



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 1 DE:134

Taller de Automatización

EETP 285



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 2 DE:134

Taller de Automatización

INTRODUCCION

instrumentación industrial

La instrumentación industrial como definición, es la técnica y equipos que se ocupan de Medir, Transmitir y/o Regular de forma automática, aquellas magnitudes físicas y químicas cuyo conocimiento es importante para el funcionamiento de un proceso, en términos de calidad y seguridad, ya que para automatizar un proceso, es necesario disponer de información sobre su estado en forma precisa y confiable. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de las magnitudes del proceso, ejemplo: presión, temperatura, caudal, nivel, etc.

Un sistema de control exige incluir determinados instrumentos: unidad de medición, unidad de control y elemento final de control.

La norma ISA S5.1 establece de manera uniforme y estándar los medios de representación, la identificación y funciones propias de los instrumentos o dispositivos, sistemas de instrumentación utilizados para la medición, seguimiento y control, presentando un sistema de designación que incluye sistemas de identificación y símbolos gráficos.

Clases de instrumentos

Un instrumento de medición es el dispositivo capaz de suministrar una medida o de realizar una observación del universo físico. Los instrumentos de medición y control son relativamente complejos y su función puede estudiarse de acuerdo a la siguiente clasificación:

☑ De acuerdo a la variable de proceso que miden: esta clasificación, como su nombre lo indica, se referirá a la variable de proceso que tratemos de medir. En la actualidad se pueden medir todas



Taller de Automatización

las variables de proceso que existen, mas sin embargo estas pueden ser medida de forma directa o indirecta dependiendo el caso.

De acuerdo a su función en un proceso.

TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	IMAGEN
Ciegos	Cumplen una función reguladora en el proceso pero no tienen indicación visible de la variable. Ejemplos: termostatos, presostatos.	 <i>Termostato Presostato</i>
Indicadores	Indican directamente el valor de la variable de proceso. Disponen de un índice y escala graduada o de un despliegue digital en los que puede leerse el valor de la variable. Ejemplos: manómetros, termómetros	
Registradores	Registan con trazo continuo o punto a punto la variable, y pueden ser circulares o rectangulares. En algunos casos podrá ser necesario un registro histórico de la variable que se estudia en un determinado proceso.	
Elementos primarios	Están en contacto directo con la variable de proceso que se desea medir, con el fin de recibir algún efecto de este, y así, poder evaluar la variable en cuestión.	
Sensor	Es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Ejemplo: sensor piezoeléctrico, termopar.	 <i>Sensor piezoeléctrico</i>



Taller de Automatización

Transmisor	Estos elementos reciben la variable de proceso a través del elemento primario, y la transmiten a algún lugar remoto. Las señales que se usan para transmitir la información entre los instrumentos de lazo de control son generalmente de dos tipos: neumáticas y eléctricas. Las señales neumáticas están entre 3 y 15 psi equivalentes a 0,206 y 1,033 bar. Las señales eléctricas pueden ser de 4 a 20 mA, 10 a 50 mA, 1 a 5 Volts o 0 a 10 voltios.	 <i>Transmisor electrónico</i>
Convertidores	Reciben una señal de entrada neumática (3 a 15 psi) o electrónica (4 a 20 mA) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la señal en forma de una salida estándar.	 <i>Convertidor I/P</i>
Receptores	Son los instrumentos que son instalados en el panel de control, como interfaces entre el proceso y el usuario. Reciben las señales de los transmisores o de un convertidor.	
Controladores	Son los encargados de ejercer la función de comparar lo que está sucediendo en el proceso, con lo que realmente se desea que suceda en el, para posteriormente, en base a la diferencia, envíe una señal al proceso que tienda a corregir las desviaciones. Ejemplo: controlador PID.	 <i>Controlador digital controlador electrónico</i>



Taller de Automatización

Actuador	Recibe la señal del controlador y modifica directamente la variable manipulada o agente de control. En el control neumático, el elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático, en el control electrónico la válvula o el servomotor anterior son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión o señal digital a presión. En el control eléctrico puede ser una válvula motorizada accionada por un servomotor eléctrico.	 <p>Válvula de control</p>
Acondicionador de señales	Este elemento toma la salida del sensor y la convierte en una forma más adecuada para un procesamiento adicional, por lo general en una señal de frecuencia, corriente directa o de voltaje de CD.	
Procesador de señales	Toma la salida del elemento acondicionador y la convierte en una forma más adecuada para la presentación. Son ejemplo: el convertidor de analógico a digital.	

NORMA ISA S5.1

Esta norma establece de manera uniforme y estándar los medios de representación, la identificación y funciones propias de los instrumentos o dispositivos, sistemas de instrumentación utilizados para la medición, seguimiento y control, presentando un sistema de designación que incluye sistemas de identificación y símbolos gráficos. Esta norma tiene por objeto satisfacer los distintos procedimientos de los diversos usuarios que necesitan para identificar y representar gráficamente equipos de medición y control y sistemas.

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="center">HOJA: 6 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

Estas diferencias se reconocen cuando son coherentes con los objetivos de esta norma, proporcionando símbolos de alternativas y métodos de identificación. Esta norma es conveniente para el uso en diferentes sectores de la industria, ya que esta requiere el uso de esquemas de sistemas de control, diagramas funcionales y esquemas eléctricos para describir la relación con el equipo de procesamiento y la funcionalidad de equipos de medida y control.

Clases de instrumentación

La instrumentación se puede clasificar como primaria, secundaria, auxiliar y de accesorios para la asignación funcional de lazo, las identidades y los símbolos.

Instrumentos primarios

La instrumentación primaria consiste en la medición, seguimiento, control, o el cálculo de los dispositivos y hardware y sus funciones propias y funciones de software que incluyen, pero no se limitan a los registradores, transmisores, controladores, válvulas y dispositivos de control y aplicación de funciones de software que requieren o permiten identificaciones asignados por el usuario.

Instrumentos secundarios

La instrumentación secundaria consiste en medir, monitorear y tener el control de dispositivos que incluyen hardware y no se limita a visores de nivel, manómetros, termómetros y reguladores de presión.

Instrumentos auxiliares

La instrumentación auxiliar consta de dispositivos y hardware que permite medir, controlar o calcular, y que son necesarios para el funcionamiento eficaz de los instrumentos primarios o secundarios.

Instrumentos de accesorios

La instrumentación de accesorios se compone de dispositivos y hardware que aunque no son para medir o controlar, son necesarios para el funcionamiento eficaz de la medición, monitoreo o sistema de control.

Definiciones de la Norma ISA

Es importante conocer cierta terminología o definiciones para la comprensión de esta norma.

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="center">HOJA: 7 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

Accesible.- (Accesible) Este término se aplica a un dispositivo o una función, la cual puede verse por un operador con el propósito de efectuar acciones del control como: cambiar el set point, acciones de ON OFF.

Alarma. –(Alarm)Un dispositivo o función que proporciona una indicación visible y/o audible cuando el valor de una medida se encuentra fuera de los límites establecidos y su estado ha cambiado de seguro a inseguro, o de normal a uno anormal en cuanto a su condición de funcionamiento. El dispositivo usado puede ser binario o analógico y la indicación puede ser por: paneles anunciadores, luces intermitentes, timbres, bocinas, sirenas, etc.

Asignar. – (Assignable) Término aplicado a la indicación que permite dirigir o canalizar una señal a un dispositivo u otro elemento sin la necesidad de unir o cambiar alambreado.

Estación Auto-Manual. – (Auto-manual station) es la que proporciona el cambio entre los modos manual y automático en un lazo de control.

Globo. – (Ballon) Sinónimo de burbuja o símbolo circular que se utiliza para designar e identificar el propósito o función de un instrumento que puede contener un número o una letra.

Detrás del panel. – (Behind the panel) se refiere a un lugar que no es accesible para el operador, como la parte posterior de un panel de instrumentos o de control.

Binario. – (Binary) término aplicado a una señal o dispositivo que solo tiene dos posiciones o estados discretos, y cuando se utiliza en su forma más simple, como en “señal binaria” en lugar de “señal analógica”, el término denota un ON-OFF o High-Low.

Placa. – (Board) sinónimo de panel.

Burbuja. – (Bubble) El símbolo circular tiene como propósito identificar un instrumento o una función y puede tener un número como etiqueta.

Dispositivo computacional. – (computing device) Dispositivo que realiza una o más cálculos u operaciones lógicas o ambas, transmitiendo una o más señales de salida como resultado. Puede ser un relé de cómputo.

Configurable. – (Configurable) Término usado para los dispositivos o sistemas cuyo funcionamiento y/o características pueden ser seleccionados u ordenados a través de un programa u otras maneras.

Controlador. – (Controller) Dispositivo que tiene una salida que varía para regular una variable que se desea controlar de una manera específica. Puede tener instrumentos análogos o digitales o puede ser equivalente a un instrumento en un DSC (Sistema de Control Distribuido). Un controlador puede estar integrado con otros instrumentos en un lazo de control.

Estación de control. – (Control Station) Una estación de carga manual es la que permite la interrupción entre el modo manual y el automático de un lazo de control, se puede decir que es la

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="center">HOJA: 8 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

interface del operador con un sistema de control distribuido (DCS) y puede relacionarse como estación de control.

Válvula de control. – (Control valve) Dispositivo que comúnmente es actuado manualmente en acciones de ON OFF o semi-actuada, que permite manipular el flujo en uno o más procesos de fluidos.

Convertidor. – (Converter) Dispositivo que recibe la señal de información desde un instrumento de una forma y envía una señal hacia una salida bajo otra forma. Un instrumento que cambia la salida del sensor a una señal estándar no es propiamente un convertidor sino un transmisor.

Digital. – (Digital) Término aplicado a una señal o dispositivo que usa dígitos binarios para representar valores continuos o estables discretos.

Sistema de Control Distribuido. – (Distributed Control System) Es un sistema que opera funcionalmente consistiendo en subsistemas que pueden operar física o remotamente separados unos de otros. El sistema de control distribuido proporciona un puente de comunicación a través de un panel de control local entre una red de tiempo no real, tal como una Ethernet, y una red de tiempo real, tal como un controlador de red de área. Un sistema de control distribuido tiene una base de datos unificada, las aplicaciones y cambios se hacen desde la estación de ingeniería, ya que es allí donde se encuentra la configuración de todos los controladores que conforman el sistema.

Elemento final de control. – (Final control element) Es el dispositivo que directamente controla el valor de la variable manipulada de un lazo de control, que por lo general resulta ser una válvula de control.

Función. – (Function) El propósito de o una acción efectuada por un dispositivo.

Hardware. Es la parte física del equipo que participa directamente en la medición, monitoreo y control de las funciones.

Identificación. – (Identification) Es la secuencia de letras o números, o ambos, que sirven para identificar un instrumento o un lazo.

Instrumento. – (Instrument) Dispositivo que se utiliza para controlar y tomar la medida directa o indirecta de una variable. Estos pueden ser elementos primarios, indicadores, controladores, elementos finales de control, dispositivos informáticos y eléctricos tales como anunciadores, interruptores y pulsadores.

Instrumentación. – (Instrumentation) Colección de instrumentos, dispositivos, hardware o funciones o su aplicación con el propósito de medir, monitorear o controlar un proceso industrial o de una máquina, o cualquier combinación de éstos.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 9 DE:134

Taller de Automatización

Local. – (Local) Un instrumento que no está montado sobre un panel o consola o en una sala de control, pero si comúnmente en las cercanías de su elemento primario o elemento final de control. La palabra “campo” es sinónimo de local.

Panel Local. – (Local panel) Un panel local no es un panel principal. Los paneles locales se ubican en las cercanías de los subsistemas o sub-áreas de la planta. El término “panel de instrumentación local” no debe confundirse como “instrumento local”.

Lazo o Loop.- Combinación de dos o más instrumentos o arreglo de funciones de control también el paso de señales de uno a otro con el propósito de medir y/o controlar una variable en un proceso.

Estación de carga manual. – (Manual loading station) Dispositivo o función que tiene un ajuste manual de la salida usado para actuar con uno o más dispositivos de control remoto. La estación no provee interruptores entre el modo de control manual o automático de un lazo de control. La estación puede tener indicadores integrados a ella; luces, u otras características. Se le conoce como estación manual o carga manual.

Medición. – (Measurement) Determinación de la existencia o magnitud de una variable.

Monitor. – Término general para un instrumento o sistema de instrumentos que miden o detectan el estado o magnitud de una o más variables con el propósito de obtener una información útil. El término monitor es muy ambiguo se asocia generalmente con analizadores, indicadores o alarmas

Luz Monitor. – (Light monitor) Sinónimo de luz piloto.

Panel. – una estructura que tiene un grupo de instrumentos montados en ella, que encierra interfaces para el operador del proceso y es seleccionada con una designación única. El panel puede consistir en una o más secciones, cubículos, consolas o escritorios, sinónimo de tablero.

Panel de montaje. – (panel-mounted) Término aplicado a un instrumento que están instalados en un panel o consola y son accesibles al operador en forma normal. Una función que normalmente es accesible a un operador en un sistema de visualización compartida, es el equivalente de un dispositivo montado en un panel discreto.

Luz piloto. – (Pilot light) Luz que indica cuales son las condiciones normales de un sistema o dispositivo. Por ejemplo luz de alarma que indica condición normal. Se le conoce también como luz monitor.

Elemento primario. – (Primary element) sinónimo de sensor o detector.

Proceso. – (Process) Operación o secuencia de operaciones que involucra un cambio de energía, estado, composición, dimensión u otras propiedades que pueden definirse respecto a una referencia.

	Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo” Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas	HOJA: 10 DE:134
Taller de Automatización		

Variable de proceso. – (Process variable) cualquier variable perteneciente a un proceso. en esta norma se aplica para todas las variables que no sean las de señales de instrumentación.

Programa. – (Program) Secuencia repetitiva de acciones que definen el estado de salidas relacionadas con los valores dado por las entradas.

Controlador Lógico Programable. – (PLC) Son autómatas adaptados para funcionar como sistemas de control en ambientes de producción industrial. Poseen múltiples entradas y salidas y que contiene un programa modificable.

Relé. Dispositivo cuya función es pasar una información inmodificable a o en alguna forma modificada. se aplica especialmente en electricidad, neumática o hidráulica como interruptor que actúa bajo una señal.

Scan. – Para monitorear en forma predeterminada el estado cada una de las variables de un proceso de forma periódica, puede estar asociado con otras funciones como alarma y memoria.

Sensor. – Parte de un lazo o un instrumento que primero sensa el valor de la variable de un proceso y que asume el valor correspondiente predeterminado para el estado de la salida. El sensor puede estar separado o integrado a cualquier elemento funcional del lazo. Se le conoce también como detector o elemento primario.

Set point. – Punto de referencia para una variable de entrada que establece el valor de la variable a controlar. Se puede establecer en forma manual, automáticamente o programada. Su valor se expresa en la misma unidad que la variable controlada.

Display de pantalla. – Dispositivo de interfaz, para el operador. Comúnmente pantalla de video empleada para controlar información desde las fuentes hacia el operador.

Controlador compartido. – (Shared Controller) Elemento que contiene algunos algoritmos pre programados que usualmente son accesibles, configurables, y asignables, permitiendo que un solo dispositivo controle varias variables.

Interruptor. – (Switch) Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona o transfiere uno o más circuitos y no esta designado como un controlador, como un relé o como una variable de control. El término también es aplicable a las funciones efectuadas por los switch.

Punto de prueba.- (Test Point) Es una conexión al proceso con instrumentos no conectados permanentemente, es por extensión una conexión temporal o intermitente de un instrumento.

Transductor. – (Transducer) Termino general para un dispositivo que recibe información de una o más formas de cantidades físicas, modificando esta información y/o su forma produciendo una señal de salida. Dependiendo de su aplicación en el proceso puede ser un elemento primario, transmisor, relé, convertidor u otro dispositivo. Pero el termino transductor no es especifico, su uso para aplicaciones específicas no se recomienda.

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 11 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

Transmisor. – (Transmitter) Dispositivo que detecta la variable de un proceso por medio de un sensor y tiene una salida cuyo valor en el estado estable varia como una función predeterminada de la variable del proceso. El sensor puede o no estar integrado al transmisor.

Diagramas de instrumentación P&ID

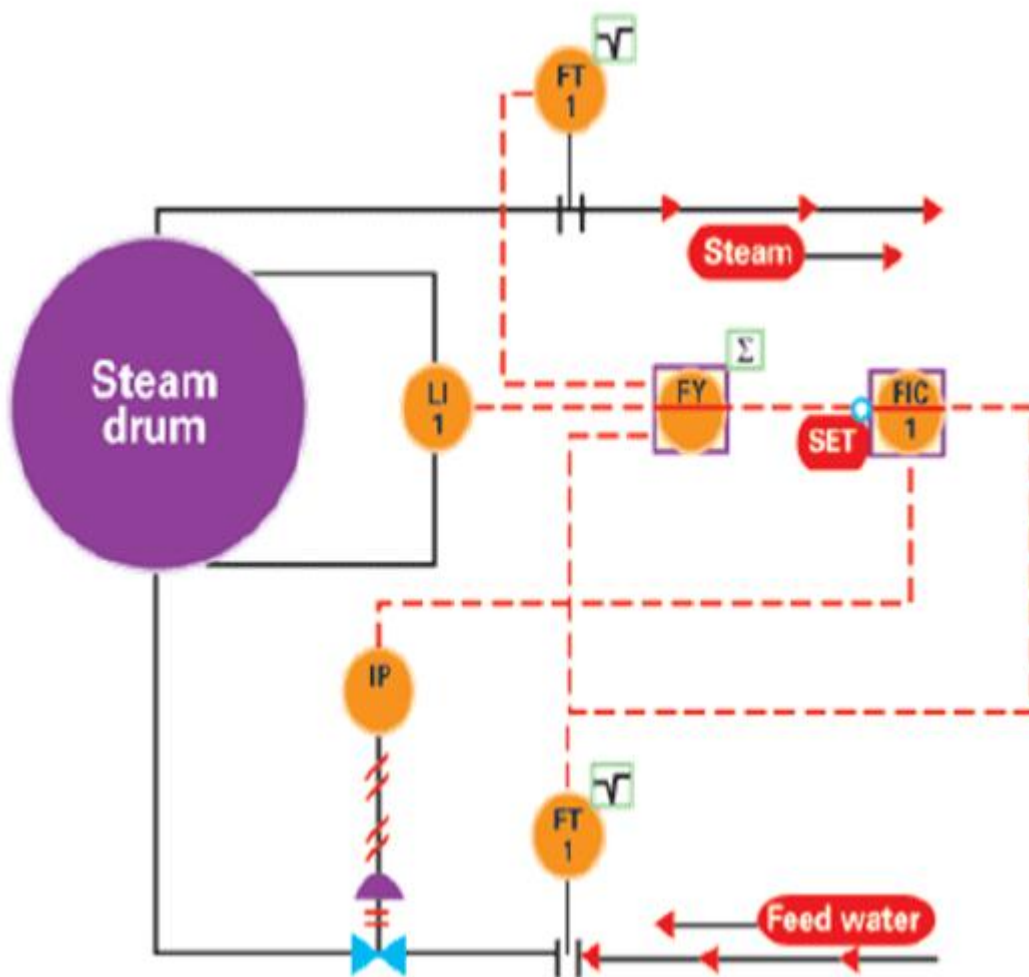
Se denomina diagrama P&ID (Piping and instrumentación Diagram) o Diagrama de instrumentación y canalizaciones de la planta, al esquema donde se registra toda la instrumentación sobre un diagrama de flujo de proceso. Permiten asociar a cada elemento de medición y/o control un código al que comúnmente se denomina “tag” del instrumento. Los símbolos y nomenclatura que se utilizan en los diagramas de instrumentación están desarrollados en diversos estándares. Una norma muy difundida a nivel mundial son las publicadas por ISA (Instrument Society of América), en particular la S5.1.

Los sistemas de control de procesos se representan en diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID) utilizando símbolos normalizados. Se representan: instrumentación, tuberías, bombas, motores y otros elementos auxiliares.

Los instrumentos del lazo de control se representan por un círculo con las letras de designación del instrumento así como el número identificativo del lazo de control al que pertenecen (Norma ISA-S5.1).



Taller de Automatización



Criterios para la elaboración de un P&ID

Equipos : mostrar cada elemento incluyendo:

- Unidades separadas



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 13 DE:134

Taller de Automatización

- Unidades en paralelo
- Resumen de las especificaciones de cada equipo.

Tuberías: incluir todas las líneas, incluyendo purgas y tornas de muestra y especificar:

- Tamaño (emplear designaciones estándar)
- Schedule(espesor)
- Materiales de construcción.
- Aislamiento(tipo y espesor)

Instrumentación: identificar :

- Indicadores
- Registradores
- Controladores
- Mostrar los lazos de control principales.

Servicios auxiliares: identificar.

- Punto de entrada
- Punto de salida

Como alternativa se puede numerar cada tubería y las especificaciones de cada línea se pueden recoger en una tabla anexa al diagrama. Siempre que sea posible, el tamaño físico de las operaciones unitarias más importantes debe guardar relación con el tamaño del símbolo empleado en el diagrama. Las conexiones de los servicios auxiliares (vapor, agua de refrigeración, etc...) Toda la información de proceso que puede ser medida en la planta se muestra en el P&ID dentro de círculos. Esto incluye la información que se va a registrar y la que se va a utilizar para los lazos de control del proceso. La ubicación de estos círculos en el diagrama indica dónde se obtiene la información del proceso e identifican las medidas que se realizan y cómo se trata la información quedan identificadas mediante un número dentro de una caja en el P&ID.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 14 DE:134

Taller de Automatización

Los P&ID también se emplean para la formación de los operadores de planta. Una vez que la planta está construida y está operativa, hay unos límites claros para lo que puede hacer un operador. Para cambiar o mejorar el rendimiento de alguna unidad de la planta, lo más que se permite es abrir, cerrar o cambiar la posición de una válvula. Parte del trabajo de formación del operador consiste en la simulación de situaciones en las que el operador debe decidir qué válvula hay que cambiar, cuánto hay que abrirla o cerrarla y qué variables se deben vigilar para comprobar los efectos producidos por dicho cambio.

Identificación de los instrumentos

En los P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) o diagrama de instrumentación y canalizaciones es importante y fundamental la identificación de los instrumentos que conforman el diagrama de flujo del proceso. Esta identificación se hace mediante un código al que comúnmente se le denomina “Tag” del instrumento, el cual consiste en un arreglo de letras. Cada instrumento o identificación o función a ser identificado es designado por un código alfanumérico o un número de etiqueta, como se indica en la siguiente figura. En un lazo las partes se identifican con una etiqueta generalmente común a todos los instrumentos o funciones pertenecientes al lazo. Se puede agregar un sufijo o un prefijo para completar la identificación.

Ilustración 2. Identificación de un registrador/controlador.

T	R	C	-	2	A
Primera letra	Letras sucesivas	Numero lazo		Sufijo	
Variable	Función				

- Primera letras: variable
- Letras sucesivas: función (controlador, convertidor, transmisor, etc.)
- Numero de lazo: indica el lazo de control del diagrama
- Sufijo: se usa para diferenciar dos o más instrumentos en un mismo lazo de control.

Identificación funcional



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 15 DE:134

Taller de Automatización

La identificación funcional de un instrumento o su equivalente funcional consiste de letras, que incluye una primera letra la cual es para designar la edición o variable inicial, y una o más letras sucesivas las cuales designan las funciones ejecutadas, ejemplo:

- FCV : válvula control de flujo
- PI : indicador de presión
- LI: indicador de nivel
- LIC: controlador indicador de nivel

La identificación funcional de un instrumento está de acuerdo a la función y de no acuerdo a su construcción. Así un registrador diferencial de presión usado en la medición de flujo se identifica como FR.

Las letras sucesivas de la identificación funcional, designan una o más lecturas o funciones pasivas y/o funciones de salidas.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 16 DE:134

Taller de Automatización

Letras de identificación					
	Primera Letra		Letras Sucesivas		
	Variable medida	Modificador	Función de lectura	Función de salida	Modificador
A	Análisis		Alarma		
B	Quemador, combustión		Selección del usuario	usuario	usuario
C	Selección del usuario			Controlador	
D	Selección del usuario	Diferencial			
E	Tensión		Sensor (elemento		
F	Rata de flujo	Relación	primario)		
G	Selección del usuario		Dispositivo de vidrio,		
H	Manual		mirilla		Alto
I	Corriente (eléctrica)		Indicación		
J	Potencia	Muestreo			
K	Tiempo	Rata de tiempo		Estación de control	
L	Nivel		Luz		Bajo
M	Humedad	Momentáneo			Medio,
N	Selección del usuario		Selección del usuario	Selección del	intermedio
O	Selección del usuario		Orificio, restricción	usuario	
P	Presión, vacío		Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integrador, total.			
R	Radiación		Registrador		
S	Velocidad, frecuencia	Safety		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, análisis			Válvula, damper	
W	Peso, fuerza		Vaina o pozo térmico		
X	Sin clasificar	Eje X	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Evento o estado	Eje Y		Relé, convertidor	
Z	Posición, dimensión	Fje.7		Elemento final.	

Tablas de símbolos gráficos

El conjunto de símbolos gráficos incluidos en esta parte, están destinados a ser utilizados para preparar:

- Diagramas de instrumentación.
- Diagramas funcionales.

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 17 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

- Diagramas de lógica binaria.
- Esquemas eléctricos.

Los símbolos mostrados en las diferentes tablas son dibujados a tamaño completo para su uso en los diagramas o bocetos.

Los símbolos del dispositivo y su función se muestran en la tabla 2, basándose en el formato tradicional que indica los círculos de un tamaño de 11 mm, pero pueden ser cambiados por el uso frecuente de ½ pulgada o un círculo de 12 mm.

Se tendrá en cuenta el tamaño de la reducción de los P&ID a la hora de seleccionar el tamaño del símbolo.

Todos los símbolos deben mantener las relaciones de tamaño.

Tablas de uso para aplicaciones comunes

Los diagramas de instrumentación que contienen los dispositivos de instrumentación y sus funciones se construyen a partir de los símbolos que se mostraran en las siguientes tablas.

Símbolos de dispositivos de instrumentación

Los dispositivos y las funciones que son representadas por estos símbolos de burbuja son:

- Usado en la demostración compartida, el control compartido, configurable, el microprocesador, e instrumentación datalinked donde las funciones son accesibles por el operador son compartidas por un display o monitor.
- Configurado en los sistemas de control que incluyen, pero no son limitados como lo son, sistemas de control distribuidos (DCS), controladores lógicos programables (PLC), ordenadores personales (el ordenador personal), y transmisores inteligentes y válvula de posición.



Taller de Automatización


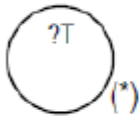
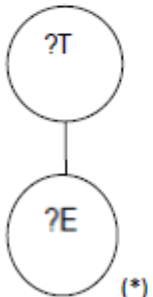
	Montaje en campo	Localización panel principal	Localización panel auxiliar	Localización detrás del panel
INSTRUMENTOS DISCRETOS				
INSTRUMENTO CONTROL DISTRIBUIDOS				
FUNCION COMPUTADOR				
FUNCION PLC				

Símbolos transmisores

Los transmisores son elementos que reciben la variable de proceso a través del elemento primario, y la transmiten a algún lugar remoto. Las señales que se usan para transmitir la información entre los instrumentos de lazo de control son generalmente de dos tipos: neumáticas y eléctricas. Las señales neumáticas están entre 3 y 15 psi equivalentes a 0,206 y 1,033 bar. Las señales eléctricas pueden ser de 4 a 20 mA, 10 a 50 mA, 1 a 5 Volts o 0 a 10 voltios. A continuación se muestra como se representan los transmisores en un diagrama P&ID y como varían en sus tags dependiendo la variable que midan y como estén ubicados.



Taller de Automatización

No	SIMBOLO	DESCRIPCION
1		Elemento primario general, del formato de "burbuja". La anotación del (*) nos indica que al ser utilizado debe ser identificado para saber el tipo de elemento.
2		Transmisor con elemento integrante principal, con formato de burbuja. <ul style="list-style-type: none">• La notación (*) de la tabla 4 debe ser utilizado para identificar el tipo de elemento.• Conexión a proceso o a otros instrumentos por los símbolos de las tablas 14 y 13
3		Transmisor con acoplamiento cerrado y formato de burbuja. Notación (*) de la tabla 4 debe ser utilizado para identificar el tipo de elemento. Conexión a proceso o a otros instrumentos por los símbolos de las tablas 14 y 13



Taller de Automatización

4		Transmisor con el elemento primario a distancia y formato de burbuja. Notación (*) de la tabla 4 debe ser utilizado para identificar el tipo de elemento. Conexión a proceso o a otros instrumentos por los símbolos de las tablas 14 y 13
---	--	--

Tabla 6. Símbolos transmisores 2

5		Transmisor con elemento integral primario el cual se inserta en el interior o en la línea de flujo del proceso. Con formato gráfico de burbuja. En el # se inserta el símbolo del elemento principal. Se conecta a otros instrumentos por los símbolos de la tabla 13
6		Transmisor con elemento primario de acoplamiento cerrado, el cual se inserta en el interior del formato de burbuja. En el # se inserta el símbolo del elemento principal. Conexión de la línea será igual o menor a 0.25 pulgadas (6mm). Se puede conectar a otros instrumentos por los símbolos de la tabla 13.
7		Transmisor con mando a distancia del elemento principal el cual es insertado en la burbuja. En el # se inserta el símbolo del elemento principal de la tabla 6, 7, 8, 9,10 y 11. Conexión de la línea puede ser cualquier línea de la señal de las tablas 6, 7, 8, 9,10 y 11. Conexión de la línea será igual o superior a 0,3 pulgadas (12 milímetros). Conectarse a otros instrumentos por los símbolos de la tabla 13.

Combinaciones de letras para la designación de medición de variables

La tabla que se muestra a continuación contiene las diferentes abreviaciones de variables e instrumentos usados para la medición de flujo, nivel, presión, temperatura y análisis.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 21 DE:134

Taller de Automatización

Analysis			
AIR = Excess air	H2O = Water	O2 = Oxygen	UV = Ultraviolet
CO = Carbon monoxide	H2S = Hydrogen sulfide	OP = Opacity	VIS = Visible light
CO2 = Carbon dioxide	HUM = Humidity	ORP = Oxidation reduction	VISC = Viscosity
COL = Color	IR = Infrared	pH = Hydrogen ion	=
COMB = Combustibles	LC = Liquid chromatograph	REF = Refractometer	=
COND = Elec. conductivity	MOIST = Moisture	RI = Refractive index	=
DEN = Density	MS = Mass spectrometer	TC = Thermal conductivity	=
GC = Gas chromatograph	NIR = Near infrared	TDL = Tunable diode laser	=
Flow			
CFR = Constant flow regulator	OP = Orifice plate	PT = Pitot tube	VENT = Venturi tube
CONE = Cone	OP-CT = Corner taps	PV = Pitot venturi	VOR = Vortex Shedding
COR = Coriolis	OP-CQ = Circle quadrant	SNR = Sonar	WDG = Wedge
DOP = Doppler	OP-E = Eccentric	SON = Sonic	=
DSON = Doppler sonic	OP-FT = Flange taps	TAR = Target	=
FLN = Flow nozzle	OP-MH = Multi-hole	THER = Thermal	=
FLT = Flow tube	OP-P = Pipe taps	TTS = Transit time sonic	=
LAM = Laminar	OP-VC = Vena contracta taps	TUR = Turbine	=
MAG = Magnetic	PD = Positive displacement	US = Ultrasonic	=
Level			
CAP = Capacitance	GWR = Guided wave radar	NUC = Nuclear	US = Ultrasonic
d/p = Differential pressure	LSR = Laser	RAD = Radar	=
DI = Dielectric constant	MAG = Magnetic	RES = Resistance	=
DP = Differential pressure	MS = Magnetostrictive	SON = Sonic	=
Temperature			
BM = Bi-metallic	RTD = Resistance temp detector	TCK = Thermocouple type K	TRAN = Transistor
IR = Infrared	TC = Thermocouple	TCT = Thermocouple type T	=
RAD = Radiation	TCE = Thermocouple type E	THRM = Thermistor	=
RP = Radiation pyrometer	TCJ = Thermocouple type J	TMP = Thermopile	=
Miscellaneous			
Burner, Combustion	Position	Quantity	Radiation
FR = Flame rod	CAP = Capacitance	PE = Photoelectric	α = Alpha radiation
IGN = Igniter	EC = Eddy current	TOG = Toggle	β = Beta radiation
IR = Infrared	IND = Inductive	=	γ = Gamma radiation
TV = Television	LAS = Laser	=	n = Neutron radiation
UV = Ultraviolet	MAG = Magnetic	=	=
=	MECH = Mechanical	=	=
=	OPT = Optical	=	=
=	RAD = Radar	=	=
=	=	=	=
Speed	Weight, Force		
ACC = Acceleration	LC = Load cell	=	=
EC = Eddy current	SG = Strain gauge	=	=
PROX = Proximity	WS = Weigh scale	=	=
VEL = Velocity	=	=	=
=	=	=	=

Elementos primarios

Los instrumentos primarios son aquellos con los que se realizan mediciones, seguimiento, control o cálculo de los dispositivos y hardware, así como sus funciones propias y funciones de software.

Símbolos de elementos primarios de variable Análisis



Taller de Automatización

A continuación se muestra la simbología de los instrumentos primarios en los diagramas P&ID para la medición de la variable análisis.



No	Símbolo	Descripción	Instrumento
1		Conductividad, humedad, etc. Sonda de detección de un solo sensor.	
2		pH, ORP, etc. Sonda de detección con doble sensor.	
3		Sonda de detección de fibra óptica.	

Símbolos de elementos primarios de variable Llama

Cuando se produce la combustión de un elemento inflamable en una atmósfera rica en oxígeno, se observa una emisión de luz, que puede llegar a ser intensa, denominada **llama**. Todas las reacciones de combustión son muy exotérmicas y desprenden gran cantidad de energía en forma de calor. La llama es provocada por la emisión de energía de los átomos de algunas partículas que se encuentran en los gases de la combustión, al ser excitados por el intenso calor generado en



	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 23 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

este tipo de reacciones. En esta tabla se muestra el símbolo del instrumento utilizado para medir esta variable.

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Detector de Llama ultravioleta.	









Símbolos de elementos primarios de variable Flujo

En la siguiente tabla se encuentran los símbolos de los instrumentos utilizados para la medición de flujo. Encontraremos medidores de flujo de líquidos para tuberías y canales abiertos y medidores de flujo de sólidos.

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		<p>Platina de orificio genérica.</p> <p>Nota: El instrumento presente es para medición de flujo de líquidos específicamente en tuberías. Su medición es en altas temperaturas y presión y es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	



Taller de Automatización

2		<p>Platina de orificio concéntrica. Nota: El instrumento presente es para medición de flujo de líquidos específicamente en tuberías. Su medición es en altas temperaturas y presión y es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	
3		<p>Platina de orificio excéntrica. Nota: El instrumento presente es para medición de flujo de líquidos específicamente en tuberías. Su medición es en altas temperaturas y presión y es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	
4		<p>Platina de orificio de segmento. Nota: El instrumento presente es para medición de flujo de líquidos específicamente en tuberías. Su medición es en altas temperaturas y presión y es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	
5		<p>Boquilla de flujo. Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería) en grandes caudales y altas presiones, fluidos con alta velocidad.</p>	



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 25 DE:134

Taller de Automatización

6		<p>Tubo venturí.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería) y opera en condiciones extremas de presión y temperatura.</p>	
7		<p>Platina de orificio integral.</p> <p>Nota: El instrumento presente es para medición de flujo de líquidos específicamente en tuberías. Su medición es en altas temperaturas y presión y es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	
8		<p>Tubo pitot estándar.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería).</p>	
9		<p>Tubo pitot promedio.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería).</p>	
10		<p>Flujómetro de turbina.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería) no conductivos en temperaturas y presiones extremas.</p>	





Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 26 DE:134

Taller de Automatización

11		<p>Flujometro tipo vortex</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería). Es aplicable a líquidos, gases y vapor.</p>	
12		<p>Flujometro, medidor de caudal.</p>	
13		<p>Flujometro magnético.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo en líquidos (tubería) contaminados y con sólidos en suspensión.</p>	
14		<p>Flujometro de masa Térmico</p>	
15		<p>Flujometro ultrasónico.</p> <p>Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería). Es ideal para tuberías de grandes diámetros.</p>	





Taller de Automatización

16		Fujometro de área variable.	
17		Vertedero. Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos en canal abierto.	
18		Desplazamiento positivo Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos (tubería) tales como, fluidos viscosos, agua, ácidos y líquidos alcalinos.	
19		Medidor tipo coriolis Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo másico.	
20		Bandas de pesaje Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de sólidos.	
21		Canal abierto Nota: El instrumento se utiliza para la medición de flujo de líquidos en canales abiertos.	

Símbolos de elementos primarios de variable Nivel

Dentro de los procesos industriales la medición y el control de nivel se hace necesario cuando se pretende tener una producción continua, cuando se desea mantener una presión hidrostática,

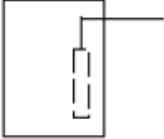



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 28 DE:134

Taller de Automatización

cuando un proceso requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó; bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame, la medición de nivel de líquidos, dentro de un recipiente parece sencilla, pero puede convertirse en un problema más ó menos difícil, sobre todo cuando el material es corrosivo ó abrasivo, cuando se mantiene a altas presiones, cuando es radioactivo ó cuando se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles ó cuando es prácticamente imposible mantenerlas, el control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos. A continuación se muestra una tabla con los símbolos de los instrumentos utilizados para la medición de nivel en líquidos y en sólidos.

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Desplazador Nota: se utiliza para la medición de nivel continuo en líquidos.	



Taller de Automatización

2		<p>Flotador</p> <p><i>Nota:</i> El instrumento se utiliza para la medición de nivel límite en líquidos.</p>	
3		<p>Medidor de radiación</p> <p><i>Nota:</i> El instrumento se utiliza cuando ningún método de medición de nivel puede operar satisfactoriamente.</p>	
4		<p>Flotador + cinta</p> <p><i>Nota:</i> El instrumento se utiliza para la medición de nivel límite en líquidos.</p>	
5		<p>Radar</p>	

Símbolos de elementos primarios de variable Presión

Sabemos que la presión es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie. En esta tabla se muestra el instrumento primario para la medición de esta variable.



Taller de Automatización

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Calibrador de presión u otro tipo de sensor electrónico.	

Símbolos de elementos primarios de variable temperatura

La temperatura es la medida de calor, asociado con el movimiento de moléculas de una sustancia. También se define como la magnitud física que mide que tan caliente o frío está un objeto. A continuación en la tabla se muestra el símbolo del instrumento primario que corresponde a la medición de la variable temperatura.

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Elemento de temperatura sin termopozo.	

Instrumentos secundarios

Los instrumentos secundarios son aquellos que son utilizados para medir y tener el control de dispositivos que incluyen hardware y no se limitan a visores de nivel, manómetros, termómetros y reguladores de presión. En la tabla se muestran los símbolos de los elementos secundarios para las distintas variables de medición. Cabe resaltar que todos los instrumentos son de vidrio, esto se nota gracias al tag de su simbología representada al final por la letra G.



Taller de Automatización

No	Variable medida	Símbolo	Descripción	Imagen
1	Flujo		Indicador de Flujo de vidrio.	
2	Nivel		Indicador de nivel de vidrio	
3	Nivel		De vidrio con conexión externa.	
4	Presión		Presión relativa. (manómetro)	
5	Temperatura		Termómetro	

Símbolos de líneas de conexión de instrumento a instrumento.

De la tabla que se muestra a continuación la cual nos muestra los símbolos de las líneas de conexión entre un instrumento y otro hay que resaltar lo siguiente:

- Las fuentes de alimentación se muestran cuando :

A diferencia de los normalmente utilizados, por ejemplo, 120 Vcc, cuando lo normal es de 24 Vcc. Cuando un dispositivo requiere una fuente de alimentación independiente.

- Las flechas se utilizarán si es necesario para aclarar la dirección del flujo de la señal.



Taller de Automatización

- Los símbolos de la línea de conexión de dispositivos y funciones que son parte integral de sistemas dedicados, tales como los sistemas de control distribuido (DCS), controladores lógicos programables (PLC), sistemas de computadoras personales (PC), y los sistemas informáticos de control (CCS) a través de un enlace de comunicación dedicado.
- Los símbolos de la línea de conectar sistemas independientes basados en microprocesadores y computadoras basadas en el uno al otro en un enlace de comunicaciones dedicado, usando el protocolo RS232.

No	Tipo de conexión	Símbolo	Imagen
1	Señal variable		
2	Señal neumática		
3	Señal electromagnética o sónica (guiada)		
4	Señal electromagnética o sónica (no guiada)		



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 33 DE:134


Taller de Automatización

5	Señal eléctrica		
6	Señal hidráulica		
7	Tubo capilar		
8	Enlace de datos o software		
9	Enlace mecánico		

EETP



Taller de Automatización

10	Señal indefinida	/ /	
11	IA puede ser reemplazada por aire del medio, nitrógeno o cualquier otro gas.	IA _____	
12	Suministro de energía eléctrica al instrumento. ES puede ser reemplazado por 24 Vdc, 120 Vac, etc.	ES _____	
13	Suministro de energía hidráulica.	HS _____	

Símbolos de líneas de conexión de procesos y equipos

La tabla que se muestra a continuación nos muestra los símbolos que se deben emplear para la conexión de procesos y los equipos en la elaboración de un diagrama P&ID.

No	Tipo de línea	Símbolo
1	Conexión del instrumento a un proceso y /o equipo.	_____
2	Línea de muestreo del proceso. Tipo de localización indicada por : [ET] eléctrica, [ST] vapor, [CW] de agua helada, etc.	----- (ST) -----
3	Instrumentos genéricos conectados a línea de proceso.	



Taller de Automatización

	Instrumentos genéricos conectados a equipos.	
4	Línea de proceso o de equipos que puede o no ser trazada.	
5	Línea de impulso del instrumento que puede o no ser trazada.	
6	Conexión roscada para la línea de proceso o de equipo.	
7	Instrumento de zócalo soldado para conexión a línea de proceso.	
8	Instrumento soldado para conexión a línea de proceso o equipo.	

Símbolos de elementos de final de control

- Los símbolos de los elementos del 1 al 14, cuando se combina con un actuador de símbolos del 1 al 16 de la tabla 19, representan las válvulas de control de procesos.
- Los símbolos de los elementos del 13 al 16 combinados con los símbolos 10 y 11 de la tabla de actuadores representan las válvulas solenoides on.off.
- El símbolo 17 representa un motor que maneja o controla una variable de proceso.
- Los símbolos son aplicables a todo tipo de válvulas de control y actuadores.

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Válvula genérica de dos vías. Válvula directa de globo. Válvula de compuerta.	













Taller de Automatización

2		Válvula de ángulo genérica de dos vías. Válvula con ángulo de seguridad.	
3		Válvula de tres vías. La flecha indica la trayectoria del flujo.	
4		Válvula de cuatro vías. Las flechas indican el camino del flujo.	
5		Válvula de mariposa.	
6		Válvula de globo.	



Taller de Automatización

7		Válvula de tapón.	
8		Válvula excéntrica de disco giratorio.	
9		Válvula de diafragma	
10		Válvula de pellizo	
11		Válvula de fuelle	





Taller de Automatización

13		Válvula solenoide de encendido y apagado de dos vías.	
14		Válvula solenoide on-off con ángulo.	
15		Válvula solenoide on-off de tres vías.	
16		Válvula solenoide on-off de cuatro vías	
17		Motor eléctrico	

Actuadores

Un **actuador** es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula. En la siguiente tabla se muestran los actuadores con sus respectivos símbolos, para diagramas P&ID.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 39 DE:134

Taller de Automatización



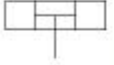

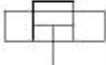





No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Actuador genérico	
2		Actuador de diafragma de resorte con posicionador.	
3		Actuador de diafragma de presión equilibrada.	
4		Actuador de pistón lineal. Cilindro de simple efecto. Cilindro de doble efecto.	 Pistón lineal cilindro de doble efecto



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 40 DE:134

Taller de Automatización

5		Actuador de pistón lineal con posicionador.	
6		Actuador de pistón rotatorio. Puede ser de simple acción con resorte de oposición o de doble efecto.	
7		Actuador de pistón rotatorio con posicionador.	
8		Motor rotatorio que puede ser eléctrico, neumático o hidráulico.	
10		Actuador manual.	  Actuador manual eléctrico

EETP



Taller de Automatización

11		Actuador electro-hidráulico lineal o rotatorio.	
12		Solenoides con reset on-off manual o remoto.	 Solenoides con reset Reset manual remoto.
13		Solenoides con reset on-off automático.	
14		Solenoides con reset on-off manual y remoto.	

Acción del actuador

En la siguiente tabla se muestran los símbolos de las acciones de los actuadores designados por la norma ISA S5.1 – 2009 para diagramas P&ID.



Taller de Automatización

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Regulador automático de flujo. XXX= FCV sin indicador XXX= FICV con indicador integral	
2		Flujometro de área variable con ajuste manual de válvula.	
3		Regulador de flujo constante.	
4		Regulador de nivel	



Taller de Automatización

5		Regulador de contrapresión. Llave de presión interna.	
8		Regulador de contrapresión. Llave de presión externa.	
9		Regulador de reducción de presión. Llave de presión interna.	
10		Regulador de reducción de presión. Llave de presión externa.	
11		Regulador de presión diferencial. Llave de presión externa.	

EETP



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 44 DE:134

Taller de Automatización

12		Regulador de presión diferencial. Llave de presión interna.	
13		Valvula de seguridad de presión genérica.	
14		Valvula genérica vacía de seguridad.	
15		Presión genérica - Valvula de alivio vacía.	
16		Elemento de seguridad de presión. Ruptura de disco por presión Presión de alivio.	





Taller de Automatización

17		Elemento de seguridad de vacío. Ruptura de disco por vacío. Vacío de alivio.	
18		Regulador de temperatura.	
19		Elemento de seguridad térmica. Enchufe, fusible o disco.	
20		Trampa de humedad genérica.	
21		Trampa de humedad con líneas de compensación.	

Simbología de equipos de proceso.



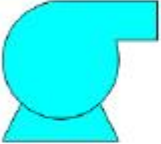

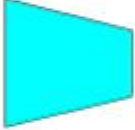

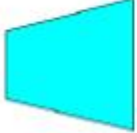

La unificación de símbolos de instrumentos para todas las áreas de la ingeniería es importante, por tal razón, en la siguiente tabla se muestran los símbolos de equipos que hacen parte de los procesos. Estos símbolos son usados para diagramas PFD, aunque hay diagramas P&ID que los incluyen para mostrar una información más detallada, del proceso representado.



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 46 DE:134

Taller de Automatización

No	Símbolo	Descripción	Imagen
1		Ventilador	
2		Bomba	 Bomba centrífuga
3		Compresor	
4		Turbina	



Taller de Automatización









5		Separador cyclonico	
6		Separador rotativo	
7		Pulverizador	
		Torres de destilación	



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 48 DE:134

Taller de Automatización

9		Tanque enchaquetado	
10		Reactor	
11		Tanque (vessel)	
12		Precipitador electrostático	





**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 49 DE:134

Taller de Automatización

13		Depurador de gases (scrubber)	
14		Tanque atmosférico	
15		Silo (Bin)	
16		Tanque con techo flotante	
17		Tanque para gases	

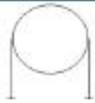











EE



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 50 DE:134

Taller de Automatización

18		Tanque presurizado	
19		Toiva de pesaje	
20		Banda transportadora	
21		Alimentador rotativo	
22		Agitador	
23		Intercambiador de calor.	



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 51 DE:134

Taller de Automatización

24		Horno	
25		Evaporador	
26		Mezclador	
27		Tornillo	

Funciones para relevadores





Estas funciones son usadas cuando algún tipo de instrumento dentro del diagrama P&ID realiza un cambio en la señal que recibe.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 52 DE:134

Taller de Automatización











Función	Símbolo	Definición
Suma		La salida es la suma algebraica de las entradas. Las entradas pueden ser positivas o negativas.
Promedio		La salida es igual a la suma algebraica de las entradas dividida por el número de entradas.
Diferencia		La salida es igual a la diferencia algebraica de dos entradas.
Multiplicación		La salida es igual al producto de dos entradas.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 53 DE:134

Taller de Automatización





División		La salida es igual al cociente de de dos entradas.
Exponencial		La salida es igual a la entrada elevada a la exponente n
Extraer raíz		La salida es igual a la raíz n de las entradas. Si n es omitida se asume raíz cuadrada.
Proporcionalidad		La salida es proporcional a la entrada. En un bloque K o P puede ser 1:1, 2:1, 3:1 etc, para reemplazar a K o a P.
Proporcionalidad inversa.		La salida es inversamente proporcional a la entrada.
Integral		La salida varía con ambas magnitudes y su duración. La salida es proporcional al tiempo de integración de la entrada.
Derivada		La salida es proporcional a la razón de cambio de la entrada.
Función no especificada		La salida es no lineal o no especificada de la entrada.
Función tiempo		La salida es igual a la entrada en función tiempo o al tiempo solamente.
Selección alta		La salida es la mayor de dos p mas entradas.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 54 DE:134

Taller de Automatización

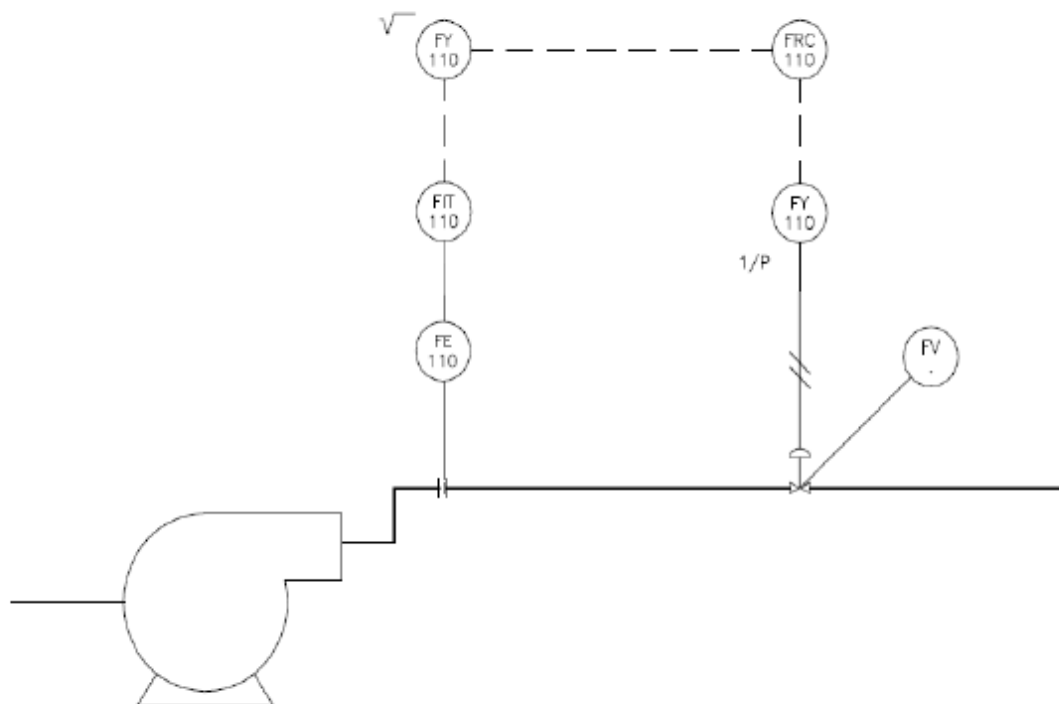
Selección baja		La salida es la menor de dos o más entradas.
Límite superior		La salida es igual a la entrada mientras su valor sea menor al límite superior, o la salida es igual al límite superior mientras el valor de la entrada sea mayor al límite superior.
Límite inferior		La salida es igual al límite inferior mientras su valor sea menor al límite inferior, o la salida sea igual a la entrada mientras el valor de la entrada sea mayor al límite inferior.
Convertidor		La forma de la señal de salida es diferente a la señal de entrada. La P o la I pueden ser sustituidas por : E : tensión A: análogo H: hidráulico B: binario I : corriente D: digital Q: electromagnético o sónico P: neumático R: resistencia eléctrica

Ejemplos de diagramas P&ID

EETP



Taller de Automatización



Este ejemplo corresponde a un lazo de caudal (de allí que la primera letra sea siempre F). Se eligió el número 110 para identificar el lazo.

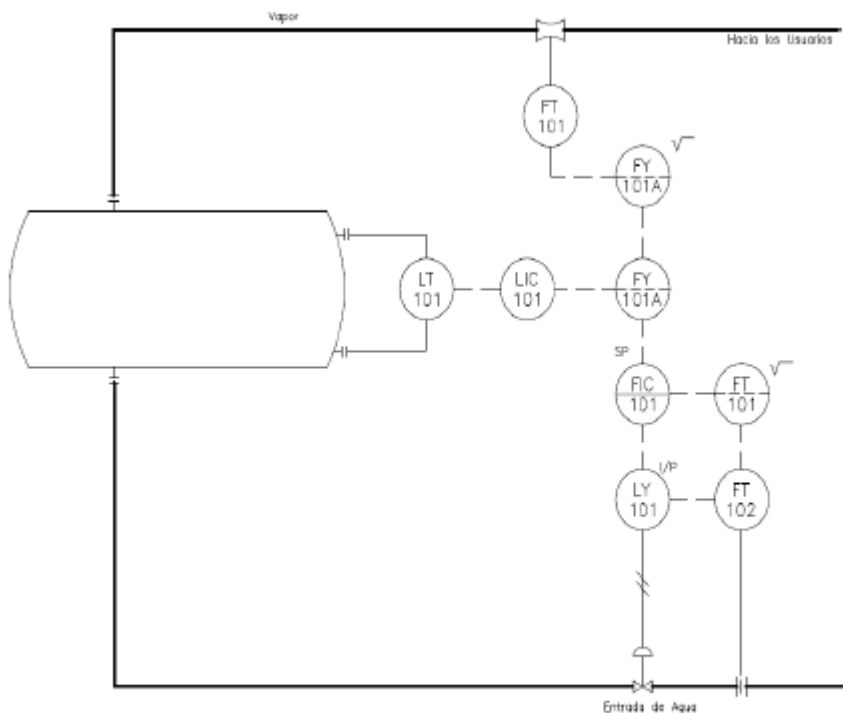
El círculo FE-110 indica el elemento primario de medición de caudal, (como se colocaron las dos barras sobre la línea de caudal, se trata de una placa orificio) conectado a un transmisor FIT-110 (la letra I, significa que hay un indicador local). Este transmisor es electrónico, ya que la salida es una línea de guiones.

El FY-110 es un relé que extrae la raíz cuadrada a la señal y se utiliza el sufijo A ya que el mismo lazo contiene otro relé. El controlador se designa FRC-110 y tiene una letra modificadora R que significa que posee un registrador. El FY-110B es un relé conversor de señal eléctrica a señal



Taller de Automatización

neumática (en línea de trazo continuo con doble guion cortándola. El elemento final de control es una válvula con actuador neumático a la que se le identifica como FV-110.



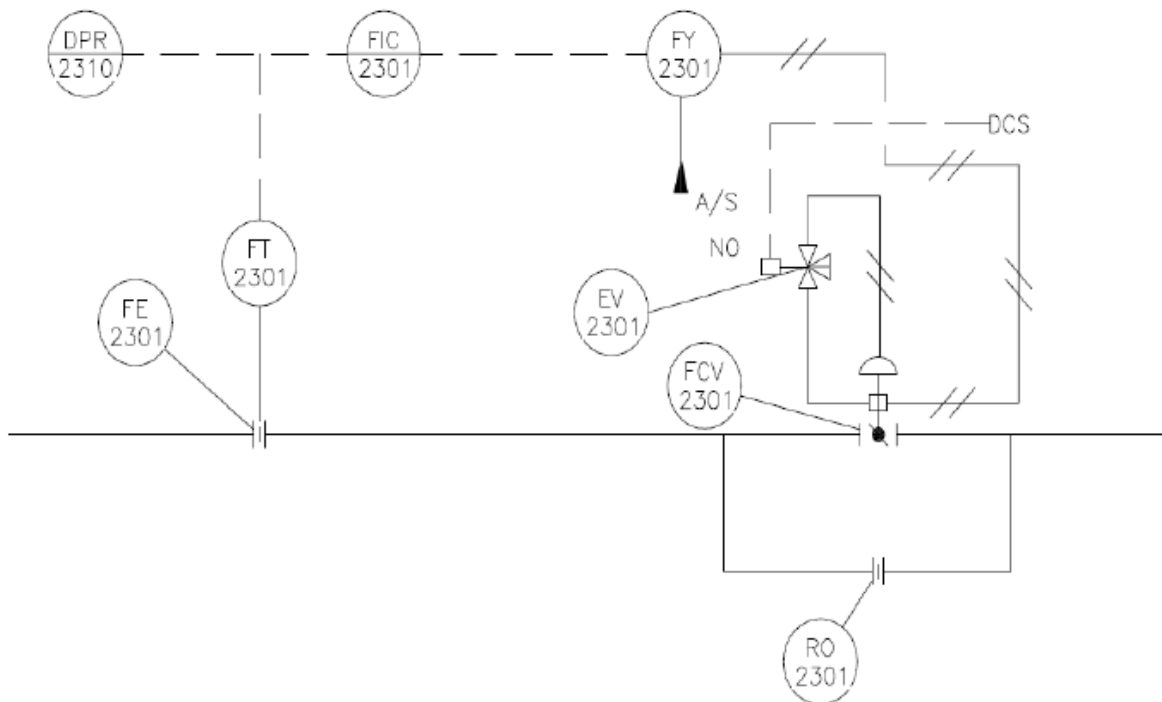
En este ejemplo tenemos 2 lazos diferentes, de nivel (representado con la letra L) y de flujo (representado con la letra F). Se eligió el número 101 para el lazo de nivel y el número 102 para el lazo de flujo.

El transmisor FT-101 envía una señal eléctrica transmitiendo el flujo de vapor que sale de la caldera, esta señal es enviada al relevador FY-101A el cual le extrae la raíz cuadrada a dicha señal. El transmisor de nivel LT-101 envía el nivel del agua en el tanque hacia el controlador de nivel LIC-101. Las señales provenientes del relevador FY-101A y del controlador LIC-101 llegan a un relevador el cual suma estas dos señales y envía la señal resultante al controlador FIC-102.



Taller de Automatización

En el segundo lazo tenemos un elemento primario representado por FE-102 este es un sensor de flujo el cual envía una señal eléctrica al transmisor FT-102, este a su vez envía una señal al controlador FIC-102. El controlador FIC-102 al comparar las señales provenientes de FY-101B y de FT102, envía una señal eléctrica al relevador LY-101 el cual convierte dicha señal en una señal neumática la cual controla la apertura o cierre de la válvula de agua.

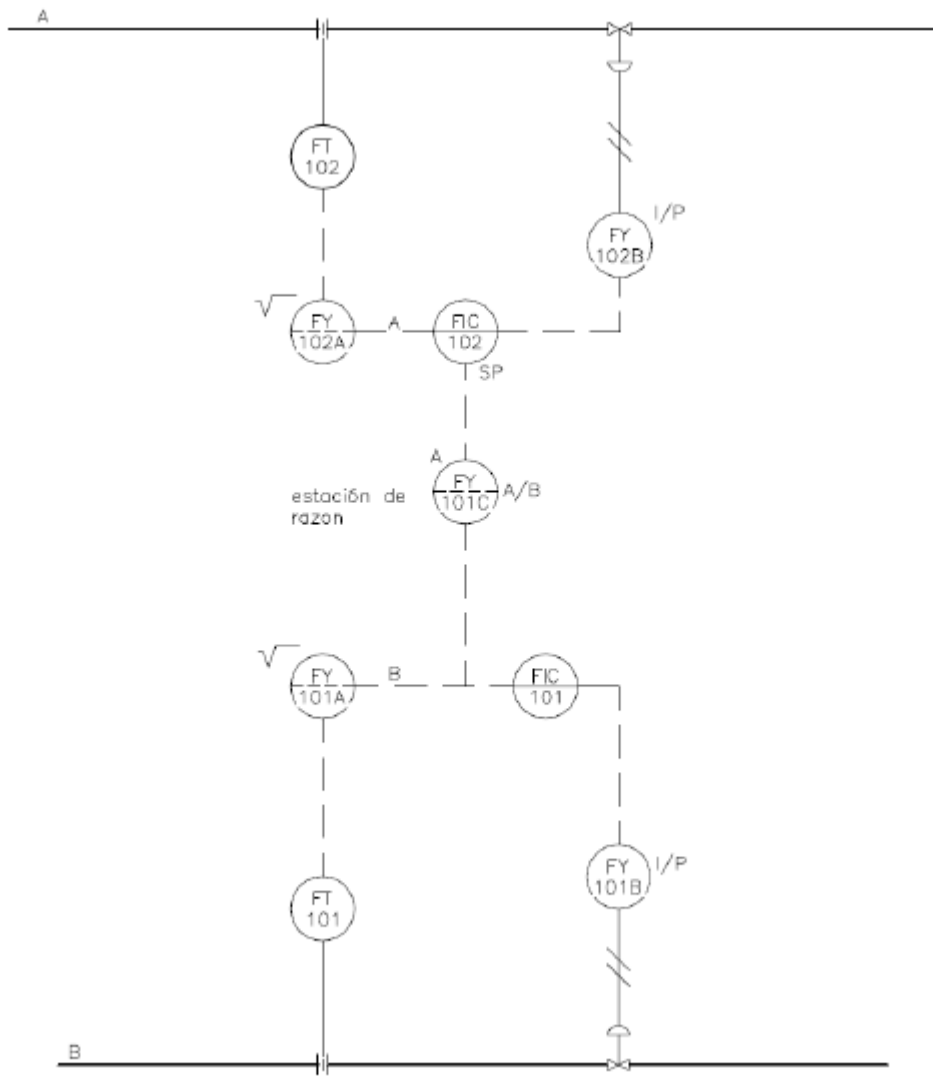


En este ejemplo vemos un lazo de control de flujo identificado con el número 2301. El elemento DPR-2310 es un receptor de presión diferencial. FT-2310 es un transmisor de flujo electrónico, este actúa como elemento primario ubicado en una platina de orificio. La salida del FT-2310 y del DPR2301 llegan al FIC-2301, el cual es un controlador, indicador de flujo. La salida de este controlador llega un relé de flujo FY-2301 el cual tiene un convertidor I/P que convierte la señal electrónica que le llega a neumática y es la que actúa sobre la válvula de mariposa con actuador



Taller de Automatización

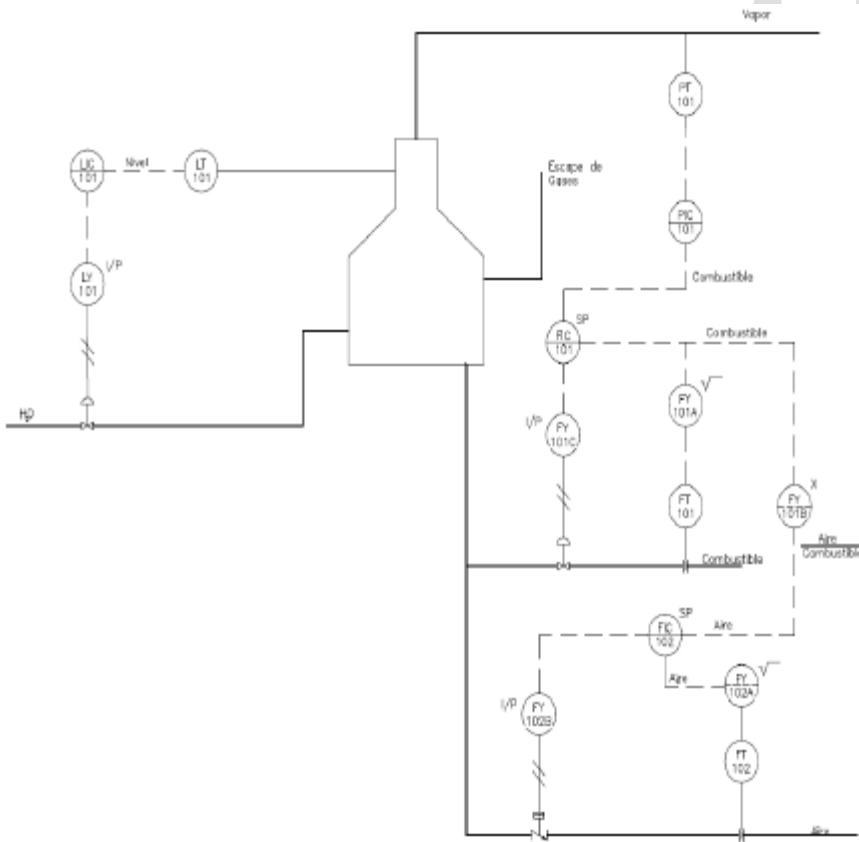
FCV-2301 y una válvula de tres vías EV-2301. La señal de salida que controla esta válvula de tres vías va a un DCS.





Taller de Automatización

Este ejemplo expone la necesidad de mezclar dos corrientes de líquido, A y B, en cierta proporción o razón. Si se tuviera que incrementar el flujo total, el operador solo tendría que cambiar un flujo, el punto de control de FIC 101. Se utiliza la abreviación SP para indicar la señal del punto de control de un controlador. La salida del extractor de raíz cuadrada FY 102^a es el flujo de corriente A. Si se multiplica esta señal por la razón B/A, la señal que sale de FY102B es el flujo que requiere de la corriente B. Se puede observar también cada uno de los lazos de corriente tiene su respectivo número, el lazo de la corriente B está dado por 101 y el de la corriente A por 102.



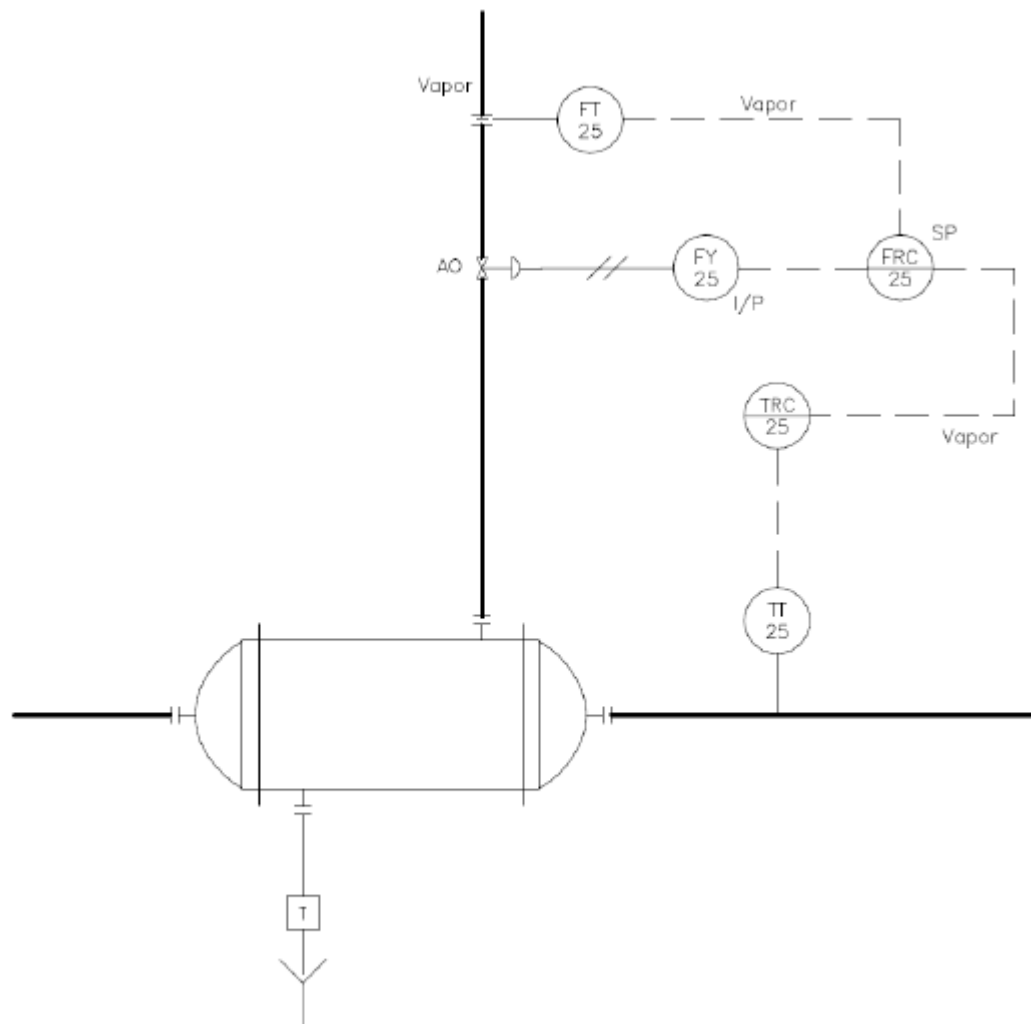
	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 60 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

Este ejemplo muestra el control de la razón aire/combustible la cual se ajusta manualmente. Se pueden observar dos lazos de control, el de combustible viene dado por el número 101 y el de aire por el 102. El flujo de combustible se fija mediante PIC-101 y el aire se raciona a partir del flujo de combustible. Cualquier perturbación en el flujo se corrige por medio de los circuitos de flujo. El flujo de aire siempre sigue el flujo de combustible, esto es con el controlador de presión se cambia primero el flujo de combustible y entonces, el flujo de aire sigue al de combustible.

EETP 285



Taller de Automatización



Este ejemplo consta de un sistema donde la temperatura con que sale el líquido que se procesa se controla mediante la manipulación de la posición de la válvula de vapor. Se observa un esquema en cascada con un circuito de flujo, el punto de control del controlador de flujo se reajusta con el



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 62 DE:134

Taller de Automatización

controlador de temperatura, cualquier cambio en el flujo se compensa por medio del circuito de flujo. El significado físico de la señal que sale del controlador de temperatura es el flujo de vapor que se requiere para mantener la temperatura en el punto de control. El número de lazo de este esquema es 25. Los transmisores y controladores son electrónicos.

SISTEMAS DE CONTROL

Introducción

El control automático ha desempeñado un papel muy importante en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su aporte en la construcción de los vehículos espaciales, misiles teledirigidos y la robótica. Los avances en la teoría y la práctica del control automático ofrecen los fundamentos necesarios para obtener un comportamiento óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar u optimizar los procesos con el objeto de obtener mejores resultados y simplificar el trabajo de muchas operaciones manuales rutinarias, así como otras actividades, la ingeniería trata de comprender y controlar las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. La Ingeniería de Control se basa en los fundamentos de la teoría de realimentación y análisis de sistemas lineales, integrando la teoría de redes y de comunicación; por esta razón, la teoría de control no está limitada a un área específica de la ingeniería, sino que es aplicable a las ingenierías aeronáutica, civil, química, mecánica y eléctrica, por tanto, analiza la dinámica de todo tipo de sistemas e incrementa el control de los mismos.

Introducción a los sistemas de control

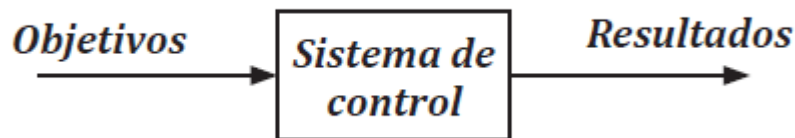
La pregunta que nos hacemos comúnmente al iniciar el estudio de la teoría de control es la siguiente: ¿Qué es un sistema de control? Existen muchas definiciones, sin embargo, el concepto que usaremos está basado en los objetivos que se persiguen al tratar de controlar un sistema, para que opere bajo parámetros definidos previamente. Definimos un *sistema de control* como el conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada para proporcionar una salida o respuesta deseada.

Los componentes básicos de un sistema de control pueden ser descritos por:

- Objetivos de control
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salida

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="center">HOJA: 63 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

La relación básica entre estos tres componentes se muestra en la Figura, los objetivos de control pueden ser identificados como entradas o señales entrantes, los resultados son considerados las salidas o las variables controladas; en general, el objetivo del sistema de control es controlar la salida de manera ordenada actuando los elementos de control sobre la señal de entrada.

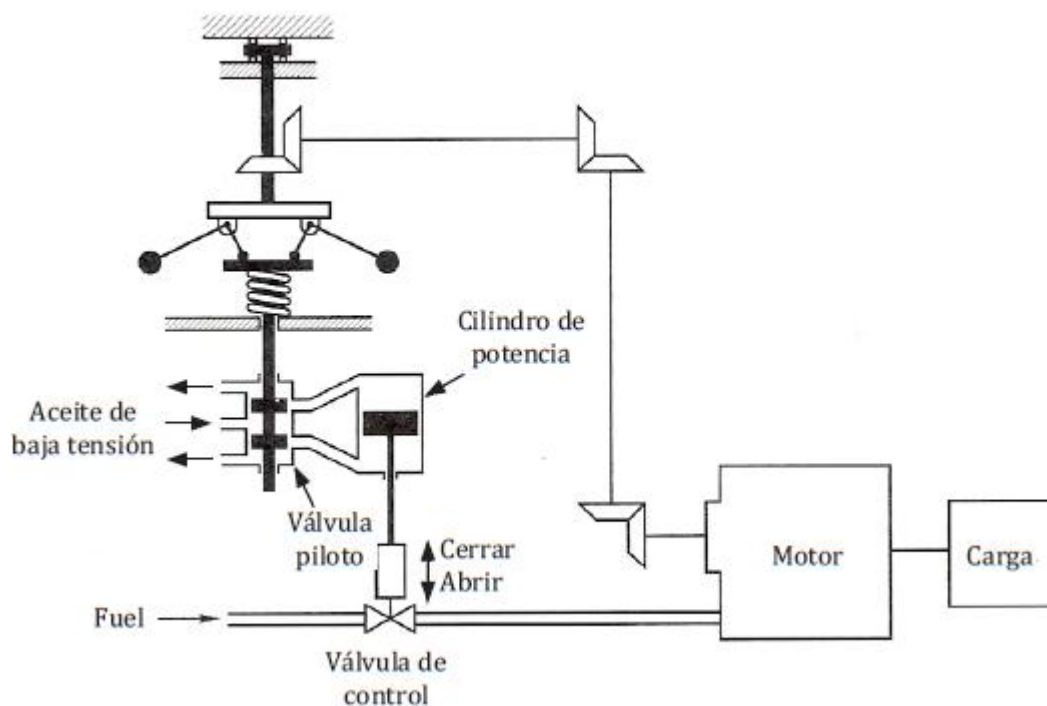


Ejemplos de sistemas de control

Sistema de control de velocidad

En el sistema de control de velocidad mostrado en la siguiente figura, desarrollado por James Watt, la cantidad de combustible que admite la máquina se ajusta de acuerdo con la diferencia de velocidad establecida como parámetro de operación (*Objetivo de Control*) y la velocidad real de la máquina. El funcionamiento se describe así: el regulador de velocidad se ajusta de manera que al alcanzar la velocidad deseada, no fluya aceite a presión a ningún lado del cilindro de potencia; si la velocidad real cae por debajo de la velocidad deseada debido a una perturbación, la disminución de la fuerza centrífuga del regulador de velocidad hace que la válvula de control se mueva hacia abajo, aportando más combustible y la velocidad del motor aumenta hasta alcanzar el valor deseado, así mismo, si la velocidad del motor aumenta por encima del valor deseado, el incremento de la fuerza centrífuga hace que la válvula de control se mueva hacia arriba, esto disminuye la entrega de combustible y la velocidad del motor disminuye hasta alcanzar el valor deseado. En este sistema la variable controlada (salida) es la velocidad del motor y el sistema de control es la máquina, y la entrada es el combustible.

Taller de Automatización

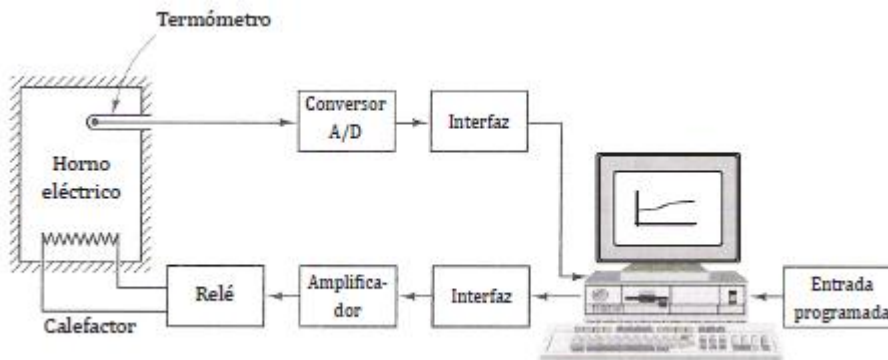


Sistemas de control de temperatura

En la Figura se muestra la arquitectura del sistema de control de temperatura de un horno eléctrico. La temperatura se mide con un termómetro, el cual es un dispositivo analógico, esta medición se convierte en datos digitales mediante un convertidor analógico-digital (convertidor A/D), este dato digital se introduce en el controlador a través de una interfaz, se compara con la temperatura programada o deseada y si hay una diferencia, el controlador (computador) envía una señal al calefactor a través de una interfaz, al amplificador y relé para que la temperatura disminuya o aumente según sea el caso, a la temperatura deseada. La salida del sistema es la temperatura, el controlador es el computador y la entrada es la señal del termómetro.



Taller de Automatización



Conceptos básicos de sistemas de control

Planta: se designa como planta a cualquier objeto físico que ha de ser controlado (como horno, reactor químico o un vehículo espacial). En forma más general, la planta es la instalación de un sistema destinada a realizar un proceso determinado.

Proceso: es una operación progresivamente continua, caracterizada por una serie de cambios graduales con tendencia a producir un resultado final de un objetivo determinado. En adelante, se entenderá por proceso cualquier operación que se vaya a controlar.

Sistema: es el conjunto de elementos interconectados y organizados en iteración dinámica operando con un objetivo determinado.

Entrada: se entiende como entrada o estímulo una señal de excitación que se aplica a un sistema de control. Las hay de referencia y de perturbación.

La referencia es aquella que se aplica a voluntad del usuario con el fin de encontrar una respuesta deseada.

La perturbación es una señal de entrada no deseada y no previsible que afecta adversamente el valor de la salida del sistema, éstas pueden tener origen interno (generada por la misma planta) o externo.

Salida: se define como la respuesta de un sistema a un estímulo dado (variable controlada).

Control: desde el punto de vista de ingeniería se define como la regulación en forma predeterminada de la energía suministrada al sistema, buscando un comportamiento deseado del mismo.

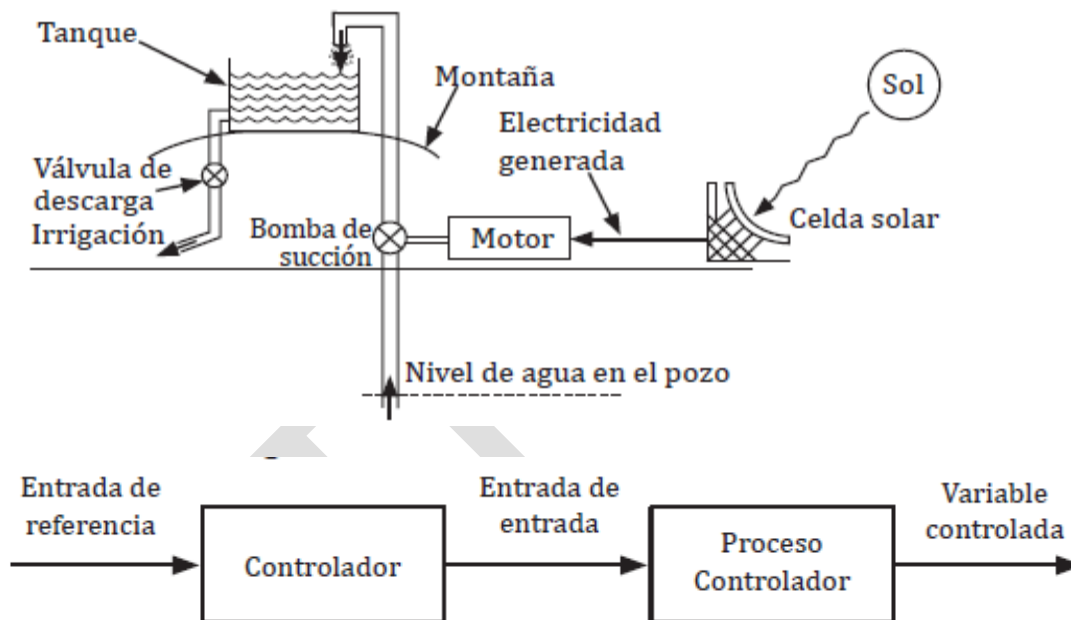
Tipos de sistemas de control



Taller de Automatización

Los tipos de sistemas de control más comunes son los sistemas de control a lazo abierto y los sistemas de control a lazo cerrado.

Sistema de control a lazo abierto: es aquel sistema de control en el que la salida no es afectada por la señal de entrada. La salida no se realimenta para compararla con la entrada. Los elementos de un sistema a lazo abierto usualmente están divididos en dos partes, el controlador y el proceso controlado.



Un ejemplo práctico es una lavadora automática; el remojo, el centrifugado y el lavado operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, la limpieza de la ropa. Otro ejemplo es el sistema de control de tráfico vehicular, éste está basado para operar sobre un tiempo fijado, pero no mide su respuesta que es el tráfico; sin embargo, los sistemas de control de tráfico modernos, computarizados, pueden considerarse de lazo cerrado: se ajustan de acuerdo al flujo de tráfico.

Sistema de control a lazo cerrado (control realimentado): en el sistema de control a lazo cerrado, el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, la cual representa

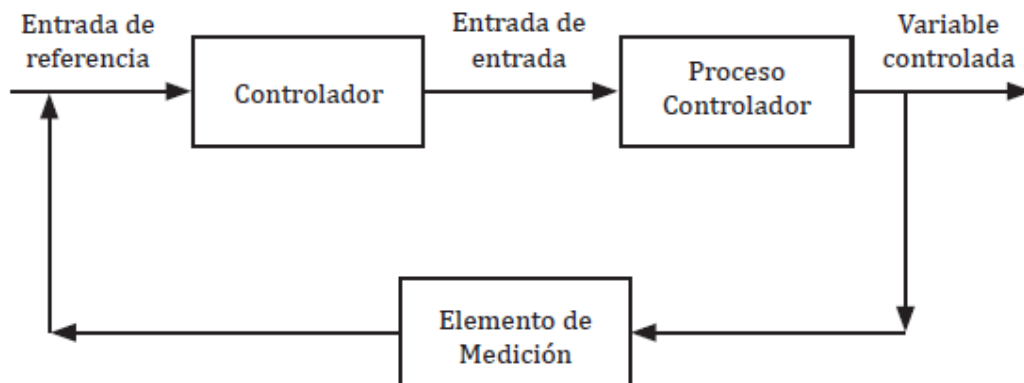


Taller de Automatización

la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

Una de las ventajas importantes que presenta este tipo de sistema de control es que se hace insensible a las perturbaciones y mantiene su exactitud; de la comparación de la señal realimentada y la señal de entrada resulta la señal de error, la que es minimizada con la acción de control. Sus principios son aplicables a sistemas que presentan perturbaciones o variaciones imprevisibles en los componentes del sistema.

Servomecanismo: es un sistema de control mecánico realimentado (lazo cerrado) que involucra partes en movimiento accionadas por un motor y cuya función es controlar posición, velocidad o aceleración mecánica.



Sistema de control a lazo cerrado.

Análisis de la realimentación

La realimentación simple. En un sistema realimentado, se caracteriza por el hecho de que la variable controlada sea temperatura, la velocidad o presión, entre otras variables, son medidas por un sensor y esta información medida es regresada al controlador que influye sobre la variable controlada. El principio es fácilmente ilustrado en un sistema de calefacción casero que no son muy comunes en el trópico, controlado por un termostato. Los componentes de



Taller de Automatización

este sistema y sus conexiones son ilustrados en la Figura, la cual identifica la mayor parte del sistema y muestra la dirección del flujo de información de un componente a otro.

Se realiza muy fácilmente un análisis cualitativo de la operación de este sistema. Supóngase que la temperatura de la casa donde está ubicado el termostato y la temperatura exterior está muy por debajo de la temperatura deseada, cuando se aplica la energía, el termostato estará en activo, transmitiendo energía a la válvula gas del horno o caldera que se abrirá, haciendo que se enciendan y que funcione el ventilador para que entre calor a la casa. Si el calentador (horno o caldera) está bien diseñado, la cantidad de calor en la entrada será mucho mayor que las pérdidas de calor y la temperatura del cuarto aumentará hasta exceder el punto de operación del termostato en una pequeña cantidad. En este momento se apagará la fuente de calor y la temperatura del cuarto tenderá a tomar el valor externo. Cuando ésta baja un grado o más por debajo del punto de operación del termostato, éste se activa de nuevo y el ciclo se repite manteniendo el cuarto dentro de un rango de temperatura deseada.

A partir de este ejemplo se pueden identificar los componentes genéricos de un sistema de control realimentado elemental, el cual se ilustra en la Figura.

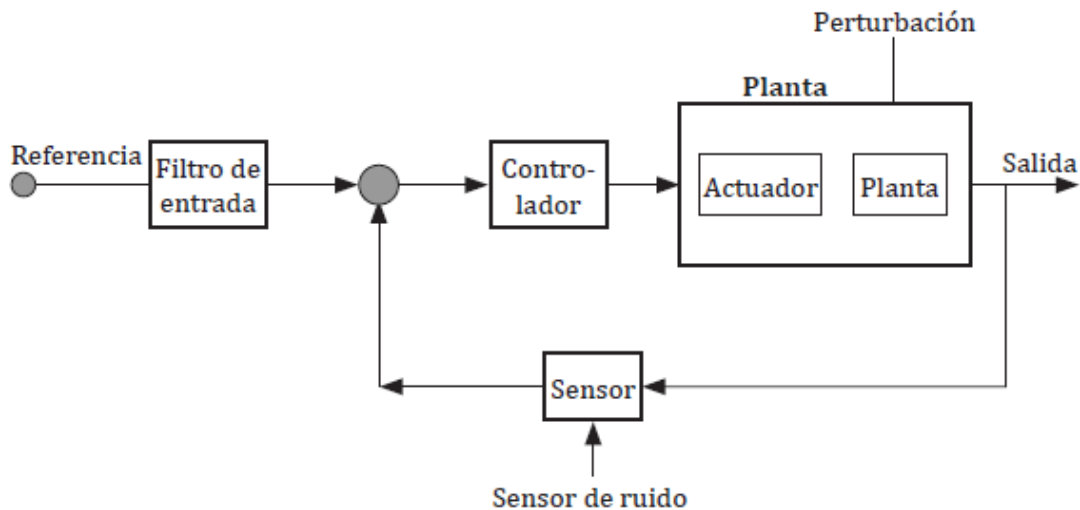


Diagrama de bloque de un sistema de control realimentado simple.

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 “Domingo Crespo”</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 69 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

El componente central es el proceso o planta, cuya variable será controlada. En nuestro ejemplo ilustrativo, la planta es el cuarto. La señal de salida es la temperatura en el cuarto y la señal de perturbación es el flujo de calor del cuarto debido a la conducción a través de las paredes a la temperatura exterior más baja (El flujo de calor depende del viento y las puertas abiertas, etc.). El actuador es el dispositivo que puede influir en el proceso, en nuestro caso es la caldera a gas.

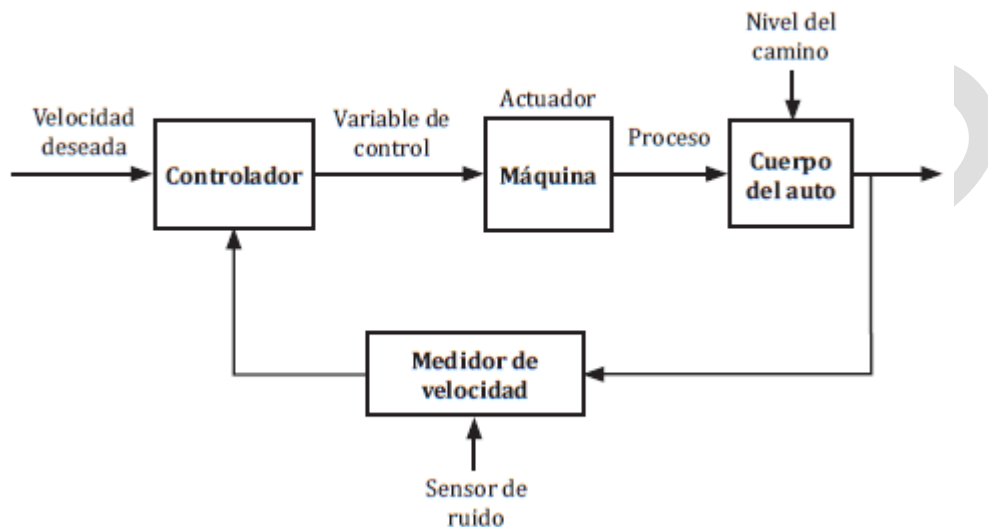
En realidad, el horno o caldera tiene una luz piloto, la cual implica usualmente retroalimentación, una válvula de gas, que también implica retroalimentación y un ventilador que con varios controles para el ciclo de operación de encendido y apagado sin realimentación basado en el hecho de la operación eficiente del sistema. Estos detalles se mencionan para ilustrar que muchos sistemas realimentados contienen componentes que forman ellos mismos otros sistemas realimentados. El componente que designamos termostato, son la referencia, sensores de salida y comparador (símbolo de adición). Para propósitos de control, hay que medir la variable de salida (temperatura del cuarto), medir la variable de referencia (temperatura deseada) y compararlas.

El valor de la realimentación puede ser demostrada fácilmente por un análisis cuantitativo de un modelo simplificado de un sistema, el control de la velocidad crucero de un automóvil mostrado en la Figura. El estudio de esta situación analíticamente necesita un modelo matemático de nuestro sistema en forma de un conjunto de relaciones cuantitativas también de variables.

En este ejemplo ignoramos la respuesta dinámica del automóvil y solo consideramos el comportamiento. Además, asumimos el rango de velocidad que será usado por el sistema, podemos considerarlo una relación lineal, luego de medir la velocidad del vehículo en un camino nivelado a 65 km/h , encontramos que el cambio de un grado en el ángulo de apertura (nuestra variable de control) causa un cambio de 10 km/h en la velocidad. Las observaciones realizadas mientras manejaba en la subida y bajada de una montaña, éstas arrojaron que cuando el grado de inclinación cambia en 1%, medimos un cambio de velocidad de 5 km/h . El medidor de velocidad operó con una exactitud de una fracción 1 km/h el cual era considerado muy exacto.



Taller de Automatización



Sistema de control de velocidad cruceo en un automóvil.

PLC- APLICACIONES PID

Variable de proceso, Set Point y Error.

La variable medida que se desea estabilizar (controlar) recibe el nombre de variable de proceso ("Process Value") y se abrevia Pv.

Un buen ejemplo de variable de proceso es la temperatura, la cual mide el instrumento controlador mediante una termocupla o una Pt100.

Otro ejemplo de una Pv puede ser un caudal (litros/minuto), este se mide mediante algún sensor y su transductor adecuado que entreguen una señal de 4 a 20mA proporcional al caudal. La corriente 4 a 20mA entra al controlador en donde se reescala a las unidades originales de la Pv.

Ejemplos adicionales de Pv pueden ser velocidad, presión, humedad, etc cada una de las cuales se mide con el sensor apropiado y se convierten comúnmente a 4...20mA para ingresar al control.



Taller de Automatización

En adelante durante todo este tutorial se usará la temperatura como ejemplo de P_v por ser lo más intuitivo.

Esto no hace perder generalidad, pues todo lo que se hable sobre temperatura y hornos es perfectamente análogo a sistemas de control de velocidad, presión, etc.

El valor prefijado S_p ("Set Point"), es el valor deseado de la variable de proceso, es el valor al cual el control se debe encargar de mantener la P_v . Por ejemplo en un horno la temperatura actual es $155\text{ }^\circ\text{C}$ y el controlador esta programado de modo de llevar la temperatura a $200\text{ }^\circ\text{C}$.

Luego

$$P_v = 155$$

$$S_p = 200$$

Se define error E como la diferencia entre la variable de proceso P_v y el set point S_p ,

$$E = (S_p - P_v)$$

En el ejemplo anterior

$$E = (S_p - P_v) = (200 - 155) = 45$$

Recuerde que el error será positivo cuando la temperatura sea menor que el set point, $P_v < S_p$.

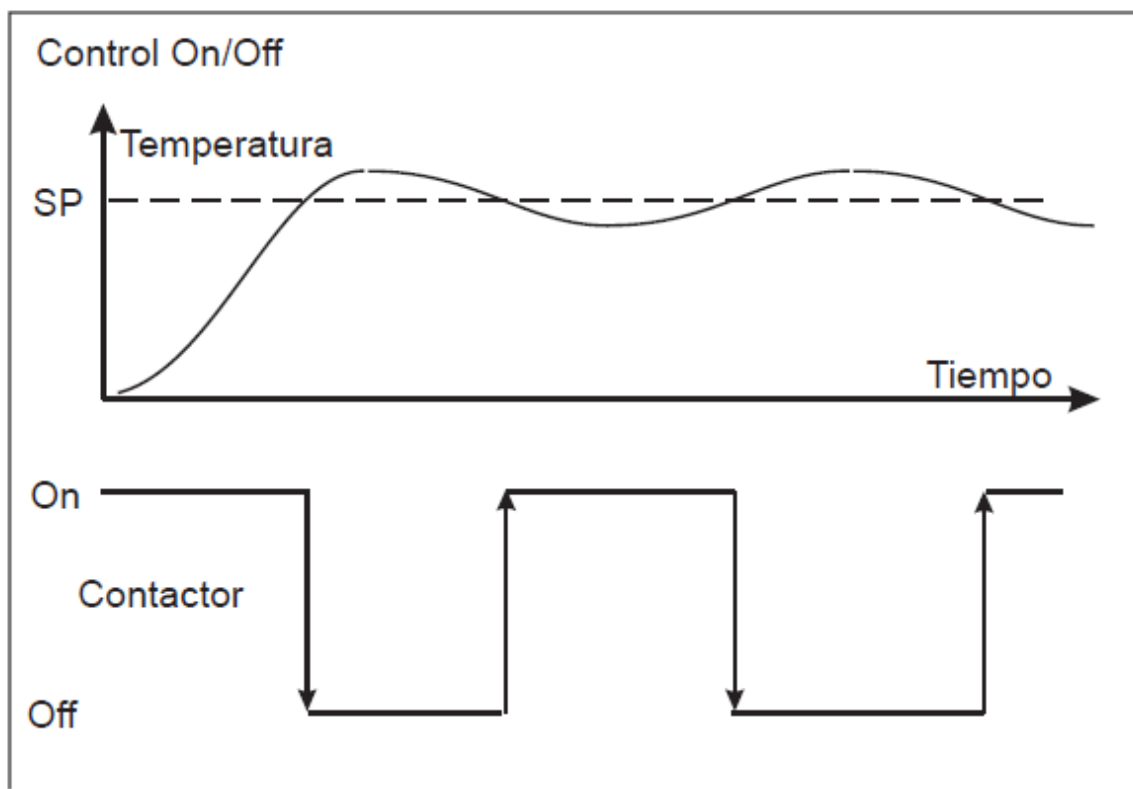
Control On/Off.

Tomemos por ejemplo, el caso de un horno eléctrico. La temperatura aumenta al activar las resistencias calentadoras mediante un contactor, gobernado a su vez por un relé dentro del controlador.

El modo de control ON/OFF es lo más elemental y consiste en activar el mando de calentamiento cuando la temperatura está por debajo de la temperatura deseada S_p y luego desactivarlo cuando la temperatura esté por arriba.



Taller de Automatización



Inevitablemente debido a la inercia térmica del horno y los tiempos de propagación internos, la temperatura estará continuamente fluctuando alrededor del Sp.

La inercia térmica es consecuencia de la masa caliente dentro del horno la que acumula calor y retarda su calentamiento y enfriamiento.

También colabora a la amplitud de las oscilaciones el retardo en la propagación del calor en el interior del horno desde la resistencia calentadora hasta el sensor de temperatura.

No es difícil imaginar que las fluctuaciones aumentarán cuanto mayor sea la inercia térmica del horno (retardo).



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 73 DE:134

Taller de Automatización

Evidentemente este algoritmo de control no es el más adecuado cuando se desea una temperatura constante y uniforme, pero tiene la ventaja de provocar poco desgaste en los contactores electromecánicos, pues estos se activan y desactivan lo mínimo necesario.

Incluso para reducir aún más el desgaste a veces se efectúa un control ON/OFF con histéresis, es decir que el mando de calentamiento se activa unos pocos grados por arriba del S_p y se desactiva unos grados por abajo del S_p , provocando por supuesto una mayor fluctuación de la temperatura pero menor funcionamiento de los contactores.

El control ON/OFF con histéresis se usa generalmente en cámaras frigoríficas donde la temperatura debe estar dentro de un rango y se desea activar y desactivar lo menos posible los motores del sistema de refrigeración

PWM y tiempo de ciclo.

Para poder controlar la temperatura con menos fluctuaciones, se debe poder entregar al horno una potencia gradual, en la medida requerida para mantenerlo a la temperatura deseada .

En el ejemplo anterior del control On/Off, el relé del mando de calentamiento estará activado 100%, entregando el máximo de potencia al horno o bien desactivado sin entregar potencia 0%.

El controlador proporcional entrega una potencia que varía en forma gradual entre 0 y 100% según se requiera y en forma proporcional al error

$$E = (S_p - P_v)$$

Lo más natural para entregar una potencia que varia de 0% a 100% en forma continua seria usar un horno a petróleo o gas y que el control module la potencia mediante la llave de paso del combustible.

La llave cerrada seria 0% de potencia y la llave totalmente abierta seria 100%.

El problema es que una válvula motorizada (gobernada mediante una señal 4..20mA) es costosa y solo se amerita en aplicaciones que así lo requieran.

Afortunadamente es posible modular de 0% a 100% la potencia que recibe un horno eléctrico mediante el mismo contactor que se usaría para un control on/off.

La idea es modular el tiempo de activación del contactor durante un lapso de tiempo fijo t_c , llamado "tiempo de ciclo", menor al tiempo característico de



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 “Domingo Crespo”**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 74 DE:134

Taller de Automatización

respuesta del horno de modo que el horno reciba finalmente un promedio de la potencia.

Para ilustrar esta técnica conocida como modulación por ancho de pulso PWM (Pulse Width Modulation) recurrimos al siguiente ejemplo:

Suponiendo que un horno tiene una gran inercia térmica tal que tarda varios segundos en reaccionar subiendo la temperatura.

Al aplicarle pulsos de calentamiento periódicamente cada 4 segundos, modulados en duración, el horno experimentará un calentamiento proporcional al promedio de tiempo que ha estado activado, sin que su temperatura siga las fluctuaciones de 4 segundos con que se aplica la potencia.

Supongamos que nuestro horno funciona con un calefactor de 1000W, si se requiere una potencia de 500W, equivalente a 50% del total, entonces el relé se activa 2 segundos y desactiva otros 2, para luego empezar otro ciclo.

El efecto neto será que el horno recibe 50% de la potencia pero la temperatura no fluctúa al ritmo del “tiempo de ciclo” pues el horno no alcanza a responder a ciclos tan rápidos.

Siguiendo con el ejemplo, si hace falta 250W, es decir 25% de la potencia basta con tener el relé 1 segundo activado y 3 segundos desactivado.

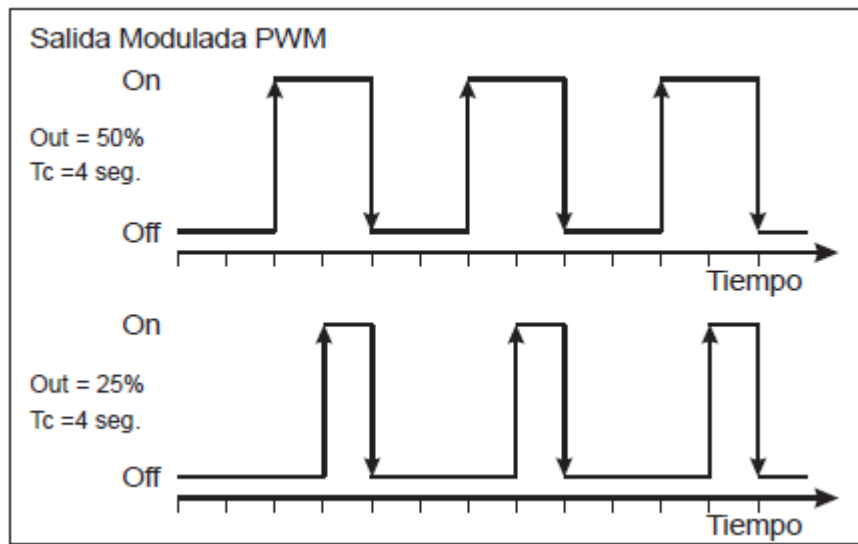
Para sistemas típicos el “tiempo de ciclo” se ajusta entre 1 y 200 segundos según sea el caso.

A mayor “tiempo de ciclo”, menos desgaste de los contactores, pero siempre tiene que ser inferior al tiempo característico del sistema.

La práctica recomendada es usar un tiempo de ciclo inferior a la mitad del tiempo característico del sistema, el cual más adelante se verá como determinar.



Taller de Automatización



Control Proporcional.

Ya se mencionó que el controlador proporcional entrega una potencia que varía en forma proporcional al error

$$E = (Sp - Pv)$$

Para poner en marcha un controlador proporcional se deben fijar los siguientes parámetros:

- la temperatura deseada Sp , por ej. $Sp = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- la banda proporcional Pb , por ej. $Pb = 10\%$.
- el tiempo de ciclo tc , por ej. $tc = 4\text{ seg.}$

Por supuesto no hace falta definir el tiempo de ciclo si se va a usar una válvula motorizada como mecanismo de control.

La banda proporcional Pb se programa en el controlador como un porcentaje del Sp . Corresponde a una banda de temperatura situada por debajo del Sp a lo largo de la cual, la potencia de salida variará proporcionalmente al error, disminuyendo cuanto más cercana sea la temperatura al Sp .

Internamente el controlador realizará el cálculo del porcentaje de salida "Out" mediante la siguiente fórmula:

$$[100\% *]$$



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 76 DE:134

Taller de Automatización

banda

E

Out =

con

$$E = (Sp - Pv)$$

Sp

Pb

*banda **

100%

=

El paréntesis cuadrado [] se usa para indicar saturación, es decir que si al evaluar el interior, resulta mayor de 100%, se deja en 100% y si resulta 0 o negativo, se deja en 0%.

Para los valores del ejemplo $Sp=200^{\circ}\text{C}$ y $Pb=10\%$, la potencia determinada por el control variará a lo largo 20°C abajo del Sp .

$$\text{banda} = (Pb * Sp / 100\%) = 10\% * 200\text{C} / 100\% = 20\text{C}$$

Es decir que la banda a lo largo de la cual variará gradualmente la potencia será: $180^{\circ}\text{C} \dots 200^{\circ}\text{C}$.

Por ejemplo si la temperatura del horno es igual o menor de 180°C , la salida de control (potencia) será 100%.

Cuando la temperatura esté en la mitad de la banda, es decir en 190°C la salida será 50% :



Taller de Automatización

$$Out = [100\% * \frac{(200 - 190)}{(10 * 20/100)}] = 50\%$$

Al llegar la temperatura a 200 °C la salida será 0% ∴

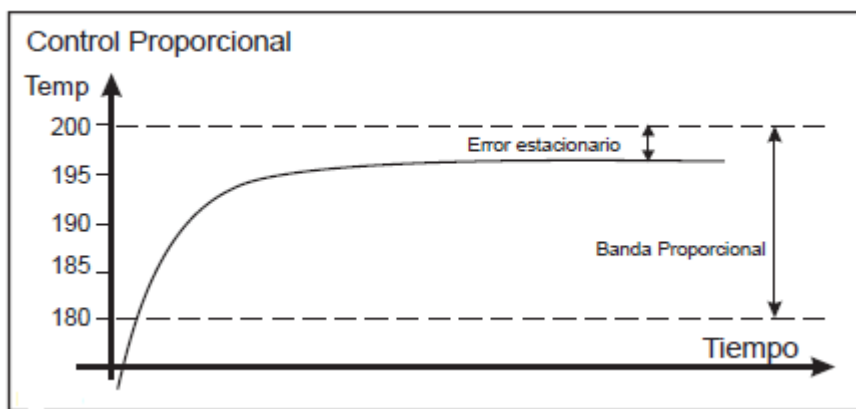
$$Out = [100\% * \frac{(200 - 200)}{(10 * 20/100)}] = 0\%$$

Tabla 1		Sp = 200 °C , Pb =10%
Pv (Temperatura)	Error = Sp-Pv	Out=100%*E/20
C	C	%
210	-10	0
202	-2	0
200	0	0
199	1	5
198	2	10
195	5	25
190	10	50
185	15	75
182	18	90
181	19	95
180	20	100
170	30	100
110	90	100

En el siguiente gráfico de temperatura vs. tiempo se observa el comportamiento típico de un control proporcional.



Taller de Automatización



Es posible imaginar un control On/Off como uno proporcional con $P_b = 0\%$, pues cuando la temperatura está arriba del S_p ($E < 0$) la salida es 0% y cuando la temperatura está abajo del S_p ($E > 0$) es 100% . Por lo tanto es importante tener presente que mientras menor sea la banda proporcional, el control proporcional se comportará más parecido al On/Off, es decir tenderá a presentar oscilaciones alrededor del S_p .

Error estacionario

El control proporcional presenta el problema que la temperatura jamás se estabilizará justo en el valor del S_p .

En la práctica se estaciona siempre en un punto dentro de la banda proporcional, produciendo así el "error estacionario".

La razón es fácil de entender recurriendo a nuestro ejemplo. Supongamos que la temperatura se estacionará en 200°C en forma estable y permanente, entonces la salida sería 0% .

Pero siempre es necesario suministrarle al horno algo de potencia, por lo menos cómo para compensar las pérdidas de calor al medio ambiente o calor contenido en el material que sale del horno.

Es evidentemente imposible que el horno se mantenga a 200°C con los calefactores permanentemente apagados.

Luego la temperatura tiene que descender un poco, lo suficiente para que la



Taller de Automatización

potencia de suministrada por los calefactores sea igual a las pérdidas de energía del horno (energía que sale del horno).

Supongamos que para nuestro horno las pérdidas son tales que hace falta 25% de la potencia de los calefactores para mantener la temperatura alrededor del S_p .

Luego la temperatura se estacionará establemente a 195°C , pues para esa temperatura la salida es 25% (ver Tabla 1).

El valor del error en este punto, 5°C , se le llama error estacionario.

El error estacionario se puede reducir disminuyendo la banda proporcional.

En nuestro ejemplo de horno usando ahora $P_b = 5\%$, la temperatura para tener $Out = 25\%$ es 197.5°C .

$$Out = [100\% * \frac{E}{banda}] = [100\% * \frac{(S_p - P_v)}{(P_b * S_p / 100\%)}] =$$

$$Out = [100\% * \frac{(200 - 197.5)}{(5 * 200 / 100)}] = 25\%$$

Pero reducir mucho la banda proporcional volverá oscilatorio nuestro sistema (más parecido a un On/Off), luego existe un límite inferior para seguir reduciendo la banda proporcional y siempre habrá algo de error estacionario. En particular en los hornos que poseen mucha inercia térmica (mucho tiempo de retardo) se pueden presentar oscilaciones de la temperatura que solamente se podrán eliminar aumentando la banda proporcional y con ella aumentará el error estacionario.

Otro problema generado al aumentar la banda proporcional para eliminar las oscilaciones, es que el control pierde efectividad para responder rápidamente a perturbaciones externas (variaciones de la carga del horno, apertura de una puerta, etc)

Para mejorar la respuesta a transientes del control se utiliza un control proporcional derivativo.



Taller de Automatización

NIVEL 2

Internamente el controlador realiza el cálculo del porcentaje de salida "Out" mediante la siguiente fórmula

$$Out = [100\% * \frac{E}{banda}]$$

$$E = (Sp - Pv)$$

$$banda = \frac{Pb}{100\%} * Sp$$

El paréntesis [] se usa para indicar saturación, es decir que si al evaluar el interior, resulta mayor de 100%, se deja en 100% y si resulta negativo, se deja en 0%.

La misma fórmula se puede reescribir en términos de la ganancia proporcional como:

$$Out = [100\% * Kp * E]$$

$$Kp = \frac{1}{banda} = \frac{100\%}{Pb} * \frac{1}{Sp}$$

Donde la constante Kp se conoce como ganancia proporcional del control y es inversamente proporcional a Pb.

En el control On/Off, se podría decir que Kp sería muy grande, tendiendo a infinito.

Ejercicios:

1) Un control proporcional tiene programado:

Sp = 500

Pb = 5%.

Si Pv = 490 cual será el valor de la salida de control.?

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="center">HOJA: 81 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

Respuesta: Out = 40%.

2) Un control proporcional de temperatura tiene programado:

$S_p = 300^{\circ}\text{C}$

$P_b = 20\%$.

A que temperatura la salida de control será 50%?

Respuesta: $P_v = 270^{\circ}\text{C}$.

3) Un horno con control proporcional de temperatura tiene programado:

$S_p = 800^{\circ}\text{C}$

$P_b = 10\%$.

El sistema está estable con una temperatura pareja de 760°C .

a) Cual es el error estacionario?

b) Al colocar $P_b = 5\%$, cual será la temperatura aproximada a la que estabilizará el horno. ?

Respuesta: a) 40°C , b) 780°C

Control Proporcional Derivativo PD.

Un control PD es uno proporcional al que se le agrega la capacidad de considerar también la velocidad de la temperatura en el tiempo.

De esta forma se puede "adelantar" la acción de control del mando de salida para obtener así una temperatura más estable.

Si la temperatura está por debajo del S_p , pero subiendo muy rápidamente y se va a pasar de largo el S_p , entonces el control se adelanta y disminuye la potencia de los calefactores.

Al revés si la temperatura es mayor que el S_p , la salida debería ser 0% pero si el control estima que la temperatura cae muy rápido y se va pasar para abajo del S_p , entonces coloca algo de potencia para ir frenando el descenso brusco. La acción derivativa es llamada a veces "rate action" por algunos fabricantes de controles porque considera la "razón de cambio" de la temperatura.

Para entender a fondo el control PD usaremos el mismo ejemplo anterior del horno pero agregamos ahora un nuevo parámetro llamado constante derivativa D, medido en segundos.

Internamente el controlador realizará ahora el cálculo:



Taller de Automatización

$$Out = [100\% * \frac{(E - D * Vel)}{banda}]$$

$$banda = (Pb / 100\%) * Sp$$

Donde "Vel" es la velocidad de la temperatura medida por el controlador, en °C/seg.

Para este ejemplo fijamos D = 5 seg. Igual que antes Sp=200 °C y Pb=10%. Supongamos que en un momento dado, la temperatura del horno es de 185°C y está subiendo a una velocidad Vel = 2 °C/Seg..

En un control proporcional la salida debería ser de 75%.

$$Out = [100\% * \frac{(E)}{banda}] = [100\% * \frac{15C}{20C}] = 75\%$$

Pero en este caso el control PD toma en cuenta la velocidad de ascenso de la temperatura y la multiplica por la constante derivativa D y obtiene :

$$Out = [100\% * \frac{(E - D * Vel)}{banda}] = [100\% * \frac{15C - 5seg * 2C / seg}{20C}] = 25\%$$

entonces a pesar que la temperatura actual es 185 °C, la salida es 25% en vez de 75%, al considerar la velocidad de ascenso de la temperatura.

La acción derivativa ocurre también fuera de la banda proporcional, en la Tabla 2 se puede ver que para esta misma velocidad de ascenso de 2 °C/seg, la salida deja de ser 100% a partir de 170°C.



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 83 DE:134

Taller de Automatización

$$Out = \left[100\% * \frac{(E - D * Vel)}{banda} \right] = \left[100\% * \frac{(200 - 170)C - 5seg * 2C / seg}{20C} \right]$$

$$Out = \left[100\% * \frac{20C}{20C} \right] = 100\%$$

De la misma forma si la temperatura está sobre 200 °C pero descendiendo rápidamente, (velocidad negativa) por ejemplo -1°C/seg, entonces el control activará antes y con mayor potencia la salida intentando que no baje de 200 °C. En la tabla se observan las potencias a distintas temperaturas para 3 casos: control proporcional, control PD con velocidad positiva y el mismo control PD con una velocidad negativa.

El control PD permite obtener un control mas estable, sin oscilaciones y sin necesidad de sacrificar la respuesta ante perturbaciones aumentando la banda proporcional.



**Escuela de Educación Técnico
 Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
 Equipos e instalaciones
 Electromecánicas**

HOJA: 84 DE:134

Taller de Automatización

TABLA SP = 200°C , Pb = 10%			
Control	P	PD	PD
		D = 5seg	D = 5 seg
		Vel = 2 C/seg	Vel = -1C/seg
	$[100\% * \frac{E}{20}]$	$[100\% * \frac{E - 5 * 2 / seg}{20}]$	$[100\% * \frac{E + 5 * 1 / seg}{20}]$
Pv	Out	Out	Out
204	0%	0%	5%
201	0%	0%	20%
200	0%	0%	25%
199	5%	0%	30%
198	10%	0%	35%
195	25%	0%	50%
190	50%	0%	75%
185	75%	25%	100%
182	90%	40%	100%
181	95%	45%	100%
180	100%	50%	100%
171	100%	95%	100%
170	100%	100%	100%



Taller de Automatización

NIVEL 2

Dado que el S_p es constante, la velocidad del error es:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d(S_p - P_v)}{dt} = -\frac{dP_v}{dt}$$

Luego la ecuación para el control PD se puede escribir:

$$Out = [100\% \cdot K_p \cdot (E + K_d \cdot \frac{dE}{dt})]$$

Donde $K_d = D$ es la ganancia derivativa y

$$K_p = \frac{100\% \cdot 1}{P_b \cdot S_p}$$

Se puede retirar los paréntesis [] y el 100%, sin olvidar que en la práctica hay saturación de la salida.

$$Out = K_p \cdot (E + K_d \cdot \frac{dE}{dt})$$

Ejercicios:

1) Un control PD tiene programado:

$S_p = 500$,

$P_b = 5\%$

$D = 10$ seg..

Si P_v va en aumento de forma que incrementa 30 unidades cada minuto.

En el instante que P_v pase por 490, cual será el valor de la salida de control.?

Respuesta: $Out = 20\%$.



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 86 DE:134

Taller de Automatización

2) Un control PD tiene programado:

$S_p=500$,

$P_b=5\%$

$D=10$ seg..

Si P_v es superior a S_p y va en descenso 90 unidades cada minuto.

En el instante que P_v sea 505, cual será el valor de la salida de control.?

Respuesta: $Out=40\%$.

Control Proporcional Integral PI.

Retomaremos ahora el problema inconcluso del "error estacionario" tratado en la sección dedicada al control proporcional.

Para ello continuaremos utilizando el mismo ejemplo de nuestro horno a 200°C con $P_b=10\%$, estacionado a 195°C para entregar 25% de potencia.

Una forma de eliminar el error estacionario podría ser aumentando, mediante algún ajuste manual, un 25% la salida del control de modo que se estacione en 200°C .

Algunos controles antiguos permitían este ajuste y era llamado "Manual reset" o "Ajuste manual", el problema con este ajuste es que será efectivo mientras el horno esté con las mismas características que cuando se realizó.

Por ejemplo, si por alguna razón las pérdidas del horno disminuyen a 20%, la temperatura subirá por arriba de 200°C creando un error por arriba del S_p .

La forma efectiva de solucionar el problema del error estacionario es agregando al control proporcional el termino "Integral" llamado también a veces "automatic reset" o "reset action", nosotros lo llamaremos "acción integral".

El control será el mismo proporcional, pero a la salida se le suma la acción integral, que la corrige tomando en cuenta la magnitud del error y el tiempo que este ha permanecido.

Para ello se le programa al control una constante I , que es formalmente "la cantidad de veces que aumenta la acción proporcional por segundo".

La salida se corrige en una cantidad equivalente a la integral del error multiplicada por I .

Si parece complicado, es porque en realidad lo es un poco. Recurriendo a una analogía de un "saco" se podrá entender cómo opera la acción integral.



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 87 DE:134

Taller de Automatización

La integral del error es simplemente la suma acumulada de los errores medidos por el control cada segundo.

Es como un saco al cual se le va metiendo o acumulando cada segundo una cantidad equivalente al error medido en ese segundo.

Si existe un error de 5°C, entonces el saco va creciendo, aumentando su tamaño cada segundo en una cantidad de 5.

Si el error es 0°C, entonces nada se le agrega al saco y este permanece en el mismo tamaño.

Pero si existe un error negativo, por ejemplo T=202 °C , entonces se le sacará 2 al saco cada segundo que permanezca este error y el tamaño del saco irá disminuyendo.

La idea es que la salida del control será la misma que en un control proporcional mas la magnitud del saco multiplicada por la constante I Internamente el control PI realiza el cálculo con la siguiente fórmula:

$$Out = [100\% * \frac{E + I \cdot (EAcumulado)}{banda}]$$

$$E = (Sp - Pv)$$

$$banda = (Pb / 100\%) * Sp$$

Donde EAcumulado es el error acumulado o "integral del error" o simplemente nuestro saco.

Veamos en la Tabla que ocurre al horno con una acción integral



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 88 DE:134

Taller de Automatización

$I = 0.04/\text{seg.}$
 $Sp=200^{\circ}\text{C,}$
 $Pb=10\%.$

TABLA $SP = 200^{\circ}\text{C, } Pb = 10\%, I = 0.04\text{seg}$				
Tiempo	Pv	E	EAcumulado	$[100\% * \frac{E + I \cdot EAcumulado}{20}]$
Seg	C	C	C	%
0	195	5	0	25%
1	195	5	5	26%
2	195	5	10	27%
3	195	5	15	28%
4	195	5	20	29%
5	196	5	25	30%
6	196	4	29	25.8%
7	196	4	33	26.6%
8	196	4	37	27.4%
9	196	4	41	28.2%
10	196	4	45	29%
11	197	3	48	24.6%
12	197	3	51	25.2%
13	197	3	54	25.8%
14	197	3	57	26.4%
15	198	2	59	21.8%
16	198	2	61	22.2%
17	198	2	63	22.6%
....
Xx	200	0	125	25%

Con la temperatura estacionada en 195°C (por efecto de las pérdidas estimadas en 25%) a partir del tiempo 1, se activa la acción integral, desde ese momento cada segundo el saco aumenta en 5°C .

En ese primer segundo el acumulado es 0 y se le agrega 5C con lo que la potencia de salida aumentará 1%, de 25% a 26% .



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 89 DE:134

Taller de Automatización

$$Out = [100\% * \frac{E + I \cdot (EAcumulado)}{banda}] = [100\% * \frac{5 + 0.04 \cdot (5 + 0)}{20}] = 26\%$$

En el segundo 6 el aumento de potencia de salida habra forzado el alza de la temperatura y así la reducción del error a 4°C.

El alza de la potencia de salida continua pero más lenta, ya que el Error es menor .

El proceso continua de la misma forma aumentando el tamaño del saco hasta que en algún momento el error sea definitivamente eliminado, pues solo en ese momento se detendrá el incremento de la potencia de salida.

Entonces será el saco (la integral) quien supla el "ajuste" de la potencia necesaria para mantener el horno a 200°C.

Por muy pequeño que sea el valor programado de **I**, siempre corregirá el error estacionario, pero tardará más tiempo en hacerlo.

Al revés si se programa un valor excesivo de **I**, entonces la acción integral tendrá mucha fuerza en la salida y el sistema alcanzará rápidamente el Sp, pero lo más probable es que siga de largo por efectos de la inercia térmica.

Entonces la acción integral (con error negativo) será en sentido contrario, el saco irá disminuyendo rápidamente con la magnitud del error.

Como consecuencia habrá una excesiva disminución de la potencia de salida y la temperatura probablemente baje del Sp, entrando así el sistema en un ciclo oscilatorio.

En la práctica normalmente **I** deberá ser grande solo en sistemas que reaccionan rápidamente, (por ejemplo controles de velocidad de motores) y pequeño para sistemas lentos con mucha inercia. (Por ejemplo hornos)

En general los valores de la constante **I** son relativamente pequeños, para la mayoría de los sistemas el valor adecuado de **I** varia entre 0 y 0.08 1/seg..

Por ese motivo en los controles Arian el parámetro **I** se programa multiplicado por 10000.

Es decir que para tener una acción integral de 0.01/seg, se programa

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 90 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

$$I = 0.01 * 10000 = 100.$$

Control Proporcional Integral Derivativo PID.

A estas alturas el lector ya debe intuir que un control PID es un controlador proporcional con acción derivativa y acción integral superpuestas.

Así mismo el lector ya debe estar preguntando cómo elegir los valores de los parámetros P_b , D , I , t_c que debe introducir en su controlador PID.

Existe un conjunto de valores P_b , D , I que darán el rendimiento óptimo y encontrarlos requiere: conocimientos teóricos, habilidad obtenida mediante la experiencia y suerte.

Pero en la práctica cualquier conjunto de valores cercano al óptimo brindará un rendimiento aceptable y probablemente casi igual al óptimo.

Por este motivo los controles ARIAN admiten estos parámetros no en forma continua, si no como 16 valores discretos para cada uno.

Además afortunadamente existen un par de métodos experimentales para encontrar una aproximación de estos parámetros. (los que están descritos en el documento)

Se dice que un sistema y su controlador tienen un comportamiento inestable cuando después de un tiempo razonable de funcionamiento y sin ocurrir perturbaciones externas, la temperatura permanece fluctuando en forma oscilatoria ya sea con un período regular o errático.

Este sería por ejemplo el caso de un control On/Off o uno proporcional con P_b muy chico.

Por otra parte un comportamiento estable es tal que la temperatura se mantiene en un valor constante mientras no ocurran perturbaciones externas.

Siempre se busca que el sistema de control sea estable, pero además, dentro de las condiciones de estabilidad existen 3 tipos de comportamiento bien definidos: control sub amortiguado, control con amortiguamiento crítico y control sobreamortiguado.

En las figuras se muestran ejemplos de estos comportamientos. En cada uno de estos casos varía la velocidad de respuesta del sistema ante perturbaciones y a la vez la propensión a tener comportamiento inestable u oscilatorio.

El sistema sobreamortiguado tiene una velocidad de respuesta lenta, después que ocurra una perturbación, el sistema puede tardar en volver al S_p , pero la

	<p align="center">Escuela de Educación Técnico Profesional N° 285 "Domingo Crespo"</p> <p align="center">Modalidad Técnico Profesional - Equipos e instalaciones Electromecánicas</p>	<p align="right">HOJA: 91 DE:134</p>
<p align="center">Taller de Automatización</p>		

ventaja es que el sistema es muy estable y no adquiere comportamientos oscilatorios indeseables.

Esta condición tiende a ocurrir cuando la banda proporcional P_b es más grande de lo necesario. También puede deberse a una constante derivativa D muy grandes, basta acordarse que la acción derivativa tiende a frenar la temperatura.

En el otro extremo, cuando un sistema se comporta de modo subamortiguado la velocidad de respuesta es muy buena pero pueden ocurrir varias oscilaciones de cierta amplitud antes que la temperatura llegue a un valor estable.

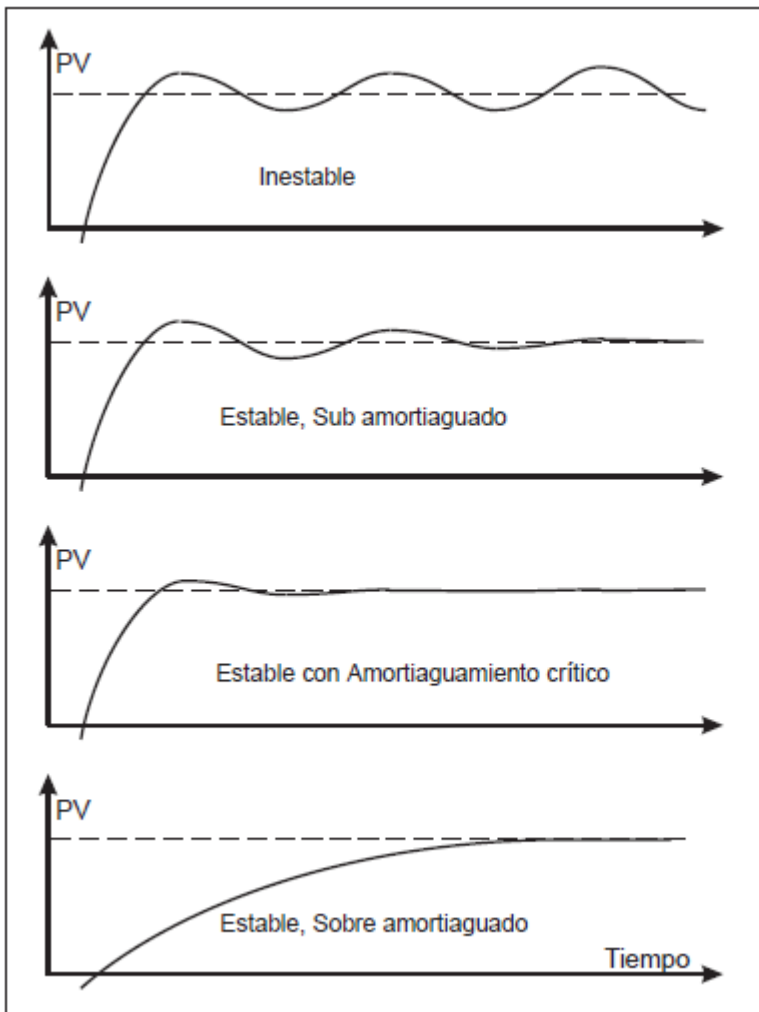
Suele ocurrir esta condición cuando la banda proporcional P_b es pequeña, la constante derivativa D chica y la constante de integración I grande.

El justo medio entre las condiciones anteriores es el amortiguamiento crítico. A esta condición corresponde los valores óptimos de los parámetros P_b , D , I .

En este caso el sistema es bastante estable y la velocidad de respuesta es la mejor que se puede lograr.



Taller de Automatización



NOTA: ESTE ÚLTIMO TEMA FUE TOMADO EN BASE A CONTROLADORES ARIAN.



Taller de Automatización

NOCIONES BÁSICAS DE NEUMÁTICA

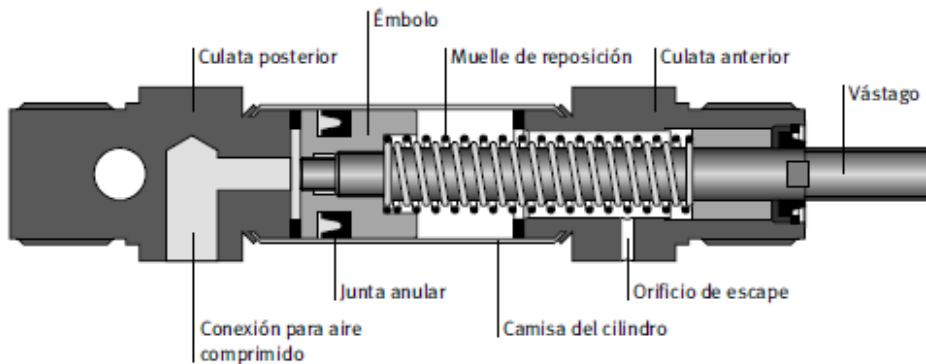
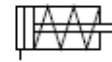
Cilindros de simple efecto

El cilindro de simple efecto recibe aire a presión sólo en un lado.

La descarga de aire tiene lugar por el lado opuesto.

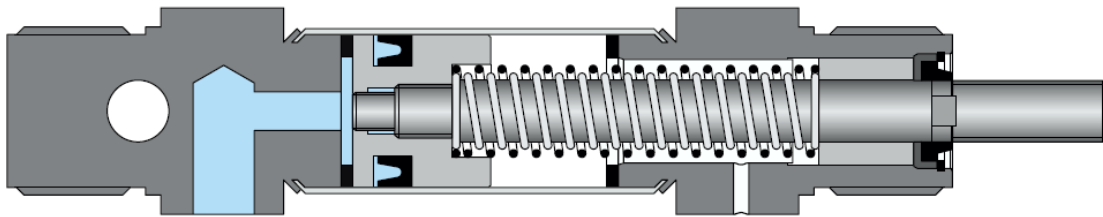
Los cilindros de simple efecto sólo pueden ejecutar el trabajo en el sentido de avance o en el de retroceso (según la versión).

El retroceso (o el avance) del vástago tiene lugar por medio de la fuerza de un muelle incluido en el cilindro o se produce por efecto de una fuerza externa.





Taller de Automatización

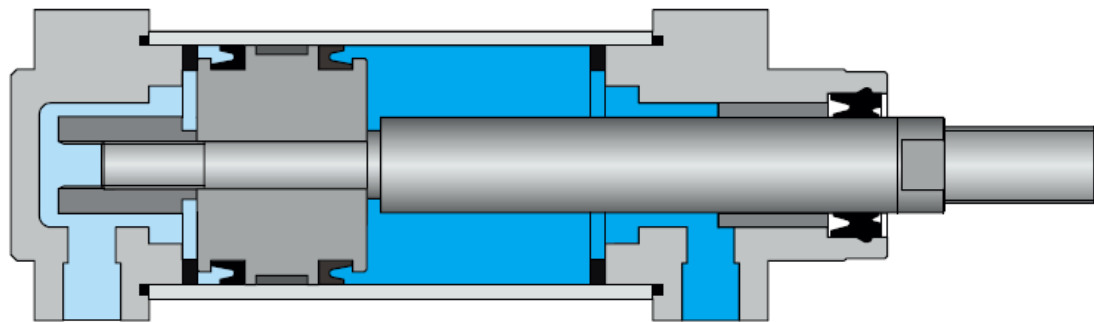
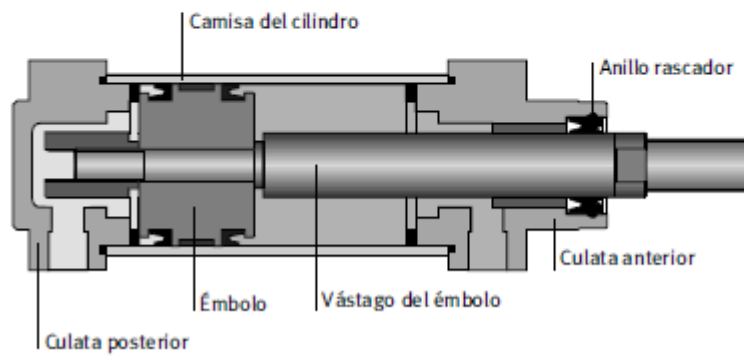


Cilindros de doble efecto

El cilindro de doble efecto es accionado en ambos sentidos por aire a presión.
El cilindro de doble efecto puede ejecutar trabajos en ambos sentidos de movimiento.
En los cilindros de vástago simple, la fuerza ejercida sobre el émbolo es algo mayor
en el movimiento de avance que en el de retroceso.



Taller de Automatización



Válvulas de cierre, de caudal y de presión

Las válvulas de cierre bloquean, estrangulan o modifican el paso del aire. Existen diferentes clases de válvulas:

- _ Válvula de antirretorno
- _ Válvula selectora (función O)
- _ Válvula de simultaneidad (función Y)



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 96 DE:134

Taller de Automatización

- _ Válvula de estrangulación y retención
- _ Válvula de escape rápido

Las válvulas de presión influyen en la presión, o bien son accionadas por medio de la presión. Existen diferentes clases de válvulas:

- _ Válvula reguladora de presión
- _ Válvula limitadora de presión
- _ Válvula de secuencia

Flecha oblicua- la válvula es ajustable

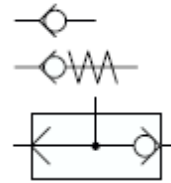


Taller de Automatización

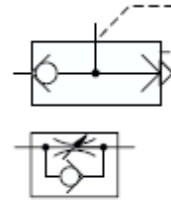
Válvulas de cierre, de caudal y de presión

Válvulas de cierre

- Válvula de antirretorno
- Válvula de antirretorno, bajo presión de resorte
- Válvula selectora (función O)
- Válvula de simultaneidad (función Y)



- Válvula de escape rápido
- Válvula de estrangulación y retención



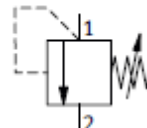
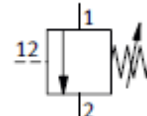
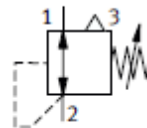
Válvula de caudal

- Válvula de estrangulación, ajustable

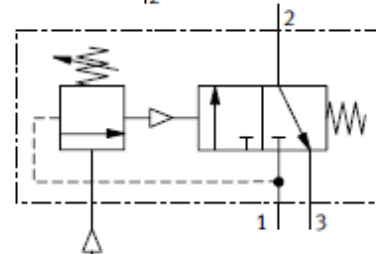


Válvulas de presión

- Válvula reguladora de presión, ajustable sin orificio de escape
- Válvula reguladora de presión, ajustable con orificio de escape
- Válvula de mando de presión con alimentación externa
- Válvula limitadora de presión



- Combinación de válvula de mando de presión





Taller de Automatización

Válvula reguladora de presión

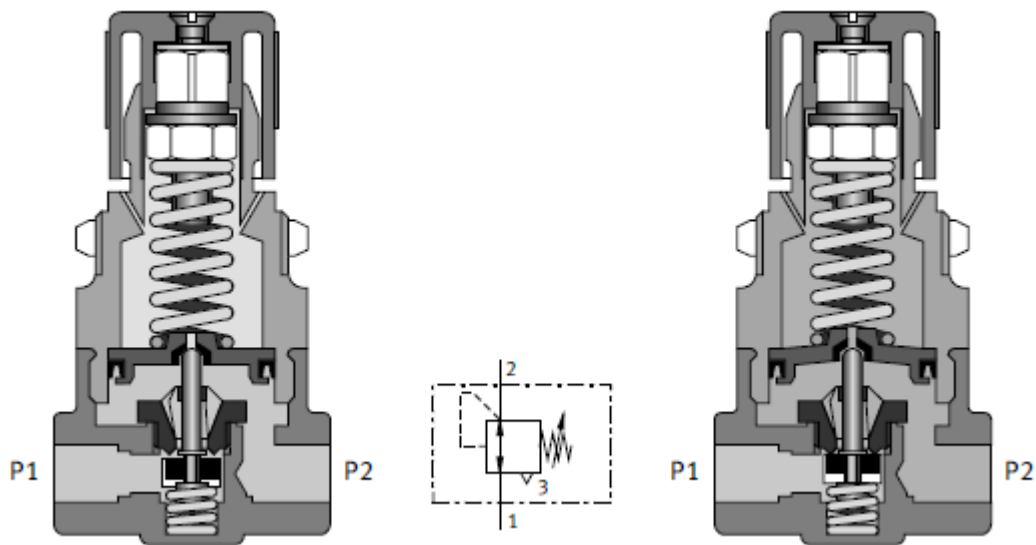
Las válvulas reguladoras de presión se emplean para mantener la presión de salida constante, independientemente de las oscilaciones de la presión de entrada y del consumo de aire.

Al aumentar la presión en la salida, la membrana se mueve contra la fuerza elástica; disminuye, o se cierra completamente, la sección transversal de paso en el asiento de la válvula.

Al disminuir la presión en la salida, el muelle empuja la membrana; aumenta o se cierra la sección transversal de paso en el asiento de la válvula.

La presión de salida es ajustable.

La presión de entrada debe ser más alta que la presión de salida.



Válvula de estrangulación de un sólo sentido

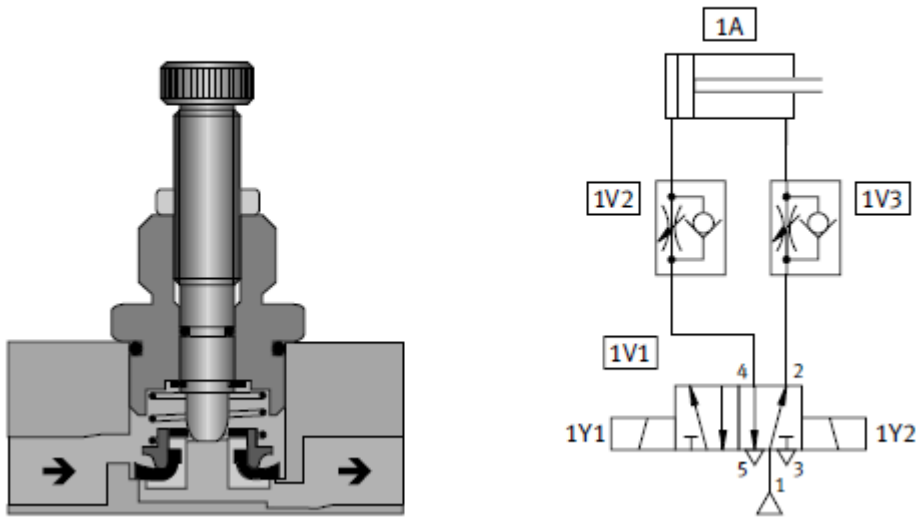
La válvula de estrangulación bloquea el paso de aire en un sólo sentido; por eso, la corriente de aire tiene que pasar en ese sentido a través de un estrangulador regulable.

La corriente de aire proveniente del sentido contrario hace que la junta del elemento de retención se levante del asiento. Entonces el aire a presión puede pasar en ese sentido casi sin dificultad alguna.

La válvula debe instalarse tan cerca del cilindro como sea posible.



Taller de Automatización



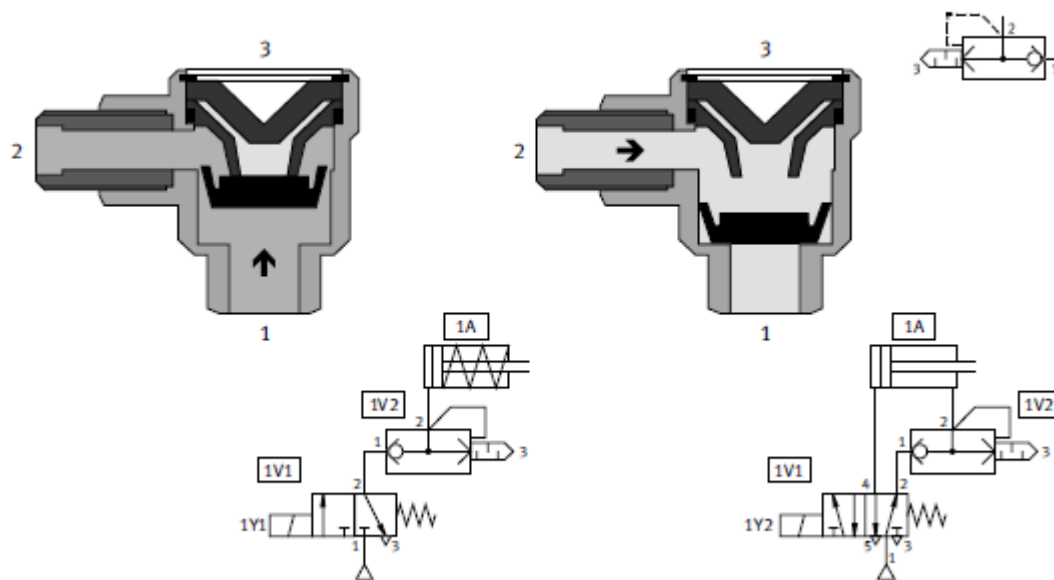
Válvula de escape rápido

Las válvulas de escape rápido se emplean para lograr la máxima velocidad en el movimiento de avance y retroceso en los cilindros neumáticos.

Para aumentar la efectividad de la válvula, ésta debe montarse directamente en el cilindro o lo más cerca posible a las conexiones de entrada o de escape de aire del cilindro.



Taller de Automatización



Transformación de señales eléctricas en señales neumáticas

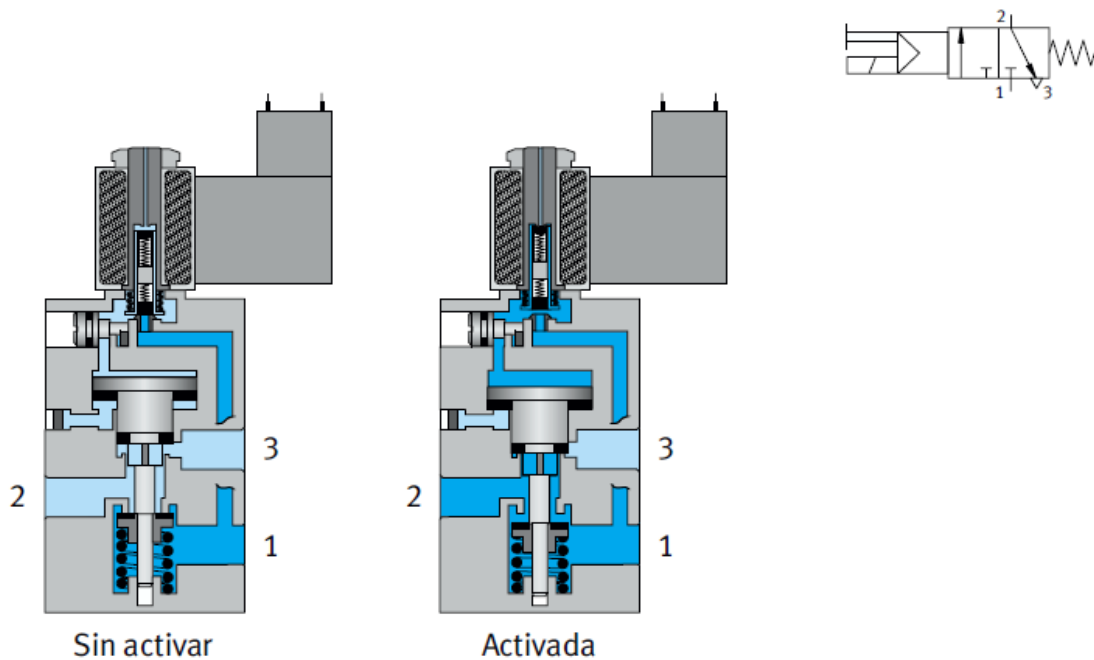
Cuando se emplean mandos que utilizan el aire a presión y la electricidad como elementos de trabajo es necesario contar también con sistemas convertidores. Las válvulas electromagnéticas transforman las señales eléctricas en señales neumáticas.

Las válvulas electromagnéticas se componen de:

- _ Una válvula neumática y de
- _ una bobina que activa la válvula

Taller de Automatización

Transformación de señales eléctricas en señales neumáticas

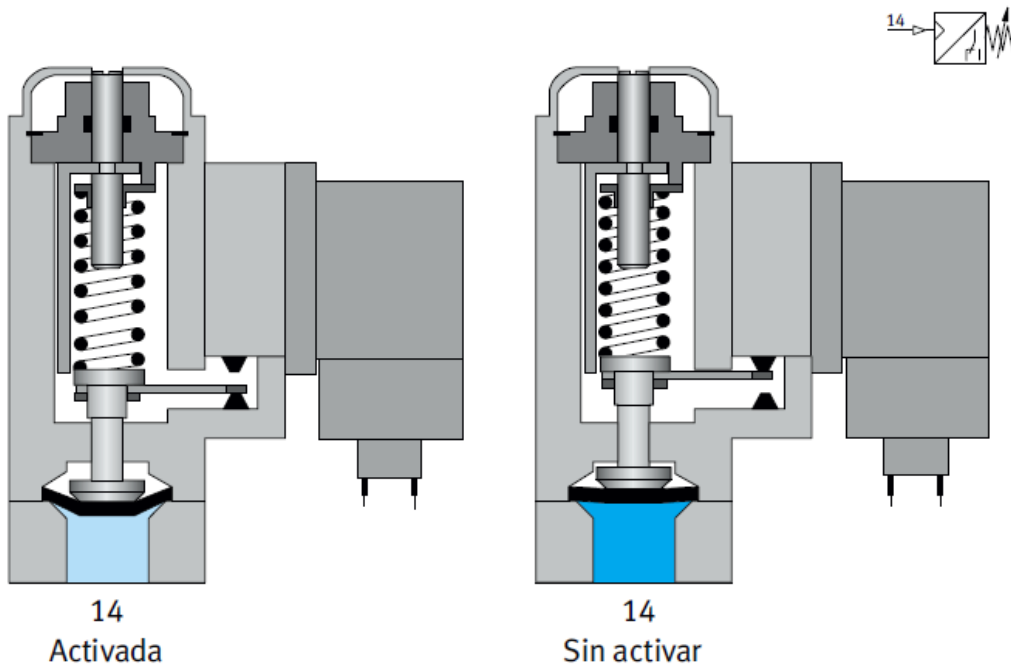


Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas

El convertidor PE es accionado con aire a presión. Al alcanzar la presión un valor previamente determinado, se produce una señal eléctrica.
La presión de la señal neumática actúa contra un muelle regulable.
Cuando la presión que actúa sobre una membrana sobrepasa la fuerza elástica, una leva activa un contacto eléctrico de conmutación.
El elemento eléctrico de maniobra puede ser un contacto de reposo, un contacto de trabajo o un contacto inversor.



Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas



Símbolos gráficos de contacto y maniobra para válvulas

Normalmente, en los esquemas de conexiones las unidades neumáticas se representan en estado de reposo.

Las posiciones de conmutación de las válvulas se representan como cuadrados.

El número de cuadrados corresponde al número de posiciones de conmutación.

Las funciones y los efectos se dibujan en el interior de los cuadrados:

_ Las líneas indican el paso de flujo.

_ Las flechas indican el sentido de flujo.

_ Las conexiones bloqueadas se representan por medio de líneas colocadas en ángulo recto entre sí.

Las tuberías de enlace se dibujan en la parte exterior de un cuadrado.



Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 103 DE:134

Taller de Automatización

Símbolos gráficos de contacto y maniobra para válvulas

Cada posición de la válvula se representa por medio de un cuadrado.



El número de cuadrados corresponde al número de posiciones de maniobra.



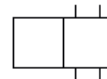
Las líneas indican el paso del aire y las flechas indican el sentido de paso del aire.



Las conexiones bloqueadas se indican por medio de dos líneas colocadas en ángulo recto una contra otra.



Las tuberías de conexión para entrada y escape de aire se señalan en la parte exterior de un cuadrado.



Posiciones de maniobra y designación de las conexiones de válvulas de vías

Examinando las características enumeradas a continuación puede deducirse de qué tipo de válvula se trata:

- _ Número de conexiones
- _ Número de posiciones de maniobra
- _ Numeración de las conexiones

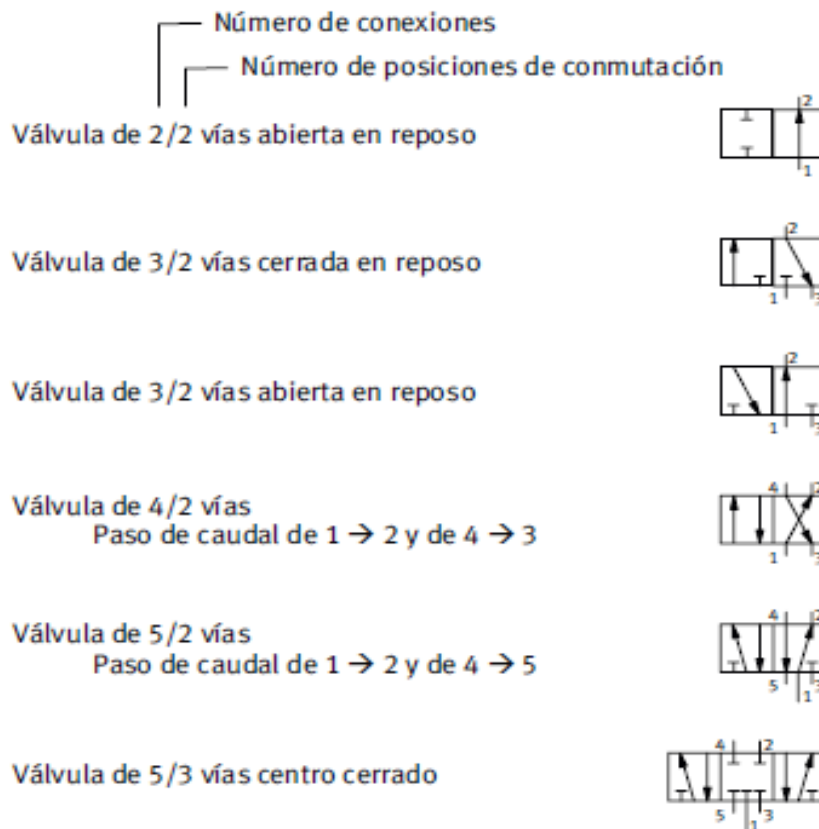
Para la numeración de las conexiones vale lo siguiente:

- _ Conexión de alimentación 1
- _ Conexiones de escape 3, 5
- _ Conexiones de utilización 2, 4



Taller de Automatización

Posiciones de maniobra y designación de las conexiones de válvulas de vías

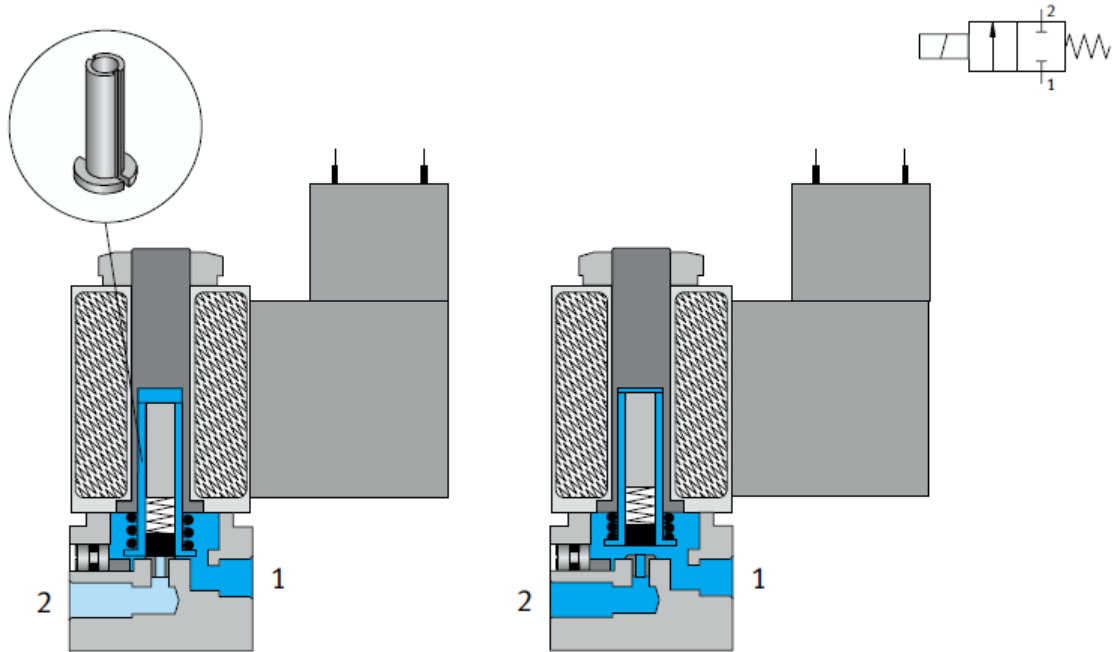


Electroválvula de 2/2 vías sin servopilotaje
Posición cerrada en reposo, retroceso por muelle
Bobina magnética sin corriente
_ Conexión 1 cerrada
_ Conexión 2 cerrada.
_ No se logra el escape.
Bobina magnética bajo corriente

Taller de Automatización

- _ El inducido se levanta.
- _ Pasa aire a presión de la conexión 1 a la conexión 2.

Electroválvula de 2/2 vías sin servopilotaje



Válvulas electromagnéticas con servopilotaje

Las válvulas electromagnéticas con servopilotaje se componen de:

- _ Una válvula de servopilotaje de accionamiento electromagnético y
- _ una válvula principal accionada neumáticamente.

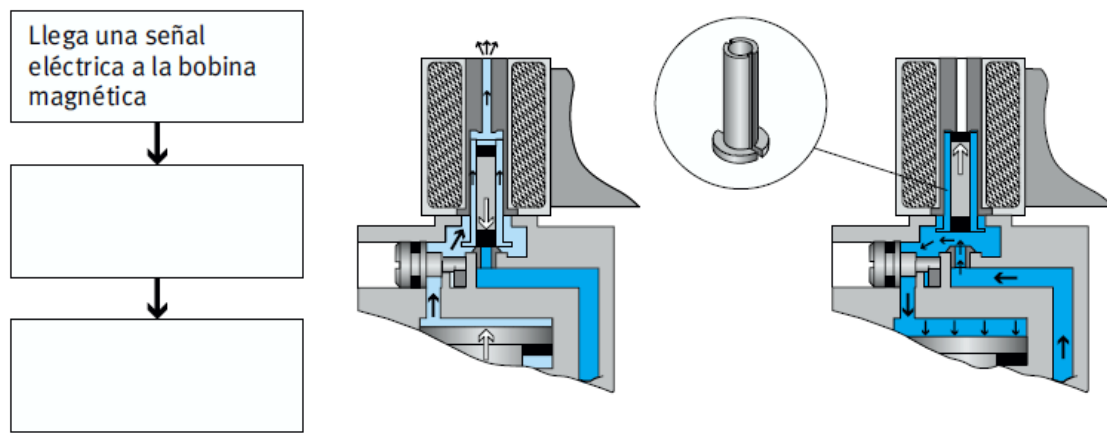
Comparándolas con las válvulas electromagnéticas sin servopilotaje, las válvulas electromagnéticas con servopilotaje se caracterizan por los hechos siguientes:

- _ Es menor la fuerza requerida para accionar el inducido.
- _ Son más pequeñas las dimensiones de la cabeza de la bobina.
- _ Es menor el consumo de corriente.
- _ Es menor el calor generado.



Taller de Automatización

Válvulas electromagnéticas con servopilotaje



Electroválvula de 3/2 vías con servopilotaje

Posición de cierre en reposo, retroceso por muelle, accionamiento auxiliar manual

Bobina magnética sin corriente

- _ La conexión 1 está cerrada.
- _ El escape en la conexión 2 tiene lugar después del escape en la conexión 3.
- _ El canal de servopilotaje está bloqueado por la junta del inducido, en el costado de la válvula.
- _ El escape del espacio encima del émbolo de la válvula tiene lugar por medio del tubo-guía del inducido.

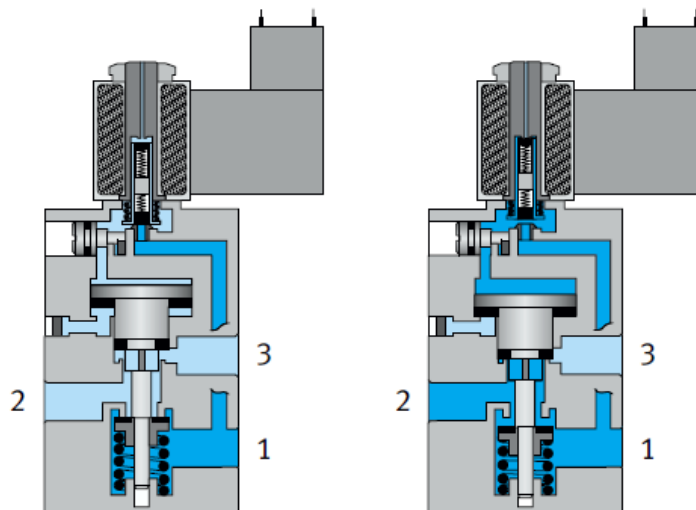
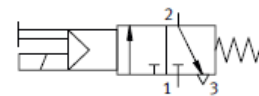
Bobina magnética con corriente

- _ El inducido se levanta; la junta del inducido en el costado de la bobina obtura el orificio de evacuación de aire en el tubo-guía del inducido. La junta del inducido en el costado de la válvula abre el canal de activación previa.
- _ El aire a presión de que entra por la conexión 1 pasa a través del canal de servopilotaje y acciona el émbolo de la válvula.
- _ Se cierra la conexión 1.
- _ El aire a presión pasa de la conexión 1 a la conexión 2.



Taller de Automatización

Electroválvula de 3/2 vías con servopilotaje



Electroválvula de 5/2 vías con servopilotaje

Retroceso por muelle, accionamiento manual auxiliar

Bobina magnética sin corriente

- _ El aire a presión pasa de la conexión 1 a la conexión 2.
- _ El escape en la conexión 4 tiene lugar después del escape en la conexión 5.
- _ La conexión 3 está cerrada.
- _ El canal de servopilotaje está cerrado.
- _ El escape del espacio encima del émbolo de la válvula tiene lugar por medio del tubo-guía del inducido.

Bobina magnética con corriente

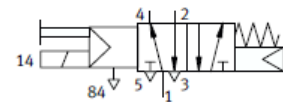
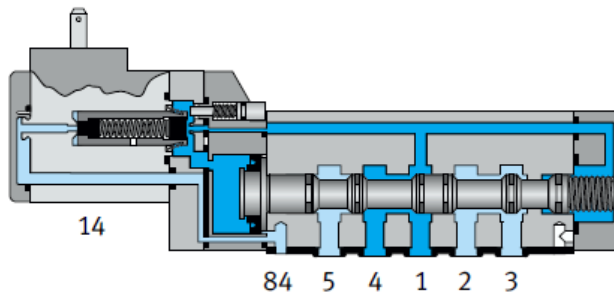
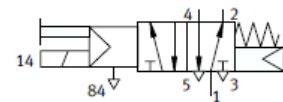
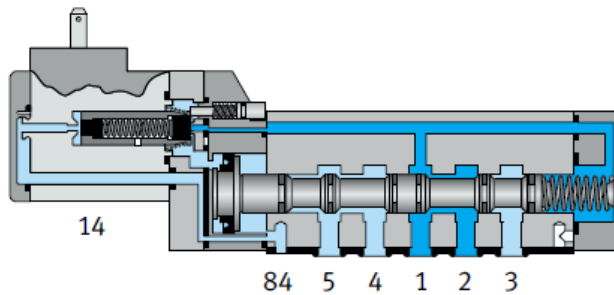
- _ El inducido se levanta; la junta del inducido en el costado de la bobina obtura el orificio de escape de aire en el tubo-guía del inducido. La junta del inducido en el costado de la válvula abre el canal de servopilotaje.
- _ El aire a presión que entra por la conexión 1 pasa a través del canal de servopilotaje y acciona el émbolo de la válvula.
- _ Se cierra la conexión 5.
- _ Pasa aire a presión de la conexión 1 a la conexión 4.



Taller de Automatización

_ El escape de la conexión 2 tiene lugar a través de la conexión 3.

Electroválvula de 5/2 vías con servopilotaje



Electroválvula biestable de 5/2 vías con servopilotaje

Accionamiento auxiliar manual

Bobina magnética Y1 con paso de corriente, bobina magnética Y2 sin corriente

- _ La válvula conmuta.
- _ Se cierra la conexión 3.
- _ El aire a presión pasa de la conexión 1 a la conexión 2.
- _ El escape de la conexión 4 tiene lugar a través de la conexión 5.

Ambas bobinas magnéticas sin corriente

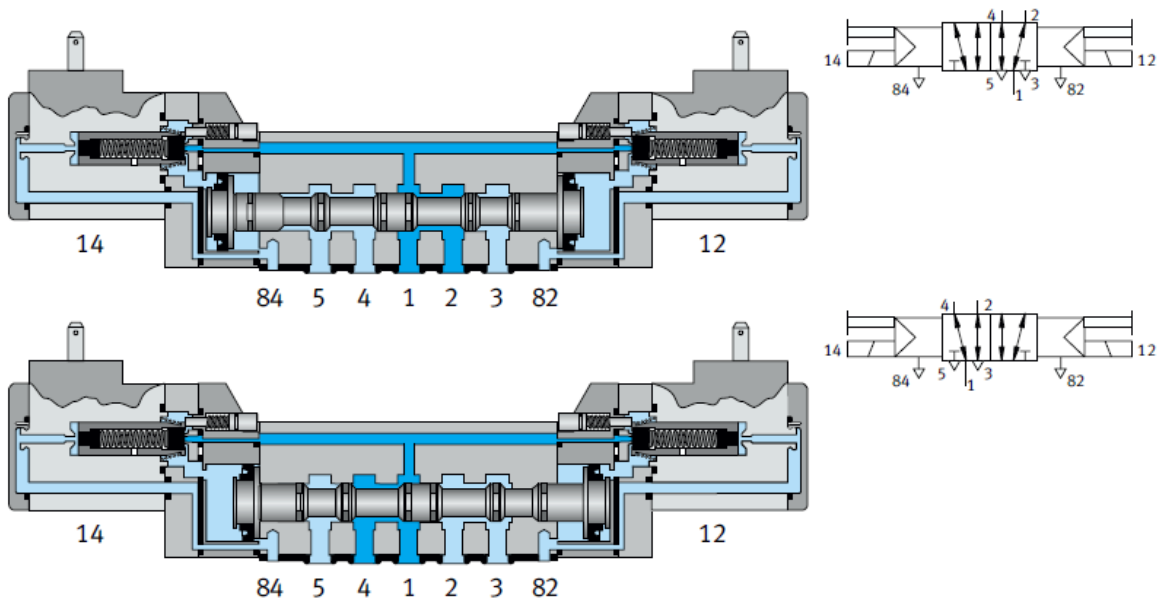
_ La válvula conserva la anterior posición de maniobra.

Bobina magnética Y2 con paso de corriente, bobina magnética Y1 sin corriente

- _ La válvula conmuta.
- _ Se cierra la conexión 5.
- _ Pasa aire a presión de la conexión 1 a la conexión 4.
- _ El escape de la conexión 2 tiene lugar a través de la conexión 3.

Taller de Automatización

Electroválvula biestable de 5/2 vías con servopilotaje



Electroválvula de tres posiciones de 5/3 vías

Las tres posiciones de maniobra de una válvula de 5/3 vías, de accionamiento eléctrico y servopilotaje son las siguientes:

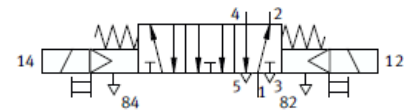
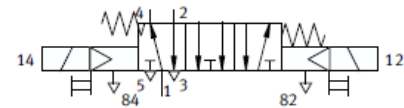
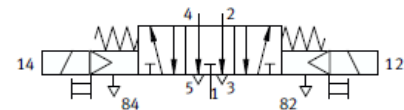
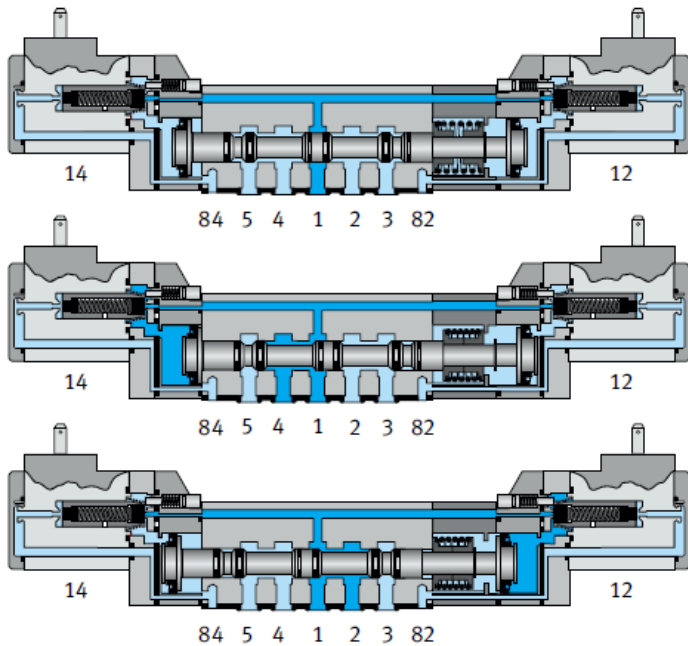
1. En posición de reposo las bobinas magnéticas están sin corriente; los dos muelles mantienen el émbolo en su posición central. Las conexiones 2 y 3, así como 4 y 5 están comunicadas. La conexión 1 está cerrada.
2. Al aplicar corriente a la bobina izquierda de excitación el émbolo se desplaza hasta el tope derecho. Las conexiones 1 y 4, así como 2 y 3 quedan comunicadas.
3. Cuando circula corriente a través de la bobina derecha el émbolo se desplaza hasta el tope izquierdo. Al estar en posición quedan comunicadas las conexiones 1 y 2, así como 4 y 5.

Cada una de las dos posiciones de maniobra activadas permanece mientras continúe circulando corriente a través de la respectiva bobina magnética. Al interrumpirse el flujo de corriente el émbolo se coloca en posición central.



Taller de Automatización

Electroválvula de tres posiciones de 5/3 vías





Taller de Automatización

Aparatos eléctricos

Es diferente la alimentación de tensión alterna y la alimentación de tensión continua.

Tensión alterna

- Es suministrada por la red
- Trifásica o monofásica
- Tensión sinusoidal de frecuencia fija
- Amplitud relativamente constante
- La tensión puede modificarse por medio de transformadores

Tensión continua

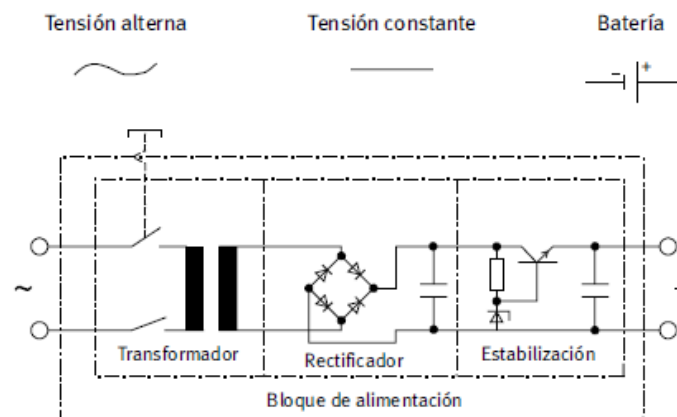
- Es suministrada por fuentes de alimentación

Componentes de los aparatos eléctricos de tensión continua

- Transformador de la red
- Rectificador
- Estabilizador

Baterías y acumuladores

- Se utilizan como batería intermedia en caso de cortes de corriente.
- Se emplean en equipos portátiles.





Taller de Automatización

Contactos de maniobra y tipos de accionamiento

Se emplean como elementos de entrada y procesamiento las siguientes clases de contactos de maniobra:

- _ Contacto de trabajo
- _ Contacto de reposo
- _ Contacto inversor

Los tipos de accionamiento para los elementos de maniobra son:

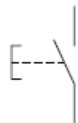
- _ Accionamiento manual
- _ Accionamiento mecánico
- _ Relé
- _ Campo magnético

Contactos de maniobra y tipos de accionamiento

Contacto de trabajo



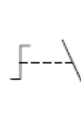
Pulsador con contacto de trabajo, accionado manualmente al oprimirlo



Contacto de reposo



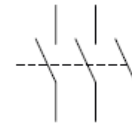
Conmutador giratorio con contacto de trabajo, accionado manualmente al girarlo



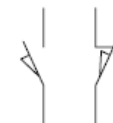
Contacto inversor



Contactos unidos mecánicamente



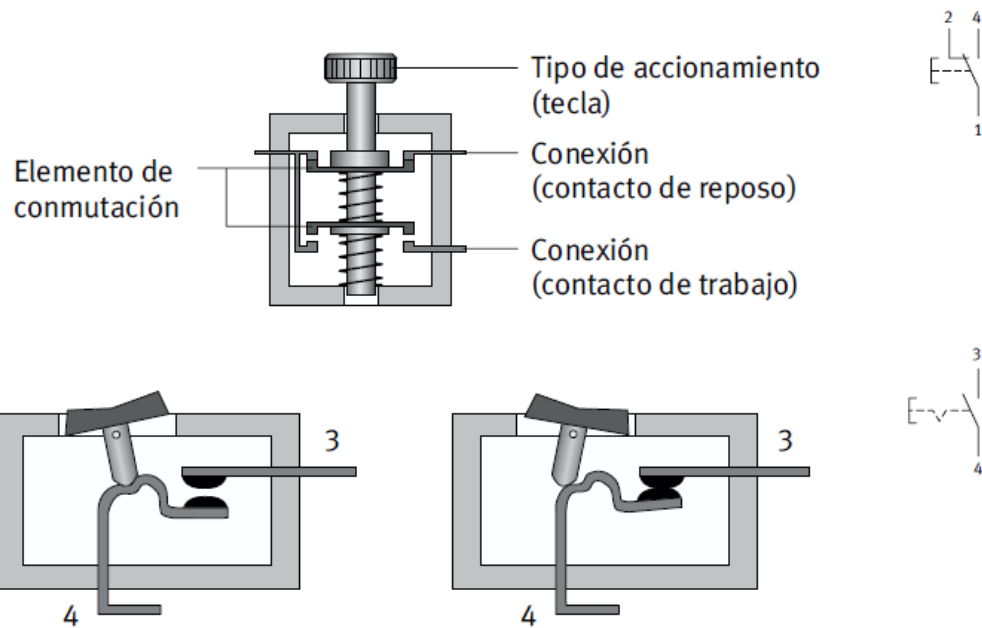
Interruptor de límite con contacto de trabajo o resp. con contacto de reposo, de accionamiento mecánico





Taller de Automatización

Tipos de accionamiento de los elementos de maniobra



Signos gráficos de contactos y maniobra para bobinas magnéticas y relés

En electroneumática, la bobina magnética es el elemento que hace que la válvula conmute.

Letra distintiva en esquemas de conexiones eléctricas: Y (Y1, Y2, ...)

Un relé activa 1, 2 ó más contactos. El relé también puede ser un elemento activado en función del tiempo o de la temperatura.

Letra distintiva en esquemas de conexiones eléctricas: K (K1, K2, ...)



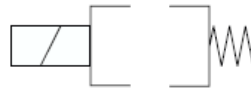
Taller de Automatización

Signos gráficos de contactos y maniobra para bobinas magnéticas y relés

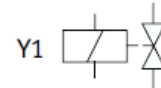
Accionamiento electromagnético
bilateral



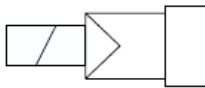
Accionamiento electromagnético
unilateral, con reposición
por muelle



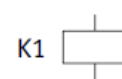
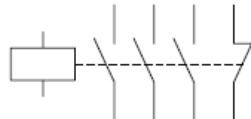
Representación en
diagramas eléctricos



Accionamiento electromagnético,
con regulación previa



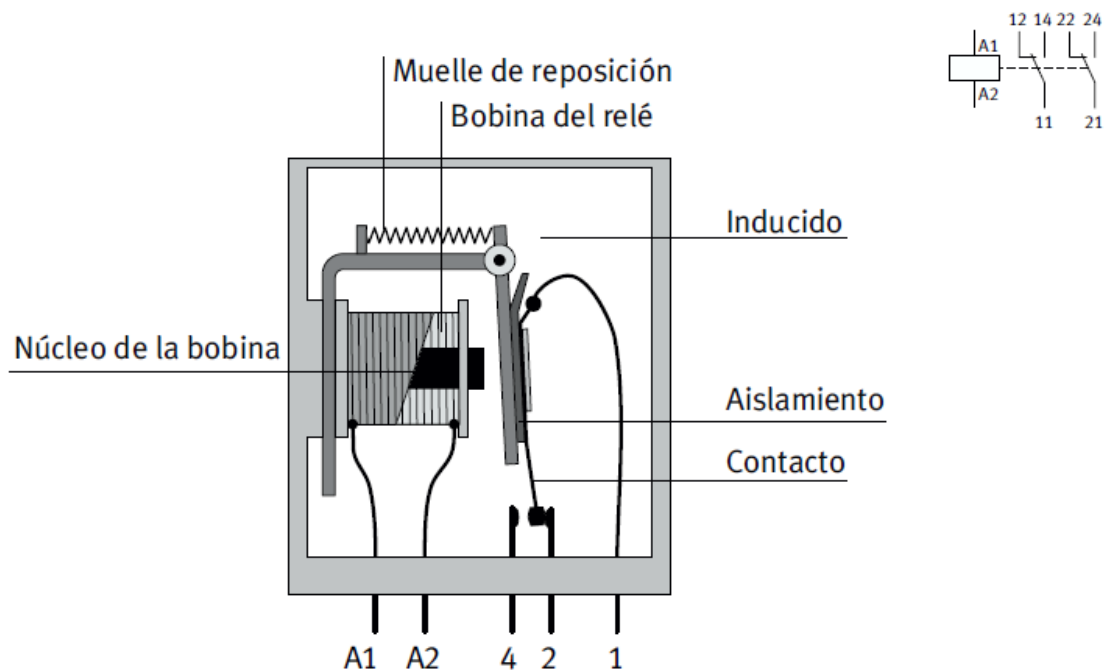
Contactador o relé con tres
contactos de trabajo y un
contacto de reposo





Taller de Automatización

El relé



Interruptor magnético de proximidad (Relés Reed)

Los interruptores magnéticos de proximidad se activan por un campo magnético. Para aplicaciones industriales se utilizan, generalmente, interruptores Reed con indicación LED.

En la ilustración se representa un interruptor Reed de tres conductores. Cuenta con tres conexiones:

- _ Una conexión para alimentación de corriente positiva,
- _ una conexión para alimentación de corriente negativa, y
- _ una salida de señales o de maniobra.

El interruptor Reed se monta directamente en el cuerpo del cilindro. El interruptor es accionado por un anillo magnético en el émbolo del cilindro.

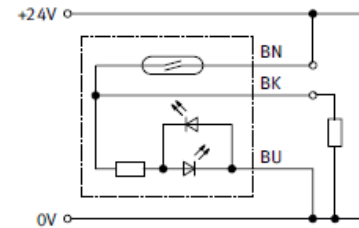
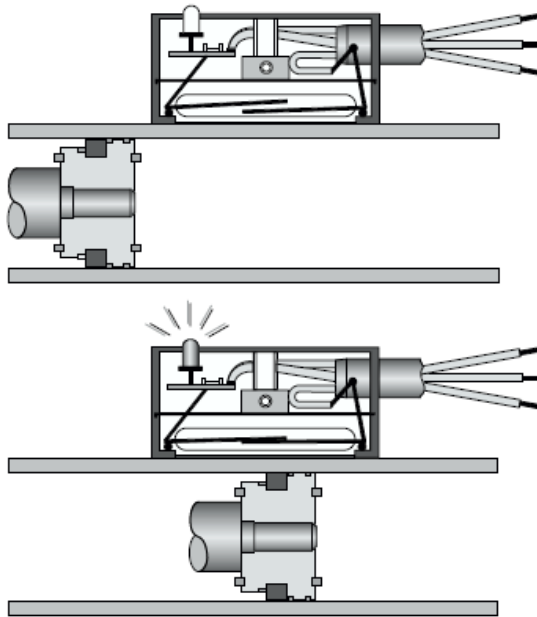
Cuando el anillo magnético pasa al lado del interruptor Reed, debido al efecto del campo magnético del anillo se cierran los contactos de maniobra y el interruptor suministra una señal de salida.

Letra distintiva en los esquemas de conexiones: B (B1, B2, ...)



Taller de Automatización

Interrupor magnético de proximidad (Relés Reed)



Dispositivos eléctricos de salida

Suministran señales acústicas:

- _ p.ej. bocinas, sirenas
- _ letra distintiva en esquemas de conexiones: H (H1, H2, ...)

Suministran señales ópticas:

- _ p.ej. lámparas, LED
- _ letra distintiva en esquemas de conexiones: H (H1, H2, ...)

Suministran trabajo:

- _ p.ej. en electromotores
- _ letra distintiva en esquemas de conexiones: M (M1, M2, ...)



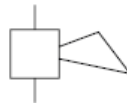
Taller de Automatización

Dispositivos eléctricos de salida

Dispositivos de aviso

Avisadores
acústicos:

Bocina



Sirena



Timbre

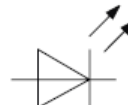


Avisadores
luminosos:

Lámpara



Diodo luminoso (LED)



Motores

Motor de corriente continua



La función lógica Y (AND)

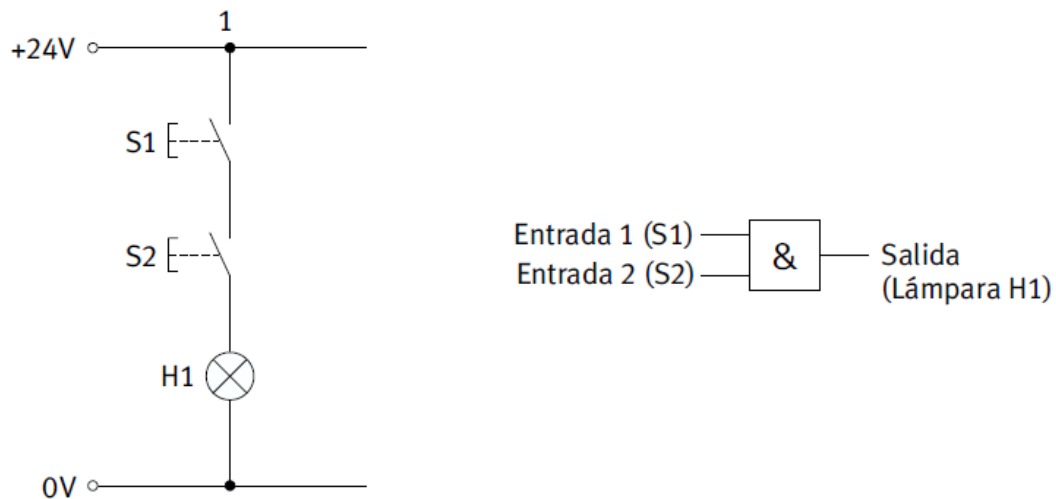
La función lógica Y consta, como mínimo, de dos elementos de maniobra conectados en serie:

- _ La función lógica Y puede tener dos o más entradas. Puede ser una combinación de interruptores y sensores.
- _ La función se representa por medio de un símbolo lógico con dos entradas y una salida.
- _ Para accionar la salida es necesario que existan las dos señales de entrada.



Taller de Automatización

La función lógica Y (AND)



La función lógica O (OR)

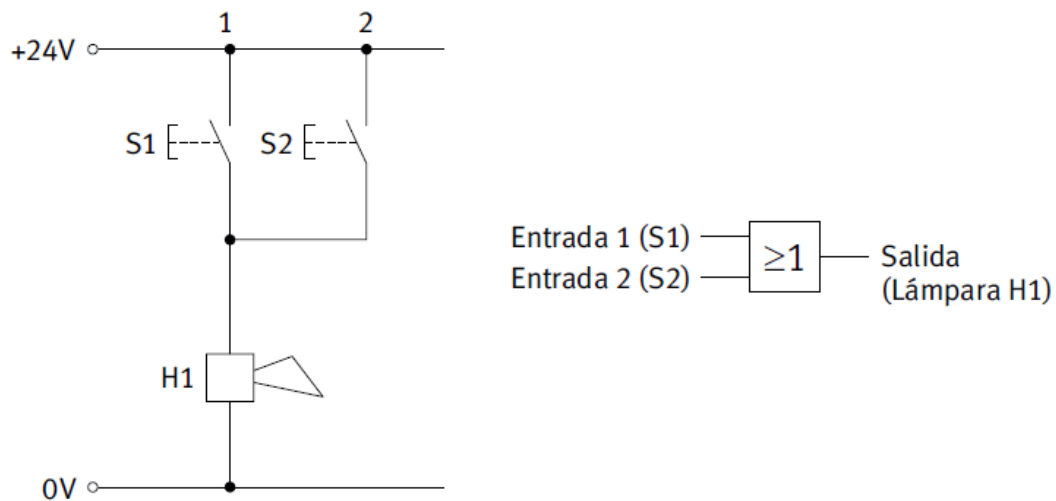
La función lógica O consta, como mínimo, de dos elementos de maniobra conectados en paralelo:

- _ La función lógica O puede tener dos o más entradas. Puede ser una combinación de interruptores y sensores.
- _ La función se representa por medio de un símbolo lógico con dos entradas y una salida.
- _ Para accionar la salida basta con que exista una señal de entrada.



Taller de Automatización

La función lógica O (OR)



Cadena de mando

La estructura de la cadena de mando asiste en los siguientes procesos:

- _ La asignación de componentes de funciones similares para formar un grupo de elementos.
- _ Para evitar las líneas que puedan cruzarse en esquemas de conexiones neumáticas y eléctricas.
- _ Para la elaboración de esquemas de conexiones uniformes y claramente estructurados.

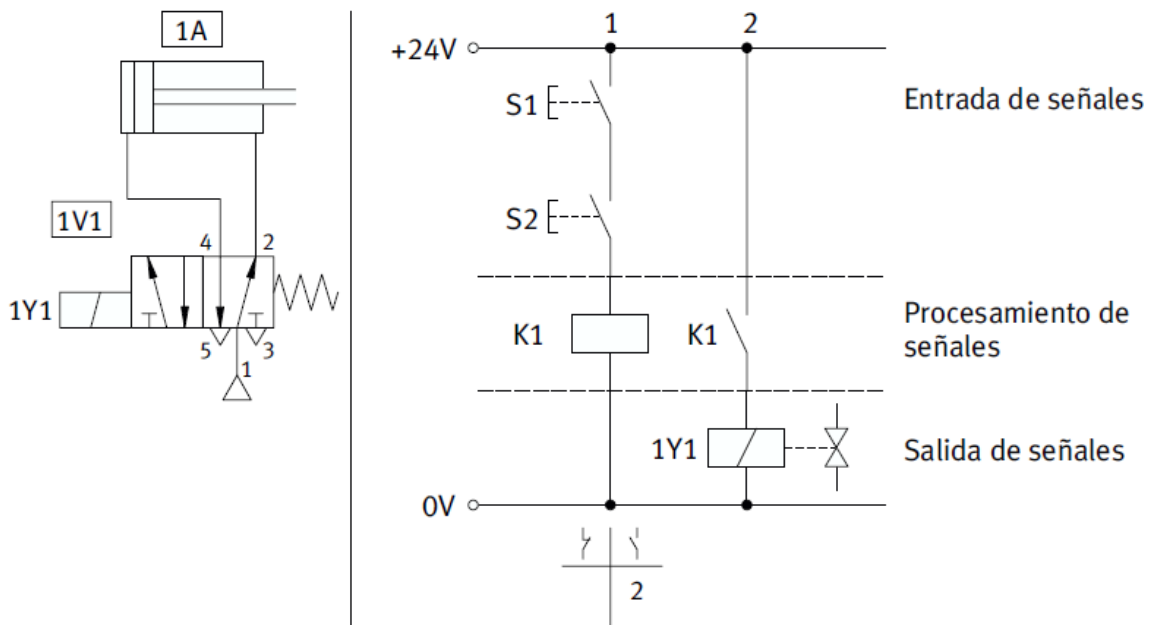
El principio de la cadena de mando sólo debe entenderse como una indicación. La estructura de la cadena de mando determina el flujo de señales del mando, así:

- _ En esquemas neumáticos de conexiones el flujo de señales se representa de abajo hacia arriba.
- _ En esquemas eléctricos de conexiones el flujo de señales se representa de arriba hacia abajo.



Taller de Automatización

Cadena de mando



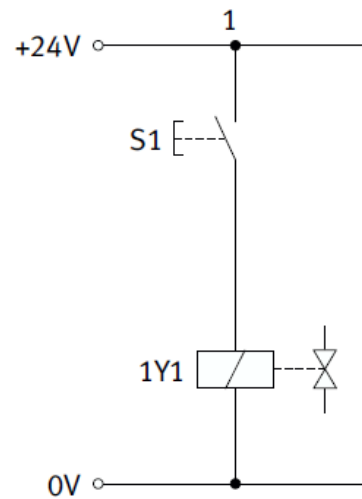
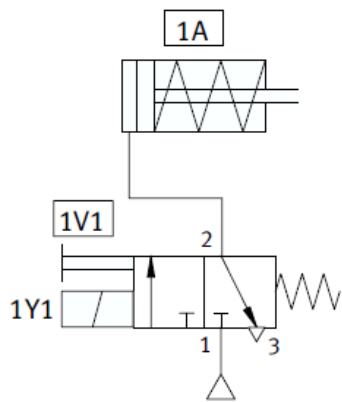
Mando directo de un cilindro de simple efecto

Al accionar S1 la bobina 1Y1 queda bajo corriente y la válvula 1.1 conecta.
De la conexión 1 pasa aire a presión a la conexión 2 y el vástago avanza.
Al dejar de accionar S1 la bobina 1Y1 queda sin corriente. La válvula 1.1 conmuta a la posición básica.
El aire del cilindro escapa a través de la conexión 3 de la válvula 1.1 y el vástago retrocede.



Taller de Automatización

Mando directo de un cilindro de simple efecto



Mando indirecto de un cilindro de doble efecto

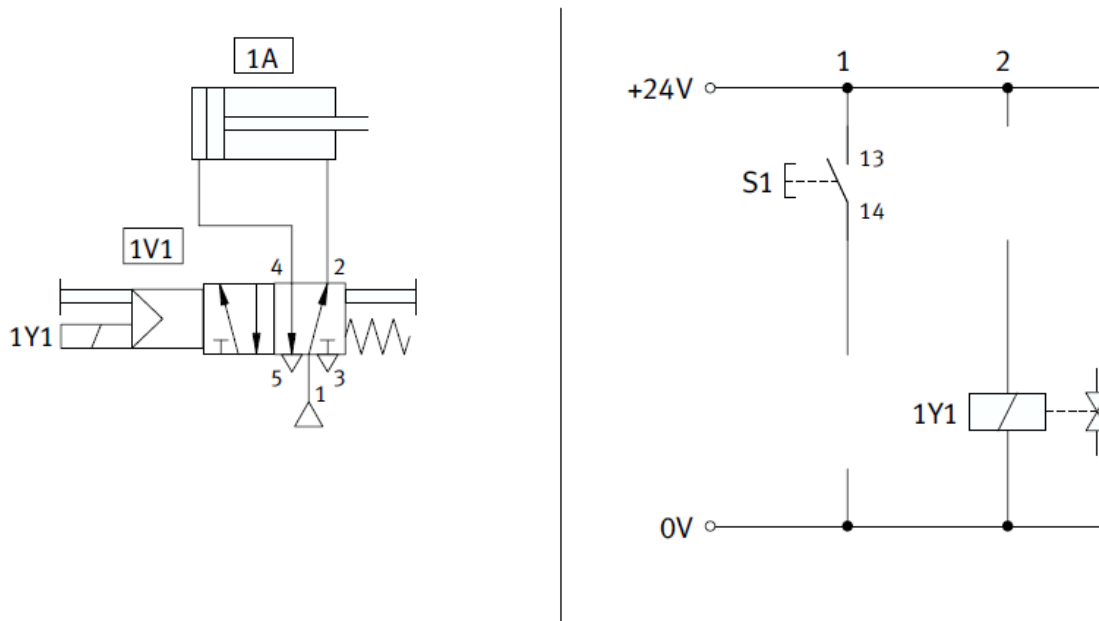
La utilización del mando indirecto depende de:

- _ la fuerza que se requiera para accionar los elementos de ajuste,
- _ la complejidad de la maniobra,
- _ la potencia de conmutación de los contactos, y
- _ de si el sistema es gobernado a distancia, o no



Taller de Automatización

Mando indirecto de un cilindro de doble efecto



Circuito eléctrico de retención (memoria) – Marcha prioritaria

Un relé puede mantenerse en estado activo cuando, a través de un contacto de trabajo del relé se activa un circuito de corriente de retención paralelo al pulsador de MARCHA.

En un circuito eléctrico de retención (memoria) debe existir un pulsador de PARO. La posición de montaje del pulsador de PARO es determinante para el funcionamiento del circuito de retención (memoria).

Se denomina circuito eléctrico de retención (memoria) de Marcha prioritaria un circuito eléctrico de retención (memoria) en el cual un pulsador (S2, contacto de reposo) está conectado en serie con un contacto de activación de relé (contacto de trabajo).

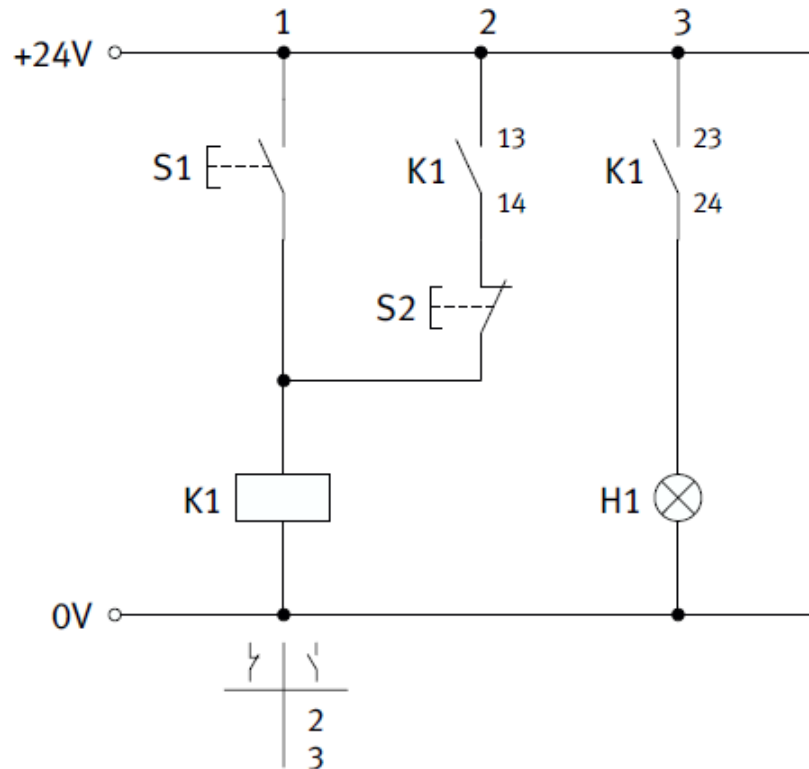
En este circuito eléctrico de retención (memoria) con Marcha prioritaria, el pulsador S1 domina sobre la acción del pulsador S2.

Al presionar al mismo tiempo los pulsadores S1 y S2, por la bobina de relé K1 pasa corriente.



Taller de Automatización

Circuito eléctrico de retención (memoria) – Marcha prioritaria



Circuito eléctrico de retención (memoria) – Paro prioritario

Un relé puede mantenerse en estado activo cuando, a través de un contacto de trabajo del relé se activa un circuito de corriente paralelo al pulsador de MARCHA a la bobina del relé.

En un circuito eléctrico de retención (memoria) es necesario montar un pulsador de PARO. La posición de montaje del pulsador de PARO es determinante para el funcionamiento del circuito eléctrico de retención (memoria).

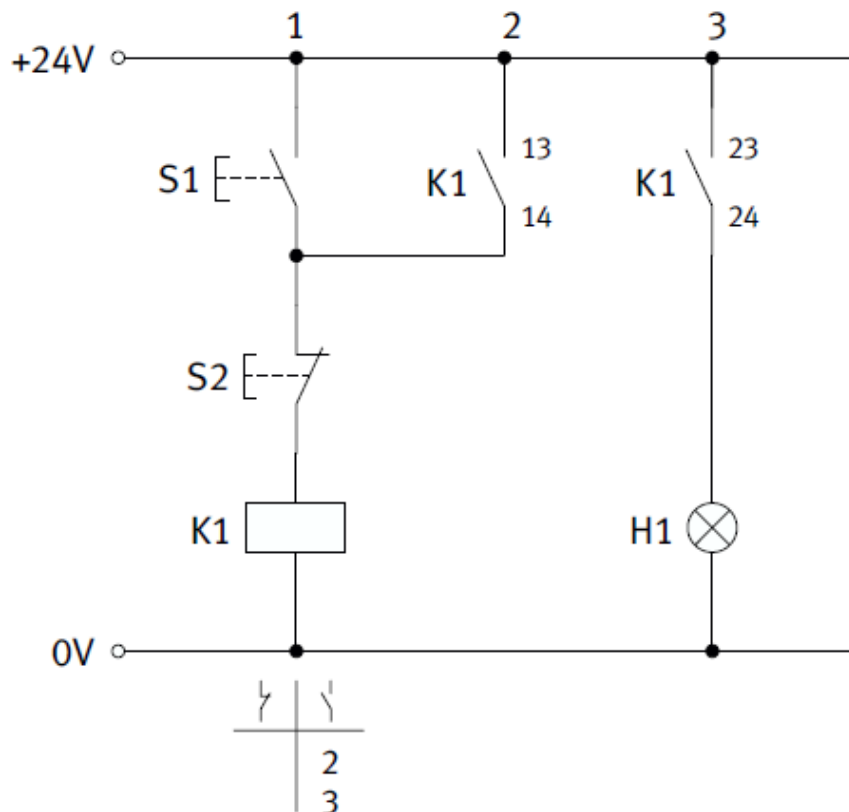
Se denomina circuito eléctrico de retención (memoria) con Paro prioritario un circuito eléctrico de retención (memoria) en el cual un pulsador (S1, contacto de trabajo) y un contacto del propio relé (contacto de trabajo) están conectados en



Taller de Automatización

paralelo y luego en serie con un pulsador (S2, contacto de reposo).
En este circuito eléctrico de retención (memoria) con Paro prioritario, el pulsador S2
domina sobre la acción del pulsador S1.
Al presionar simultáneamente los pulsadores S1 y S2, la bobina de relé K1 queda sin
corriente.

Circuito eléctrico de retención (memoria) – Paro prioritario



Circuito electroneumático de retención (memoria) con electroválvula de impulsos

Las electroválvulas de impulsos se denominan también válvulas biestables o

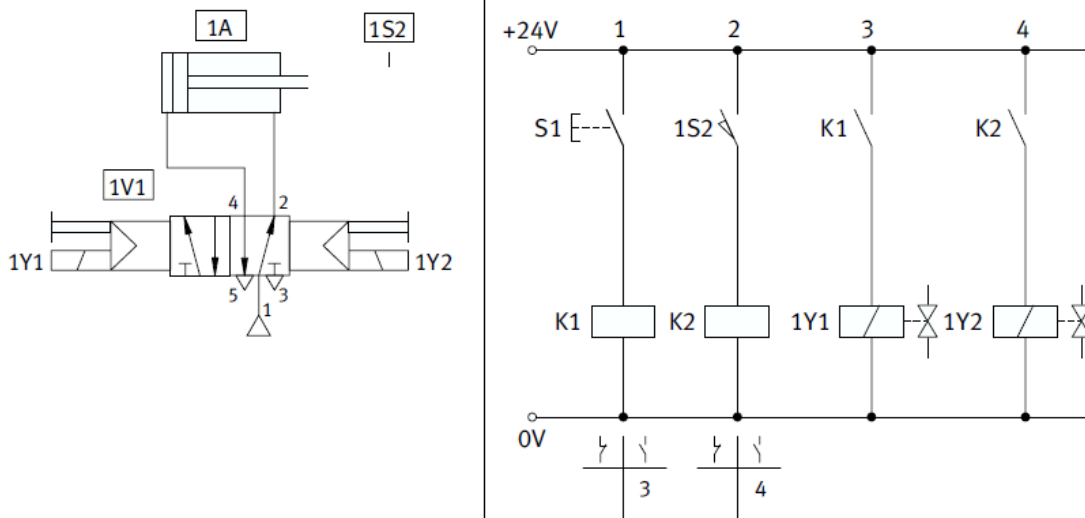


Taller de Automatización

válvulas de memoria:

- _ La electroválvula representada es activada por dos bobinas magnéticas.
- _ La electroválvula conserva la posición de maniobra establecida por una de las bobinas, incluso cuando ya no llega a la bobina la señal para conectar la válvula.
- _ La posición de maniobra sólo se modifica cuando se recibe una señal proveniente de otra bobina, o cuando se ha efectuado una corrección manualmente.
- _ Para poder modificar la posición de maniobra es indispensable que sólo haya una señal en una de las bobina

**Circuito electroneumático de retención (memoria)
con electroválvula de impulsos**



Mando en función del recorrido

Para averiguar la posición de los actuadores neumáticos en circuitos sencillos se emplean con frecuencia interruptores de fin de carrera con accionamiento por palancas de rodillo.

El empleo de detectores de fin de carrera en un dispositivo de mando depende de los requisitos impuestos a la exactitud de la consulta.

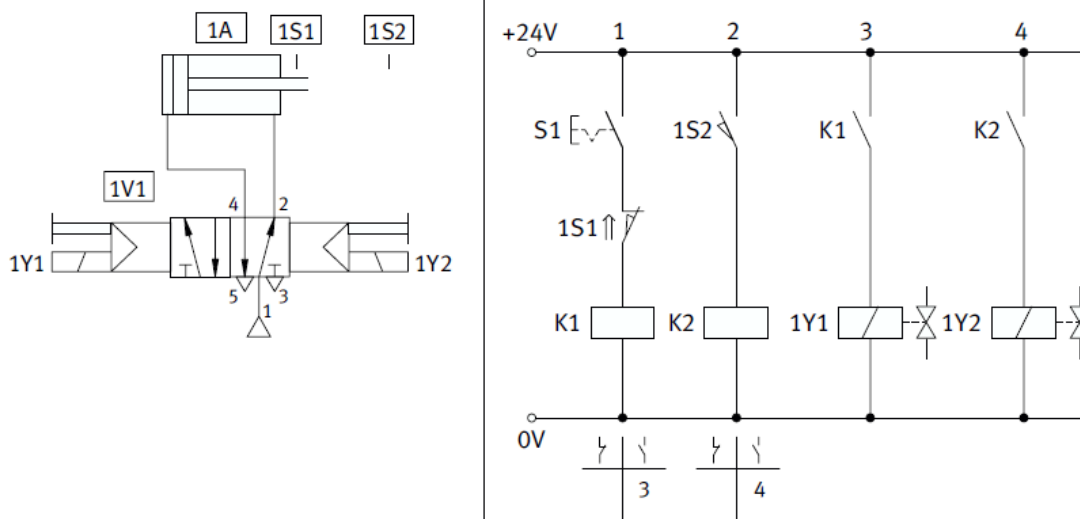
Son factores decisivos:



Taller de Automatización

- _ La fiabilidad,
- _ la seguridad, y
- _ la complejidad del circuito

Mando en función del recorrido



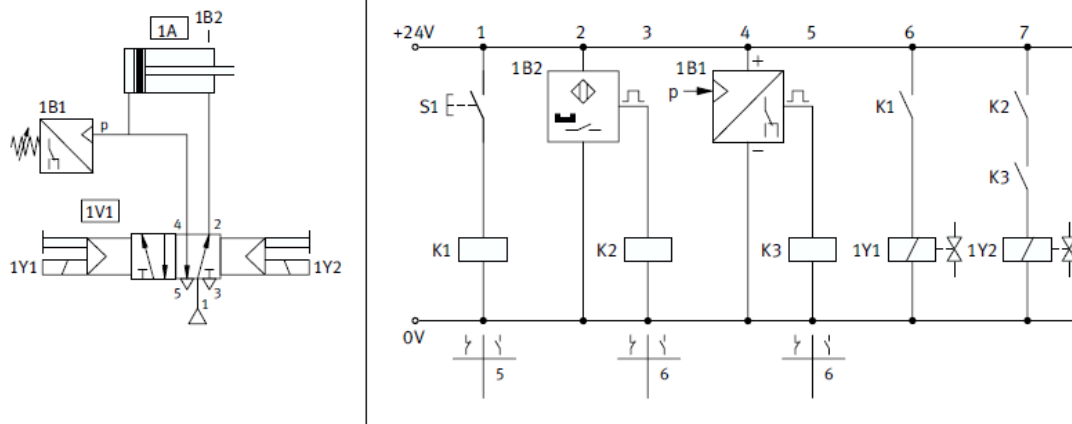
Mando en función de presión

Un convertidor de señales neumático-eléctrico mide la presión del aire en la tubería de alimentación del cilindro 1 A, comparándolo con el valor previamente ajustado. Al alcanzar dicho valor, el convertidor de señales genera una señal eléctrica



Taller de Automatización

Mando en función de presión



Esquema de conexionado electroneumático

La parte neumática y la parte eléctrica de un esquema de conexiones electroneumático se elaboran por aparte; su contenido, sin embargo, está estrechamente relacionado.

En la parte neumática, el flujo de señales se representa de abajo hacia arriba.

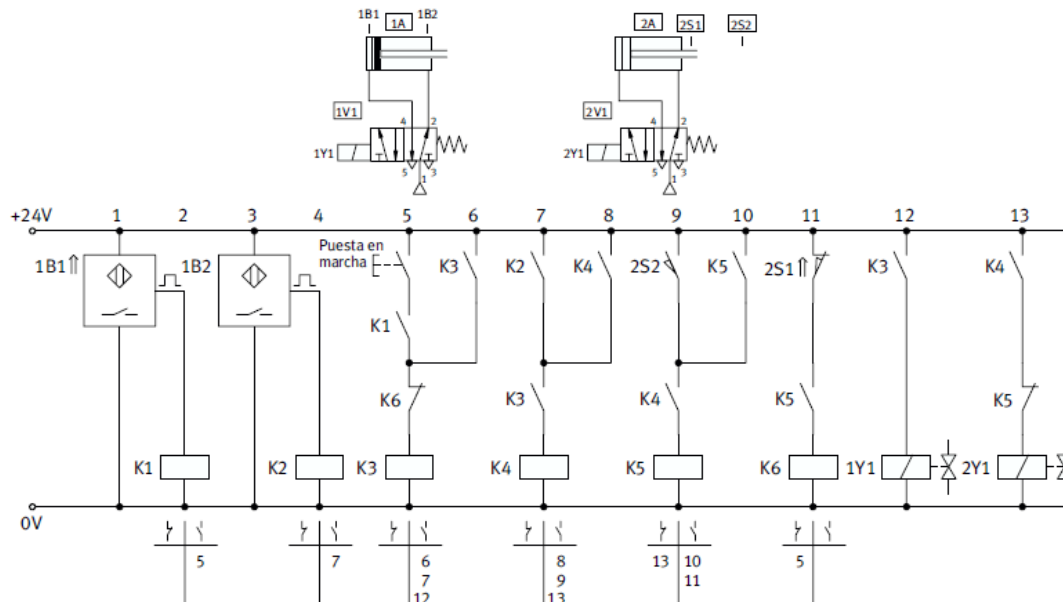
En la parte eléctrica el flujo de señales se representa de arriba hacia abajo.

En el esquema de eléctrico de conexiones los circuitos de corriente se numeran consecutivamente de izquierda a derecha.

Los elementos comunes del esquema de conexiones constituyen las interfaces entre el circuito neumático y el circuito eléctrico. En este caso son las bobinas 1Y1 y 2Y1, así como los pulsadores desconectores de fin de carrera 1B1, 1B2, 2S1 y 2S2.

Taller de Automatización

Esquema de conexionado electroneumático



Estructura del esquema de conexionado

El esquema de conexionado electroneumático consta de dos partes:

- la parte neumática y
- el sistema eléctrico

Neumática

- Conforme al flujo de señales, la disposición de los componentes es de abajo hacia arriba.
- Los cilindros y las válvulas se presentan dibujados en posición horizontal.
- El movimiento de avance de los cilindros debe tener lugar de izquierda a derecha.

Sistema eléctrico

- Conforme al flujo de señales, la disposición de los componentes es de arriba hacia abajo.
- El esquema de conexiones eléctrico puede dividirse en una parte de maniobra y en una parte de potencia.

Taller de Automatización

Estructura del esquema de conexionado

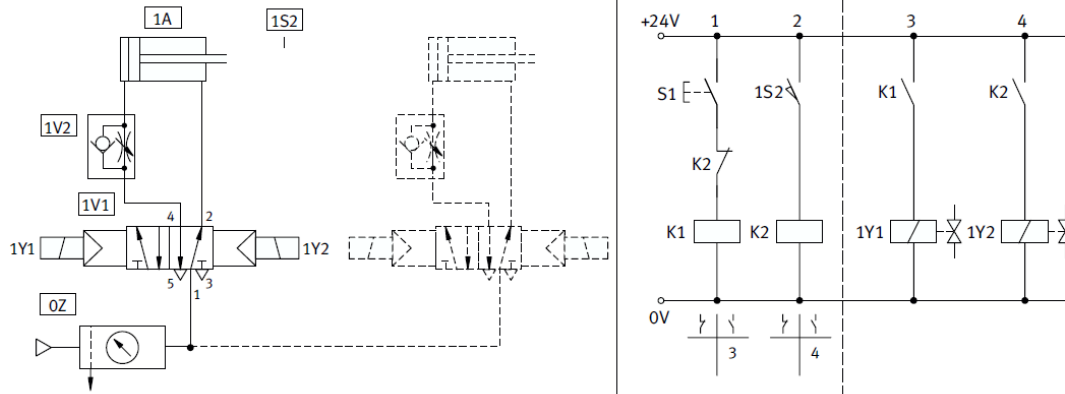


Diagrama desplazamiento-paso

En el diagrama desplazamiento-paso se representan gráficamente los ciclos de movimiento de los actuadores de un sistema de mando:

- _ Los movimientos de los cilindros dentro de un paso se representan por medio de líneas oblicuas hacia arriba (movimiento de avance) o hacia abajo (movimiento de retroceso).
- _ Las líneas horizontales señalan que el cilindro permanece en la posición final delantera o trasera.
- _ Si es necesario representar los movimientos de diversos actuadores, estos se dispondrán en orden consecutivo, uno tras otro, para cada uno de los pasos.
- _ Esta disposición proporciona una clara visión de la relación existente entre los movimientos de los diferentes actuadores en cada paso.

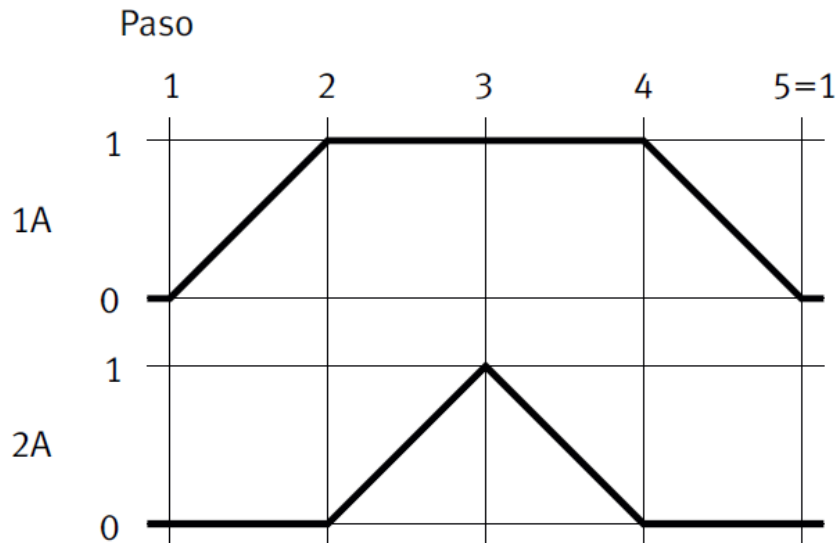


Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"
Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas

HOJA: 130 DE:134

Taller de Automatización

Diagrama desplazamiento-paso



Esquema de conexionado de bornes

El esquema de conexionado de bornes muestra la aplicación física del circuito de corriente.

En el esquema de conexiones de bornes se emplean las designaciones utilizadas en el esquema de conexiones.

Se numeran los puntos de los bornes y los cables, lo cual simplifica la estructuración del mando así como el diagnóstico de fallos y el mantenimiento.



**Escuela de Educación Técnico
Profesional N° 285 "Domingo Crespo"**
**Modalidad Técnico Profesional -
Equipos e instalaciones
Electromecánicas**

HOJA: 132 DE:134

Taller de Automatización

_ Controle sistemáticamente todos los circuitos de corriente y complete el esquema de conexiones de bornes.

_ Recuerde que no es necesario dibujar en el esquema de conexiones de bornes todas las conexiones – por ejemplo los contactos de relés.

Lista de comprobación para el esquema de conexiones de bornes

- Cada circuito de corriente debe conectarse con un borne a la línea positiva de +24 voltios.
- Cada circuito de corriente debe conectarse con un borne a la línea negativa de 0 voltios.
- Cada uno de los elementos externos tales como interruptores, sensores y electroimanes se conectará con un borne por cada unidad.
- En el esquema de cableado se señalará el punto de empalme para +24 voltios y 0 voltios.
- En el esquema de conexiones de bornes deben anotarse todos los elementos externos de las conexiones.
- Todos los circuitos de corriente deben examinarse sistemáticamente, completándolos en el esquema de cableado.
- **Nota:**
No es necesario anotar todas las conexiones en el esquema de cableado (p.ej. las conexiones de relés).

Circuitos de protección en caso de cargas inductivas

El campo magnético se deshace en el momento que se interrumpe el flujo de corriente a una carga inductiva, por ejemplo a una bobina magnética.

Se genera alta tensión de inducción, que puede tener las siguientes consecuencias:

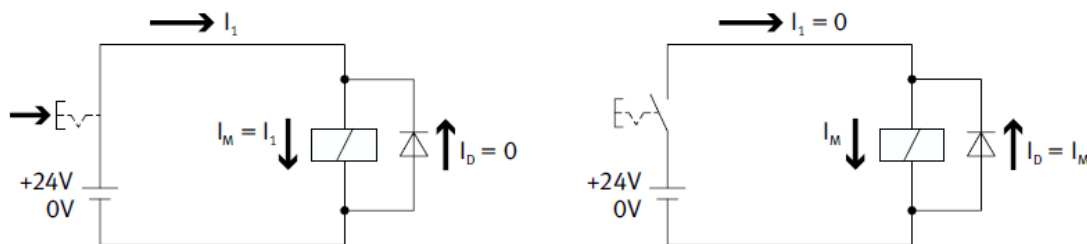
- _ Avería del aislamiento de la bobina
- _ Erosión de los contactos

Lo anterior puede evitarse empleando conexiones de protección con diodo.



Taller de Automatización

Circuitos de protección en caso de cargas inductivas



Mandos programables

En los sistemas controlados por relés el cableado es fijo. Los mandos por relés pueden ser sustituidos bien sea parcial o totalmente por mandos programables en memoria.

La estructura de un sistema controlado por un mando programable en memoria o Control Lógico Programable (PLC) es similar a la de un sistema controlado por relés.

Los dos sistemas están subdivididos así:

- _ Entrada de señales
- _ Procesamiento de señales
- _ Emisión de señales

La parte correspondiente a la entrada de señales y a la emisión de señales se halla cableada de forma permanente, mientras que el procesamiento de señales puede programarse libremente para modificar el comportamiento del sistema.



Taller de Automatización

Mandos programables

