANDERA DE ARRANQUE
THEN JMP TO 2
IF          (      SAC_MET      'BANDERA DE SACAR Y METER PIEZA
              =      V2         )
              AND      START      'BANDERA DE ARRANQUE
THEN JMP TO 3
STEP 2
IF          N      P31
THEN LOAD   V0
              TO      SAC_MET      'BANDERA DE SACAR Y METER PIEZA
              RESET   START      'BANDERA DE ARRANQUE
              SET      P31
              SET      T110
              WITH     1s
              JMP TO 4
STEP 3
IF          N      P32
THEN LOAD   V0
              TO      SAC_MET      'BANDERA DE SACAR Y METER PIEZA
              RESET   START      'BANDERA DE ARRANQUE
              SET      P32
              SET      T110
              WITH     1s
              JMP TO 4
STEP 4
IF          N      T110
THEN JMP TO 1
```

Programa 29(v1). Maneja Eje x

```
STEP ini
```

CAPITULO VI

```
THEN LOAD          V2000
      TO           OW65          'salida analogica 10 v motor eje y
STEP ini
  IF              (   ejex      'eje x en el almacen
                >=      V1      )
  THEN RESET      01.5          'mueve motor eje x negativo
  OTHRW JMP TO end
STEP 1
  IF              (   ejex      'eje x en el almacen
                >=      V2      )
  THEN SET        01.4          'mueve motor eje x positivo
      SET        T76
      WITH       1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 2
  IF              N           T76
      AND        I0.5
  THEN SET        T77
      WITH       0.1s
STEP 3
  IF              N           I0.5
  THEN SET        T95
      WITH       0.03s
STEP aux1
  IF              N           T95
  THEN RESET      01.4          'mueve motor eje x positivo
STEP 4
  IF              (   ejex      'eje x en el almacen
                >=      V3      )
  THEN SET        01.4          'mueve motor eje x positivo
      SET        T76
      WITH       1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 5
  IF              N           T76
      AND        I0.5
  THEN SET        T77
      WITH       0.1s
STEP 6
  IF              N           I0.5
  THEN SET        T95
      WITH       0.025s
STEP aux2
  IF              N           T95
  THEN RESET      01.4          'mueve motor eje x positivo
STEP 7
  IF              (   ejex      'eje x en el almacen
                >=      V4      )
  THEN SET        01.4          'mueve motor eje x positivo
      SET        T76
      WITH       1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 8
  IF              N           T76
      AND        I0.5
```

CAPITULO VI

```
    THEN SET          T77
          WITH        0.1s
STEP 9
  IF          N      I0.5
  THEN SET    T95
          WITH        0.03s
STEP aux3
  IF          N      T95
  THEN RESET  01.4      'mueve motor eje x positivo
STEP 10
  IF          (      ejex      'eje x en el almacen
          >=        V5        )
  THEN SET    01.4      'mueve motor eje x positivo
          SET      T76
          WITH        1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 11
  IF          N      T76
          AND      I0.5
  THEN SET    T77
          WITH        0.1s
STEP 12
  IF          N      I0.5
  THEN SET    T95
          WITH        0.03s
STEP aux4
  IF          N      T95
  THEN RESET  01.4      'mueve motor eje x positivo
STEP 13
  IF          (      ejex      'eje x en el almacen
          >=        V6        )
  THEN SET    01.4      'mueve motor eje x positivo
          SET      T76
          WITH        1s
  OTHRW JMP TO END
STEP 14
  IF          N      T76
          AND      I0.5
  THEN SET    T77
          WITH        0.1s
STEP 15
  IF          N      I0.5
  THEN SET    T95
          WITH        0.03s
STEP aux5
  IF          N      T95
  THEN RESET  01.4      'mueve motor eje x positivo
          JMP TO end
STEP end
  THEN      NOP
```

Programa 30(v1). Maneja Eje Z

```
STEP inii
  IF          NOP
  THEN LOAD   V2000
```

CAPITULO VI

```

                TO          OW64          'salida analogica 10 v motor eje x
STEP ini
  IF
    >=          ejez          'eje z en el almacen
                V1
  THEN RESET   01.3          'mueve motor ejez pos

  OTHRW JMP TO end
STEP 1
  IF
    >=          ejez          'eje z en el almacen
                V2
  THEN SET     01.2          'mueve motor ejez neg
    SET       T78
    WITH      1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 2
  IF          N          T78
    AND      I0.5
  THEN SET   T79
    WITH    0.1s
STEP 3
  IF          N          I0.5
  THEN RESET 01.2          'mueve motor ejez neg
STEP 4
  IF
    >=          ejez          'eje z en el almacen
                V3
  THEN SET     01.2          'mueve motor ejez neg
    SET       T78
    WITH      1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 5
  IF          N          T78
    AND      I0.5
  THEN SET   T79
    WITH    0.1s
STEP 6
  IF          N          I0.5
  THEN RESET 01.2          'mueve motor ejez neg
STEP 7
  IF
    >=          ejez          'eje z en el almacen
                V4
  THEN SET     01.2          'mueve motor ejez neg
    SET       T78
    WITH      1s
  OTHRW JMP TO end
STEP 8
  IF          N          T78
    AND      I0.5
  THEN SET   T79
    WITH    0.1s
STEP 9
  IF          N          I0.5
  THEN RESET 01.2          'mueve motor ejez neg
STEP 10
  IF
    >=          ejez          'eje z en el almacen
                V5
```

CAPITULO VI

```
THEN SET          O1.2          'mueve motor ejez neg
  SET            T78
    WITH        1s
OTHERW JMP TO end
STEP 11
IF              N          T78
  AND          I0.5
THEN SET       T79
  WITH        0.1s
STEP 12
IF              N          I0.5
THEN RESET    O1.2          'mueve motor ejez neg
STEP 13
IF              ejez        'eje z en el almacen
  >=          V6
THEN SET      O1.2          'mueve motor ejez neg
  SET        T78
    WITH    1s
OTHERW JMP TO END
STEP 14
IF              N          T78
  AND          I0.5
THEN SET       T79
  WITH        0.1s
STEP 15
IF              N          I0.5
THEN RESET    O1.2          'mueve motor ejez neg
  JMP TO end
STEP end
THEN          NOP
```

Programa 31(v1). Saca material usa P29;P30,P2,P33,P19,P25,P20 y P22

```
STEP 1
IF          NOP
THEN SET   P29
STEP 2
IF          N          P29
THEN SET   P30
STEP 3
IF          N          P30
THEN SET   P2
STEP 4
IF          N          P2
THEN SET   P33
STEP 5
IF          N          P33
THEN SET   P19
STEP 6
IF          N          P19
THEN SET   P25
STEP 7
IF          N          P25
```

CAPITULO VI

```
    THEN SET          P20
STEP 8
  IF          N      P20
  THEN RESET  LISTO   'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
    CMP 1      'EASY_S
    WITH      V1
    WITH      V1
    WITH      V2
    WITH      V70
    WITH      V70
    WITH      V200
  SET        P33
STEP 9
  IF          N      P33
  THEN SET    LISTO   'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
    CMP 1      'EASY_S
    WITH      V1
    WITH      V1
    WITH      V2
    WITH      V70
    WITH      V70
    WITH      V200
```

Programa 32(v1). Mete material usa P19;P21,P23,P33,P29,P30,P3 y P22

```
STEP 1
  IF          NOP
  THEN SET    P19
STEP 2
  IF          N      P19
  THEN SET    P21
STEP 3
  IF          N      P21
  THEN SET    P23
STEP 4
  IF          N      P23
  THEN SET    P33
  RESET      LISTO   'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
  CMP 1      'EASY_S
  WITH      V1
  WITH      V1
  WITH      V2
  WITH      V70
  WITH      V70
  WITH      V200
STEP 5
  IF          N      P33
  THEN SET    P29
STEP 6
  IF          N      P29
  THEN SET    P30
STEP 7
  IF          N      P30
  THEN SET    P3
STEP 8
```

CAPITULO VI

```
IF          N      P3
THEN SET    P33
STEP 9
IF          N      P33
THEN SET    LISTO      'BANDERA DE QUE EL SISTEMA ESTA LISTO
      CMP 1      'EASY_S
      WITH      V1
      WITH      V1
      WITH      V2
      WITH      V70
      WITH      V70
      WITH      V200
```

Programa 34(v1). Asigna una IP

```
STEP INIO
THEN CMP 0      'IP_TABLE
      WITH      V1
      WITH      V1
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V200
      WITH      V2
```


REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Fundamentos de la Técnica de Mando
Festo Didactic KG
Esslingen, Alemania, 2000
- Sensores para la Operación, Control y Procesos de Sistemas
Ebel, F.
Festo Didactic KG.
Esslingen, Alemania, 1999.
- Control of the Handling with the PLC
Dresel, Norbert
Festo Didactic KG.
Esslingen, Alemania, 1999.
- The measurement, instrumentation and sensors
Handbook
Editor-in-Chief, 1999
Jonh G., Webster
- Autómatas Programables
Josep Balcells, José Luis Romeral
Editorial Marcombo, 1997
- Ingeniería de la Automatización Industrial
Piedrafita Moreno, Roman
2da Edición.
Editorial Paracuellos de Jarama, Madrid, 2004
- Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas
Matssch, Leander W
Representaciones y servicios de Ingeniería.
- Ingeniería de Control Moderna
Katsuhikop, Ogata
Editorial Pearson Prentice Hall
Última Edición 2007

CAPITULO VI

- Automatización de Maniobras Industriales
Mediante Autómatas Programables.
Pineda Sánchez, Manuel
Editorial: Alfaomega, Valencia 2008.