

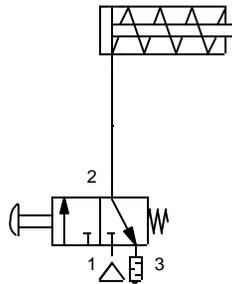
**ORIENTADOR: FRANCISCO JAVIER HENAO CASTAÑEDA**

[frajahec@utp.edu.co](mailto:frajahec@utp.edu.co)

## DISEÑO DE MANDOS NEUMÁTICOS

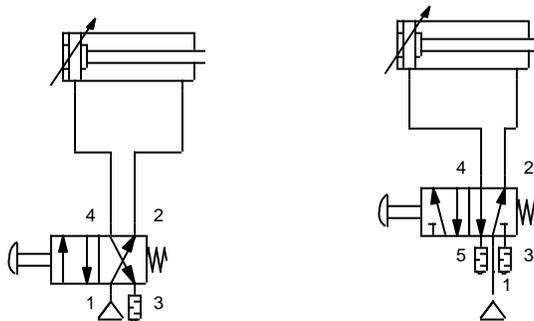
### MANDOS BÁSICOS

**Mando de un cilindro de simple efecto.** Para este caso, el vástago del cilindro de simple efecto debe extenderse al accionar la válvula de tres vías y dos posiciones accionada manualmente; al soltar el pulsador el vástago debe regresar a su posición inicial. Los resortes tanto de la válvula como del actuador tienen un efecto positivo en el retorno del cilindro.

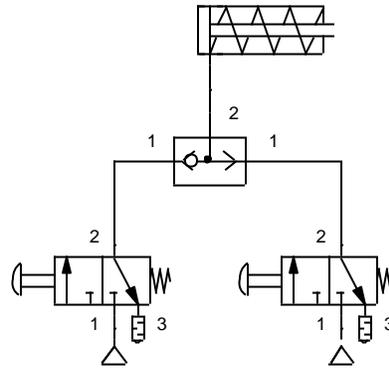


**Mando de un cilindro de doble efecto.** . Para este caso, el vástago del cilindro de doble efecto debe extenderse al accionar la válvula de cinco vías y dos posiciones accionada manualmente; al soltar el pulsador el vástago debe regresar a su posición inicial. Los resortes de la válvula hacen que el vástago del cilindro regrese a su posición inicial.

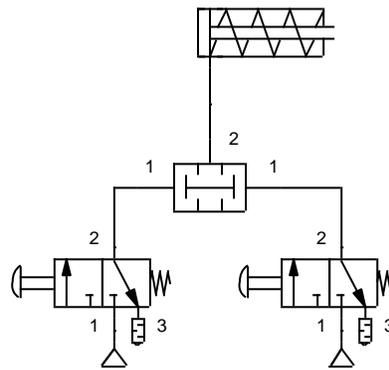
El gobierno del actuador puede hacerse bien sea con una válvula de cuatro vías y dos posiciones con retorno por muelle o con una de cinco vías y dos posiciones con retorno por muelle, ya que ambas cumplen la misma función.



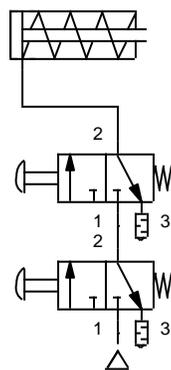
**Mando con selector de circuito.** Para este caso, el vástago del cilindro de simple efecto debe salir desde cualquiera de dos puntos diferentes. Las dos señales son válvulas de tres vías y dos posiciones con retorno por muelle (llamadas comúnmente pulsadores).



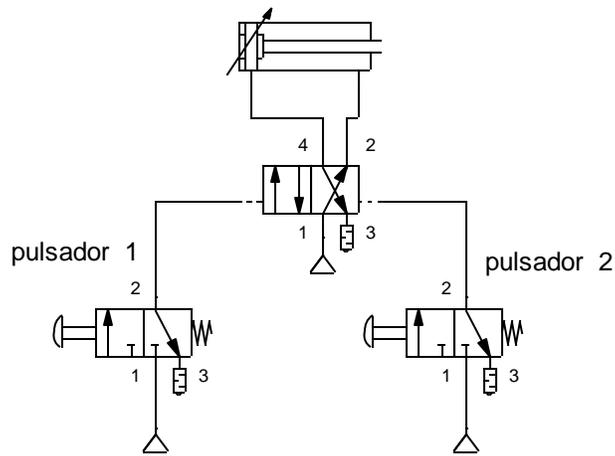
**Mando de simultaneidad.** En este caso, el mando se puede realizar de tres maneras diferentes. En la primera, el vástago del cilindro de simple efecto debe salir únicamente si se accionan dos válvulas de tres vías y dos posiciones con retorno por muelle.



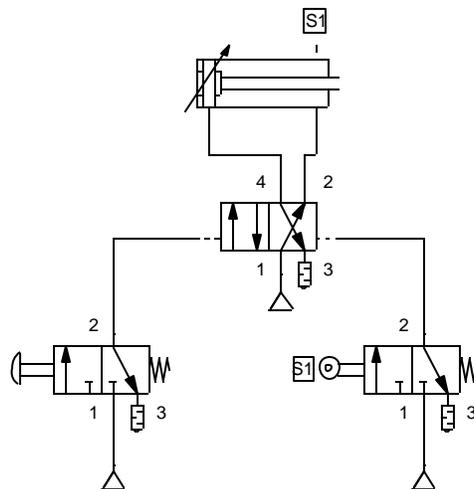
En la segunda solución, se pueden conectar las dos válvulas en serie directamente al actuador.



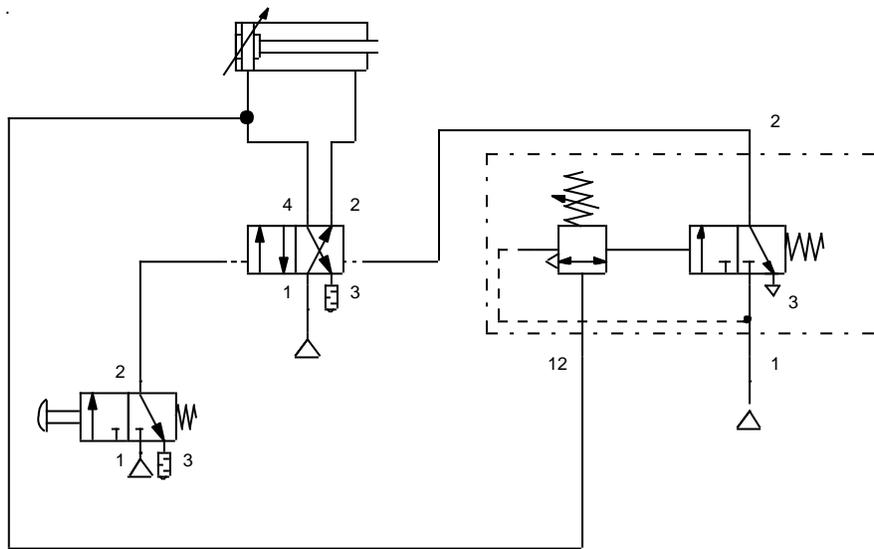




**Mando con control mecánico al final de la carrera.** En este mando, el cilindro de doble efecto realiza su recorrido hasta el final al accionar un pulsador, luego al final de su carrera una válvula con accionamiento mecánico (s1) da la orden para hacerlo retroceder.

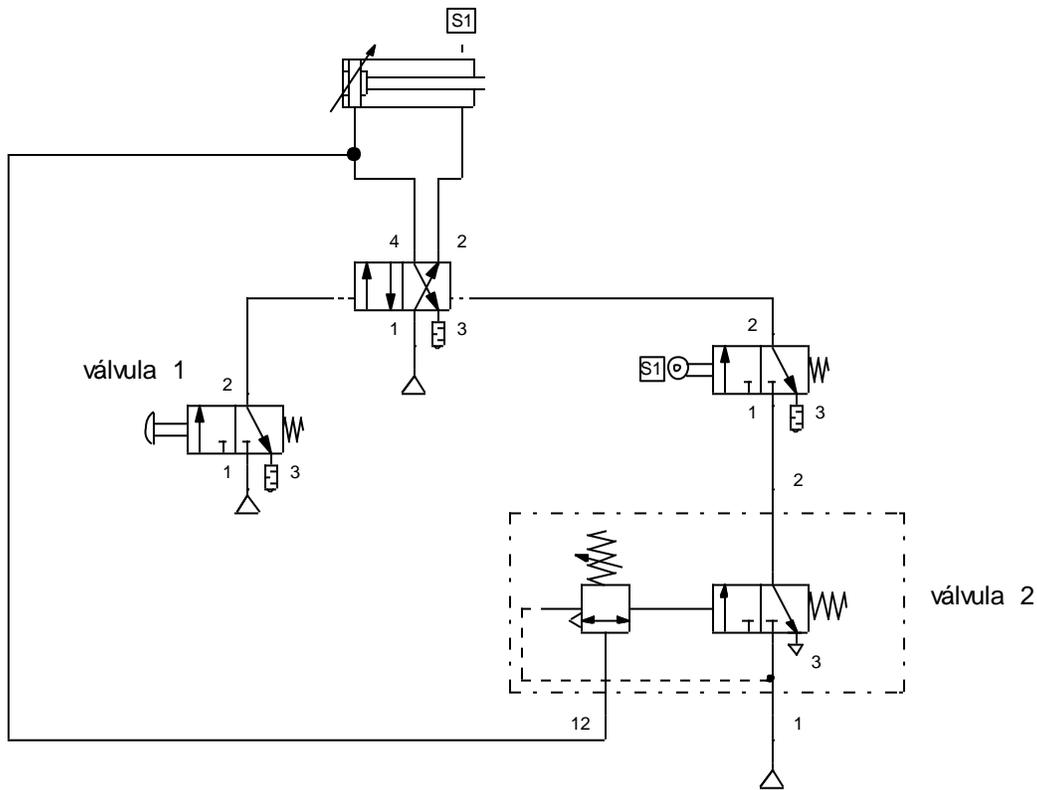


**Mando en función de la presión sin control mecánico al final de la carrera.** En este caso el cilindro de doble efecto debe ser conmutado en función de la presión. Cuando en la cámara posterior se ha acumulado aire a una determinada presión previamente ajustada, el cilindro debe retroceder a su posición inicial.

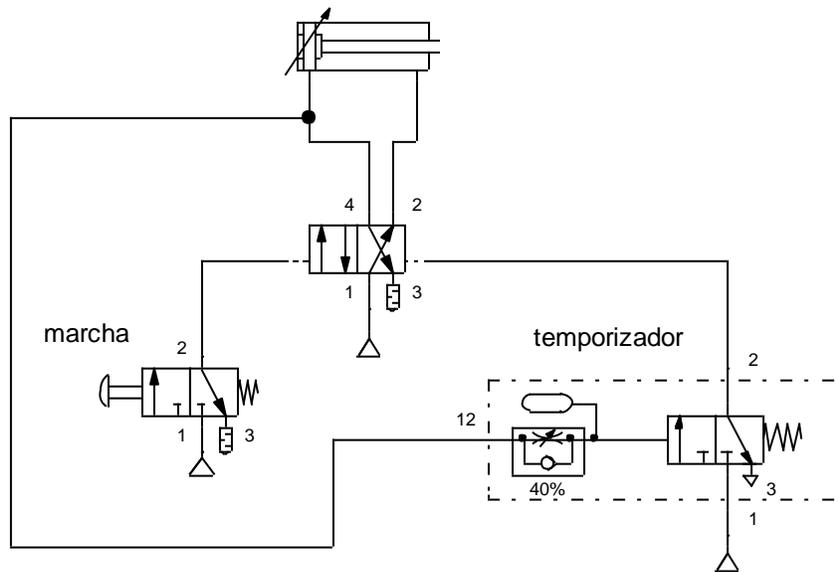


La válvula que gobierna el cilindro es accionada por el pulsador para su avance. El retroceso ya no depende de la carrera sino de la presión mediante una válvula de mando adicional llamada válvula de presóstato. En el caso de que el cilindro sea bloqueado en cualquier posición intermedia, entonces se realiza la conmutación antes que el vástago llegue a su posición final de carrera delantera (por acumulación de presión). Estos mandos pueden ser utilizados para circuitos de seguridad.

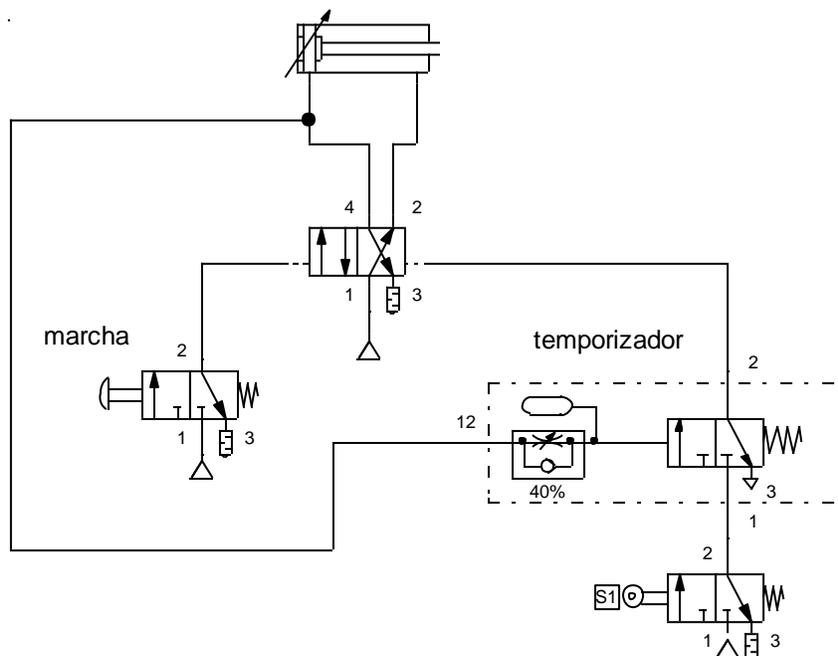
**Mando en función de la presión con control adicional de las posiciones final de carrera.** En este tipo de mando el vástago debe salir mediante una señal manual de puesta en marcha (válvula 1). El retroceso solo debe realizarse mediante la conmutación en serie de las válvulas 2 y s1. La conmutación de la válvula s1 depende exclusivamente de la válvula 2, es decir que solo podrá funcionar cuando se alcance la presión previamente establecida en la válvula 2.



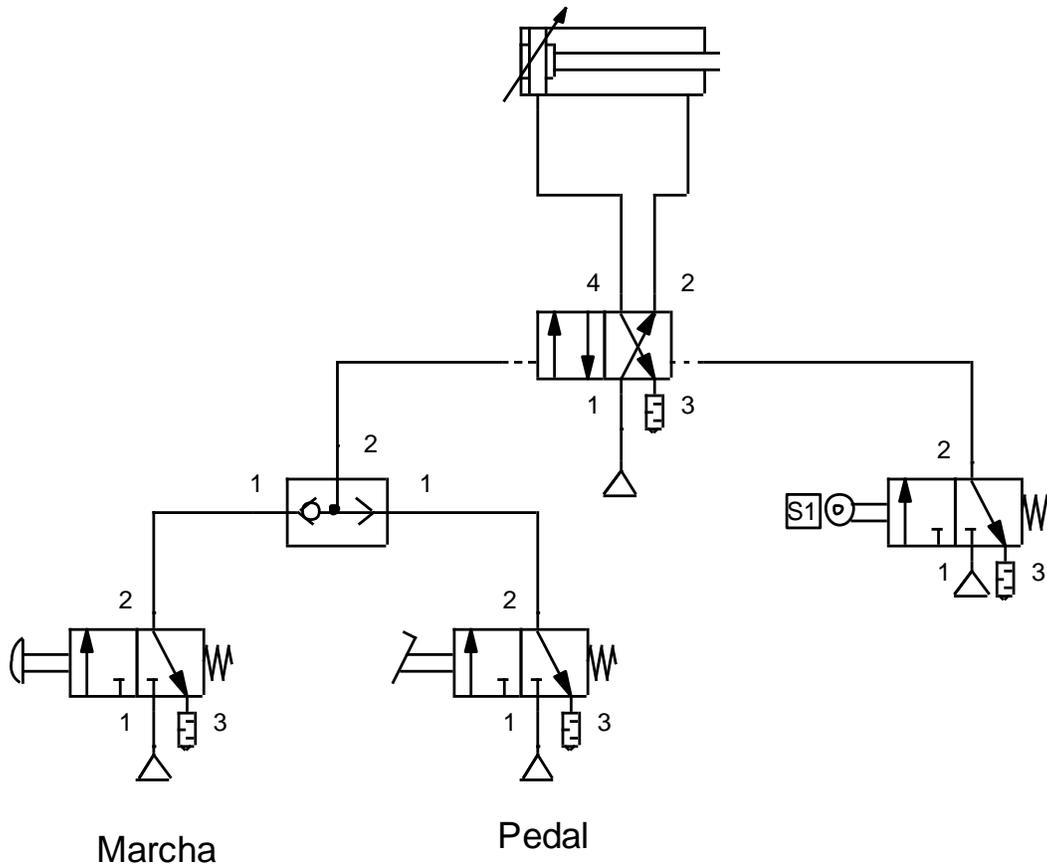
**Mando en función del tiempo sin control mecánico de posición.** El vástago del cilindro debe salir después de accionar el pulsador de marcha, luego deberá regresar en función del tiempo. Aquí se involucra un temporizador que previamente se ha fijado con un tiempo para que una vez transcurrido, haga regresar el vástago a su posición inicial. Estos mandos trabajan sin final de carrera y carecen de seguridad, por ejemplo si se presenta un bloqueo repentino del vástago, el temporizador sigue funcionando hasta que se cumpla el tiempo ajustado y luego hará regresar el vástago a su posición de inicio.



**Mando en función del tiempo con control de posición final.** En este mando el temporizador depende de la válvula s1 (final de carrera) para que el vástago pueda regresar a su posición inicial.



**Mando combinado para un cilindro de doble efecto.** Para el avance del vástago se tienen dos señales, una con pedal y la otra con pulsador manual, con cualquiera de estas dos señales se debe conmutar la válvula que gobierna el actuador, el retorno solo se da mediante la conmutación del final de carrera s1.



## SECUENCIA DE MOVIMIENTOS

### Diagrama de movimientos

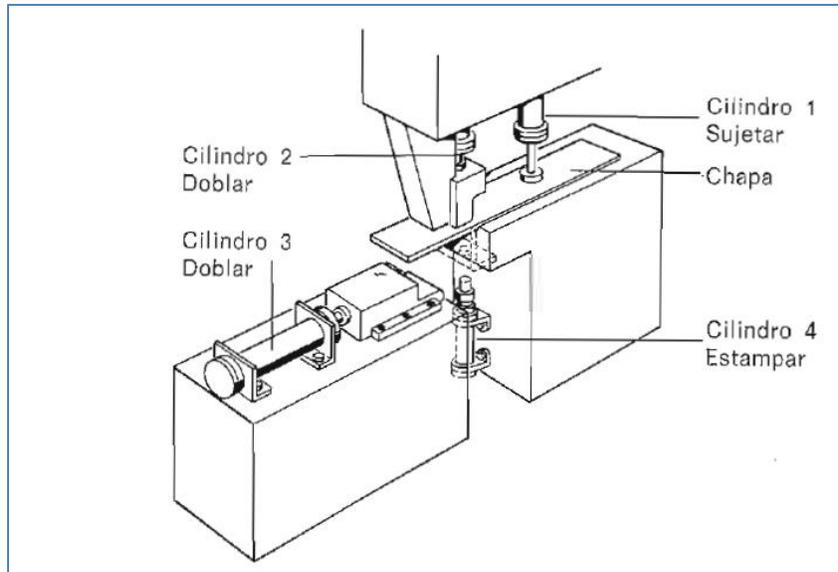
En el diagrama de movimientos se representan los procesos y estados de los elementos de trabajo (cilindros, unidades de avance). En una coordenada se registra el recorrido (carrera del pistón y en la otra las fases (diagrama espacio-fase). También existe la posibilidad de indicar el tiempo en otro diagrama llamado diagrama espacio-tiempo.

Las secuencias de movimientos para los procesos industriales ya se encuentran normalizadas según VDI 3260.

### Ejemplo de aplicación

Se deben doblar unas chapas y luego estamparlas mediante cuatro actuadores neumáticos. Las chapas se posicionan de forma manual, un primer cilindro se usa para la sujeción, con dos cilindros más se dobla la pieza y con un tercero se hace la estampación.

A continuación se muestra el plano de posición.



La secuencia de movimientos se puede representar de varias maneras: por escrito, gráficamente y representación esquemática.

### Representación por escrito

#### Desarrollo por orden cronológico

Cilindro 1: sujeción de la chapa

Cilindro 2: primer proceso de doblado

Cilindro 3: segundo proceso de doblado

Cilindro 3: regreso a su posición inicial

Cilindro 4: proceso de estampado

Cilindro 4: regreso a su posición inicial

Cilindro 2: regreso a su posición inicial

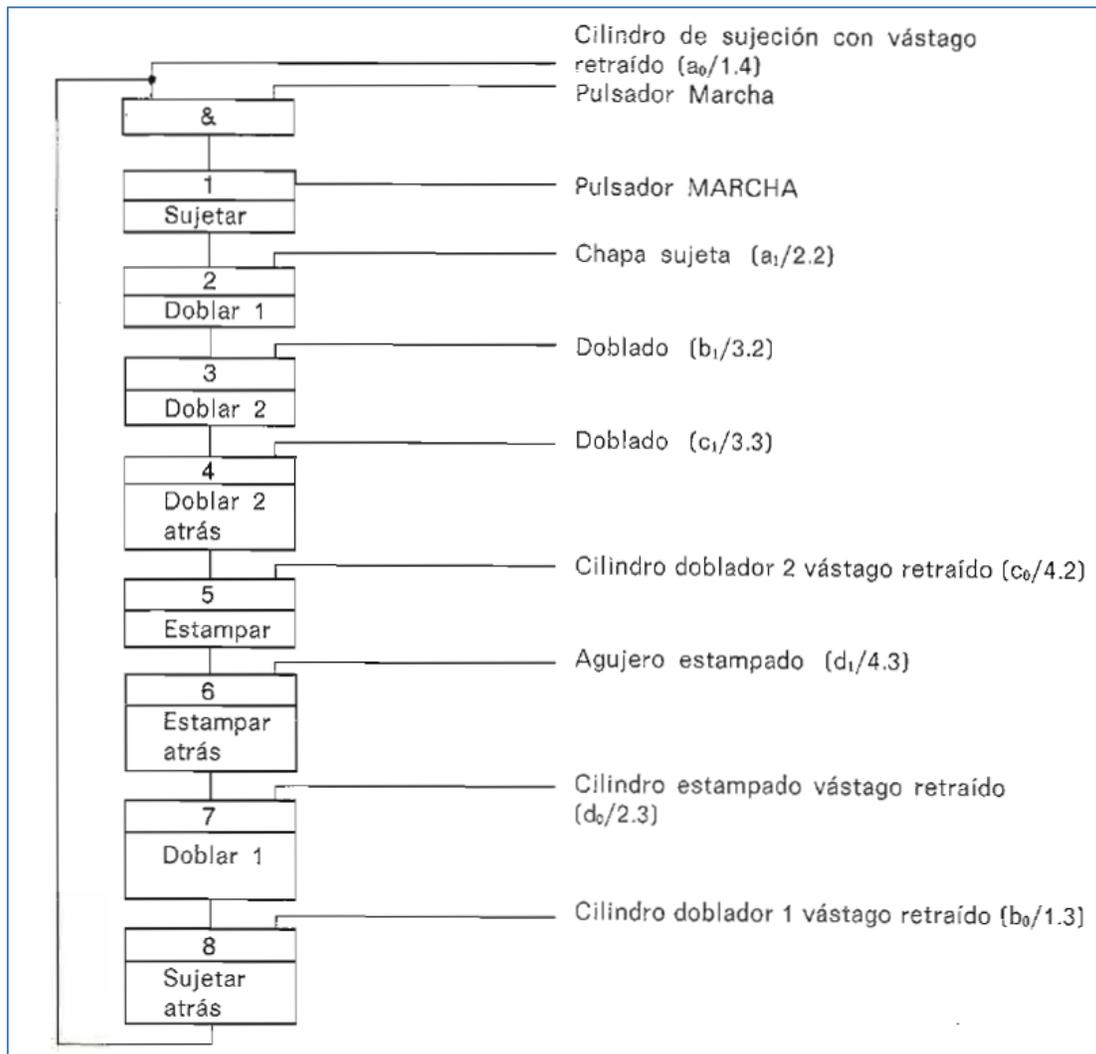
Cilindro 1: aflojado de la chapa y fin del proceso

#### Desarrollo gráfico

Paso del proceso	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
1	AUS	—	—	—
2	—	AUS	—	—
3	—	—	AUS	—
4	—	—	EIN	—
5	—	—	—	AUS
6	—	—	—	EIN
7	—	EIN	—	—
8	EIN	—	—	—

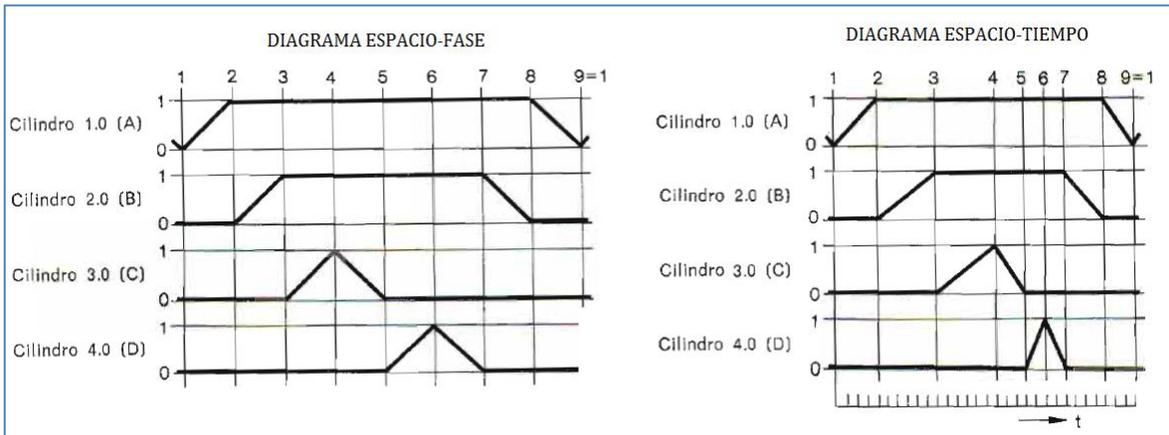
Indicación vectorial	Abreviación
Cilindro 1 →	Cilindro 1 +
Cilindro 2 →	Cilindro 2 +
Cilindro 3 →	Cilindro 3 +
Cilindro 3 ←	Cilindro 3 -
Cilindro 4 →	Cilindro 4 +
Cilindro 4 ←	Cilindro 4 -
Cilindro 2 ←	Cilindro 2 -
Cilindro 1 ←	Cilindro 1 -
Vástago extendido →	Vástago extendido +
Vástago retraído ←	Vástago retraído -

En la siguiente forma de representación por escrito (gráfico de desarrollo, plano de funcionamiento) no se relaciona solamente el movimiento del elemento de trabajo sino que también se tiene en cuenta en el plano, los elementos de entada y elaboración de señales.



## Representación gráfica

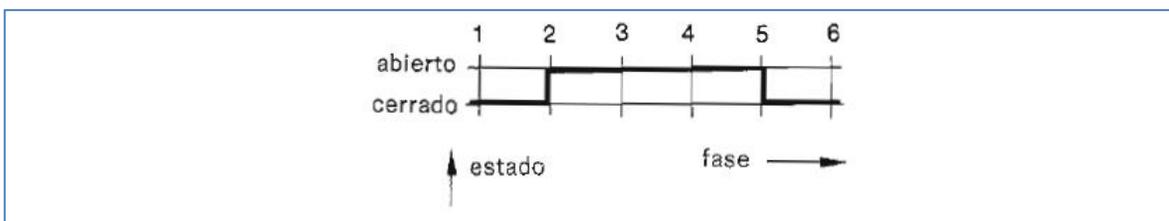
Este tipo de representación se hace mediante diagramas de movimientos donde se representan los procesos y estados de los elementos de trabajo. En una coordenada se registra el recorrido (carrera del elemento de trabajo) y en la otra las fases.



Mediante estos diagramas puede reconocerse de una manera sencilla el desarrollo de los movimientos de las máquinas automáticas. Igualmente puede representarse el desarrollo del trabajo dependiendo de la presión.

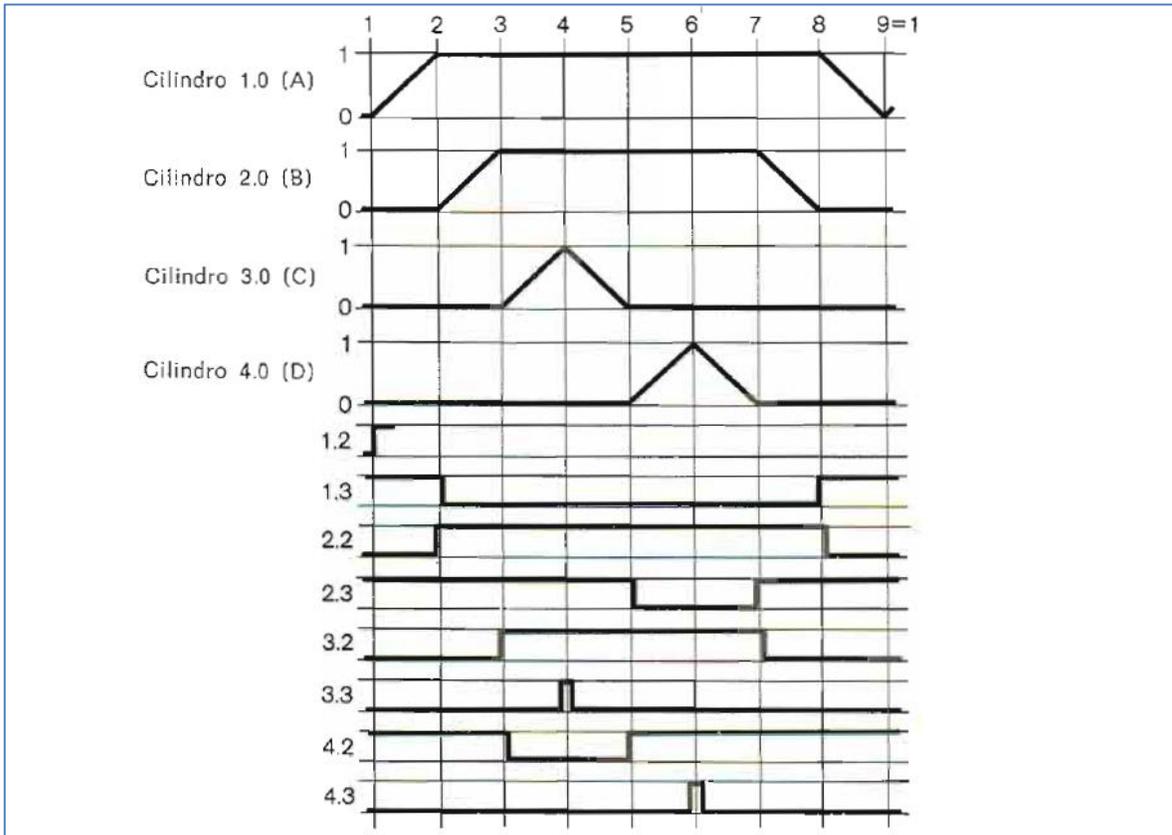
## Diagrama de mando

En los diagramas de mando se registran los estados de conexión de los elementos emisores de señal correspondiendo con las fases. Aquí no se tienen en cuenta los tiempos de conexión, solamente es importante el estado abierto y cerrado de cualquier emisor de señal. En el siguiente ejemplo se ve como un final de carrera emite señal al inicio de la fase dos y deja de emitir al final de la fase cinco.

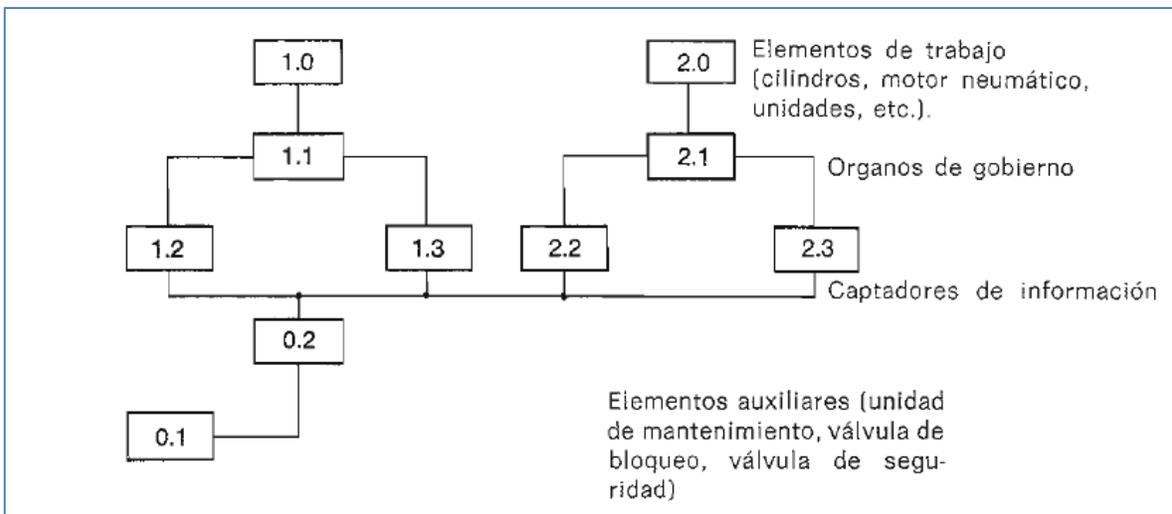


Los diagramas de movimientos y de mando representan el desarrollo de funcionamiento para un determinado grupo de elementos; por este motivo se usa a veces la expresión diagrama de funcionamiento. En la mayoría de los casos se dibuja el diagrama de movimientos y de mando, en este caso se denomina diagrama de funcionamiento total.

A continuación se muestra el diagrama de funcionamiento para el ejemplo de doblado y estampado.



### Representación esquemática



Un elemento de trabajo con las válvulas necesarias para su funcionamiento se considera como el eslabón de mando número 1, 2,... Por eso el primer número de la denominación de

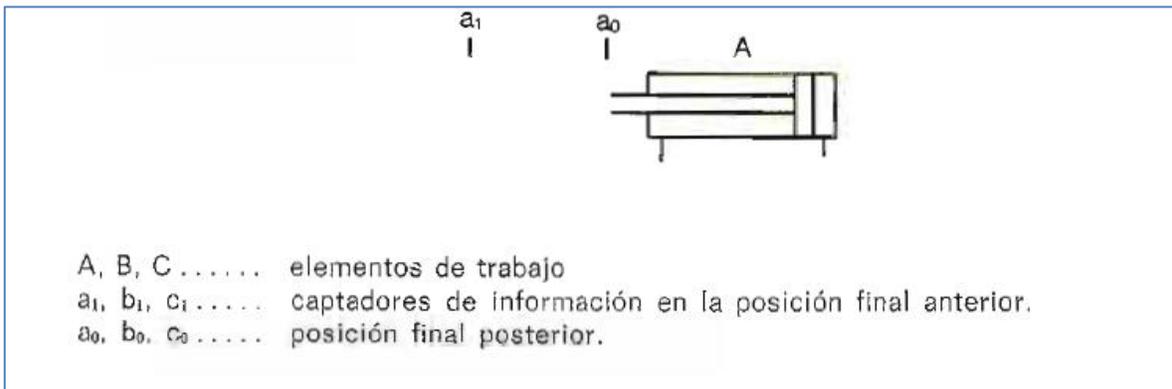
un elemento expresa a qué eslabón de mando pertenece dicho elemento. El número que sigue al punto (1.2, 1.3, 1.6, 2.3) expresa el elemento de que se trata. De esta manera:

1.0, 2.0, 3.0,... Elementos de trabajo

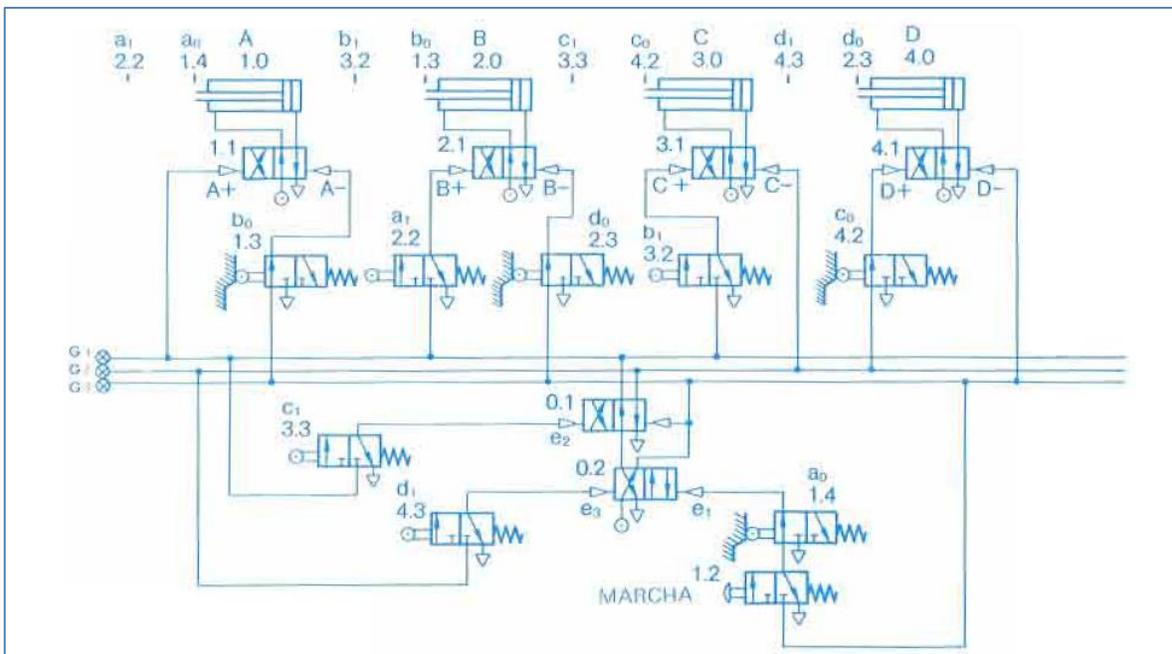
1.1, 2.1, 3.1,... Órganos de gobierno

### Designación mediante letras

Esta forma de representación se usa mucho en esquemas de mando en vez de usar una representación numérica. Los elementos de trabajo se designan por letras mayúsculas y los captadores de información por letras minúsculas.



### Esquema de mando



## MÉTODO PASO A PASO

El método paso a paso recibe este nombre porque un grupo es activado por el grupo anterior y desactivado por el siguiente.

Como ejemplo se tiene la siguiente secuencia (A+, A-, B+, B-). Esta secuencia de movimientos se divide en grupos, de tal modo que en los grupos no haya ninguna letra repetida y que el número de grupos sea el menor posible. Los grupos y las señales de las válvulas fin de carrera pueden verse en la tabla 1.

Los grupos se forman de la siguiente manera:

Grupo I {A+}

Grupo II {A-, B+}

Grupo III {B-}

Tabla 1. Secuencia de movimientos y grupos del método

GRUPO I	GRUPO II		GRUPO III
A+	A-	B+	B-
A1	A0	B1	B0

Cada grupo es activado por el grupo anterior y el último final de carrera del grupo anterior.

Es decir:

Grupo I. Activado por el grupo III y la válvula final de carrera B0.

Grupo II. Activado por el grupo I y la válvula final de carrera A1.

Grupo III. Activado por el grupo II y la válvula final de carrera B1.

Se empieza el esquema del circuito dibujando los cilindros en la posición que les corresponde al comienzo del ciclo. Cada cilindro está gobernado por una válvula distribuidora 4/2 o 5/2 de accionamiento neumático biestable.

Debajo de las válvulas distribuidoras (pero dejando un espacio para posibles finales de carrera y otras válvulas) se trazan tantas líneas horizontales (líneas de presión) como grupos hay en la secuencia y se enumeran con números romanos.

Debajo de las líneas de presión se dibujan tantas memorias como grupos hay y se colocan en línea horizontal distribuidas a lo largo de las líneas de presión. Todas ellas serán normalmente cerradas excepto la de la derecha que será normalmente abierta.

La primera memoria de la izquierda conecta su salida única con la línea de presión I (grupo I), la segunda a la línea II y la tercera a la línea III.

Cada memoria (excepto la de la derecha M3) está pilotada por la izquierda por la presión de la línea o grupo anterior al que está conectada su salida junto con la señal correspondiente al último movimiento del grupo anterior y por la derecha, por la línea o grupo que debe desactivarla.

Por ejemplo:

La válvula M1, cuya salida dará presión a la línea I, es pilotada por la izquierda con las señales de la línea III junto con el último final de carrera del grupo III, es decir B0. Es pilotada por la derecha por la línea o grupo que la desactiva (II)

La válvula M2, cuya salida dará presión a la línea II, es pilotada por la izquierda con las señales de la línea I junto con el último final de carrera del grupo I, es decir A1. Es pilotada por la derecha por la línea o grupo que la desactiva (III)

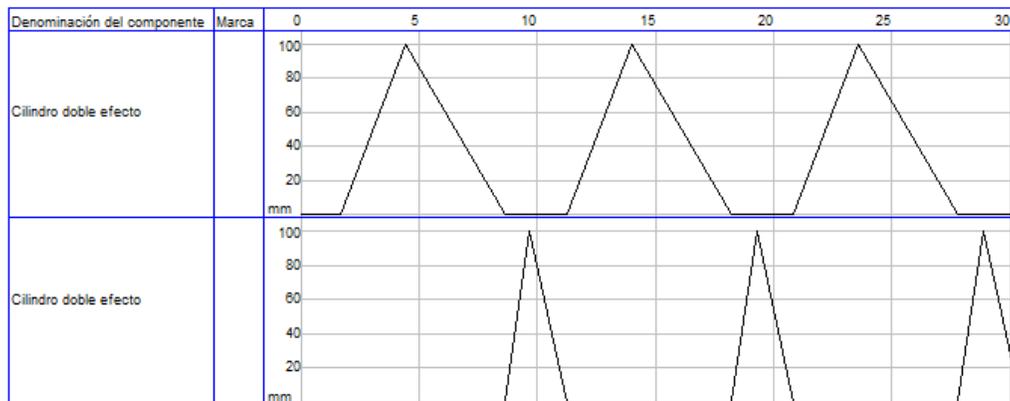
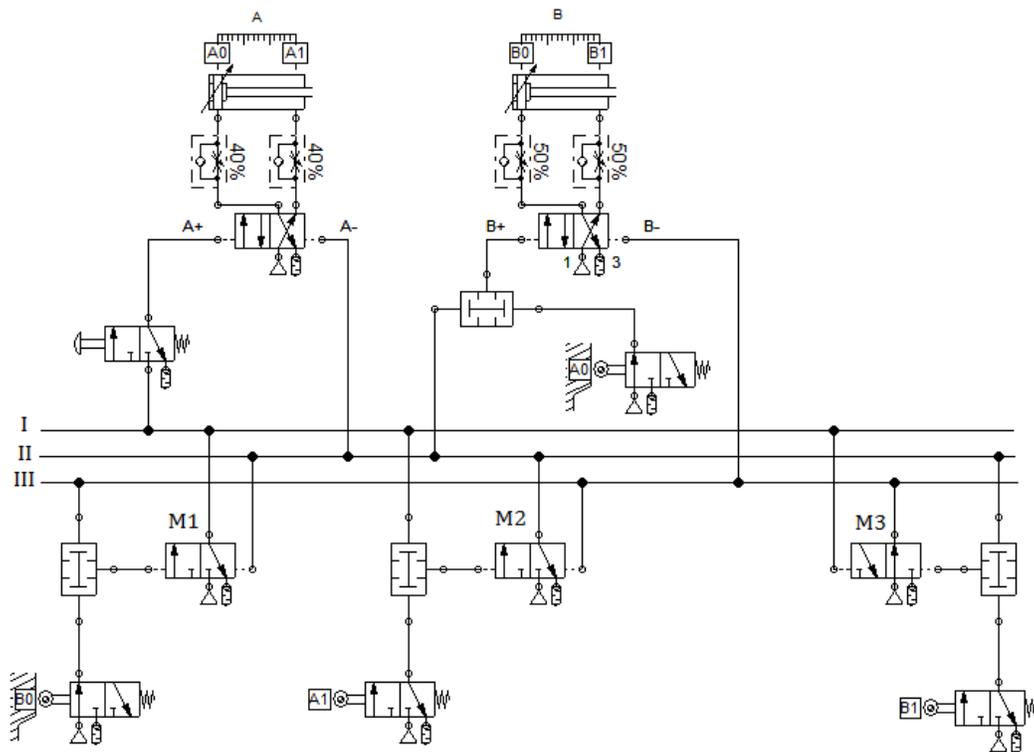
La válvula de la derecha M3 tiene los mismos pilotajes pero cambiando los lados de actuación, así, por su izquierda es pilotada (para cerrarla) por la línea siguiente, es decir la línea I, y por su derecha es pilotada (para abrirla) por la línea II junto con el último final de carrera del grupo II, es decir B1.

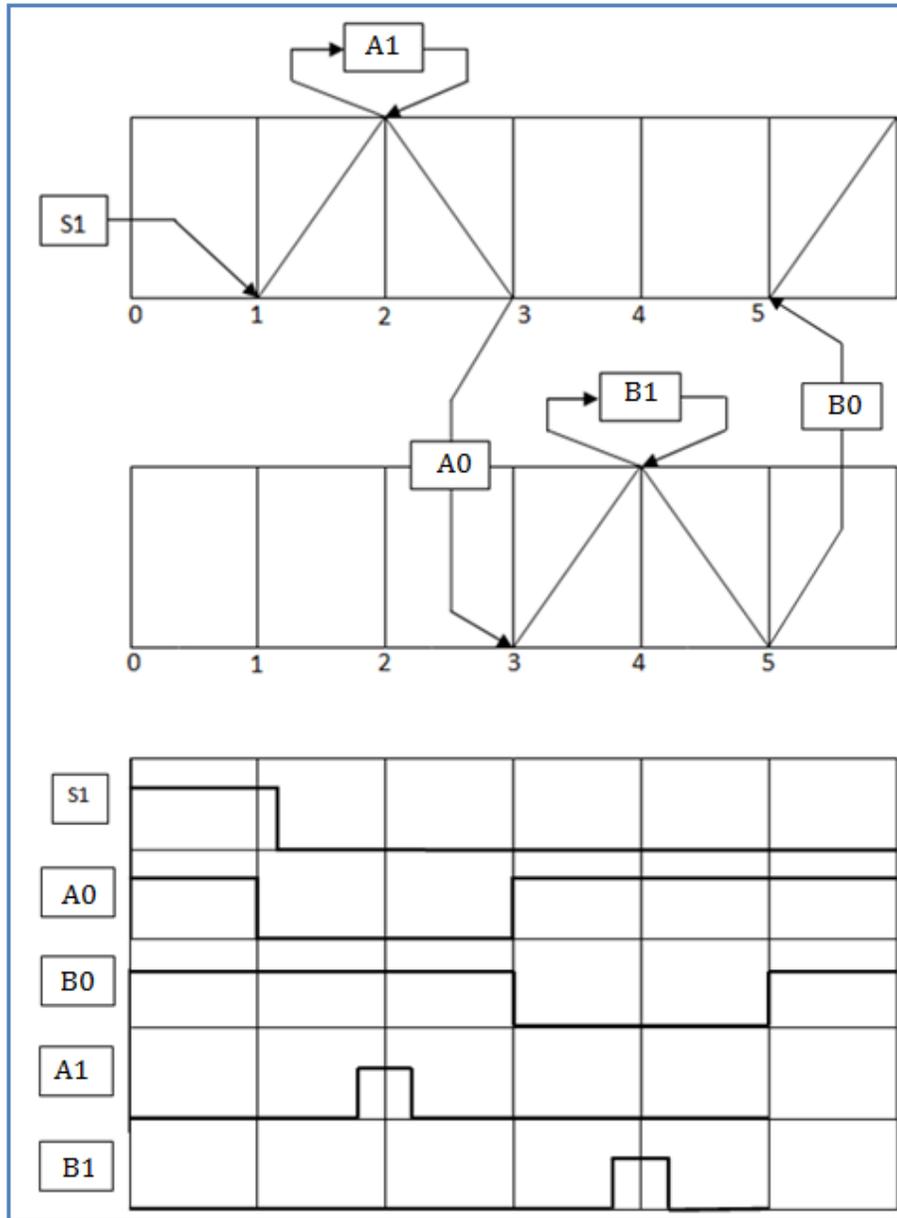
Las válvulas distribuidoras que gobiernan los cilindros se conectan a las líneas de presión de acuerdo a cómo aparecen dentro de los grupos, es decir A+ se conecta a la línea I porque pertenece a ese grupo, A- y B+ se conectan a la línea II porque estos estados pertenecen al grupo II y B- se debe conectar a la línea de presión III por que pertenece a ese grupo.

Para conectar la válvula final de carrera A0, se debe mirar a cuál de los tres grupos pertenece y su función dentro de él. En este ejemplo está dentro del grupo II y es una condición para que suceda B+ por lo tanto se debe instalar una válvula AND entre este final de carrera y la línea de presión II.

El pulsador de arranque se instala entre la línea de presión I y A+ para garantizar el inicio de la secuencia. En la figura 1 puede verse el esquema correspondiente al circuito analizado.

Figura 1. Método paso a paso neumático





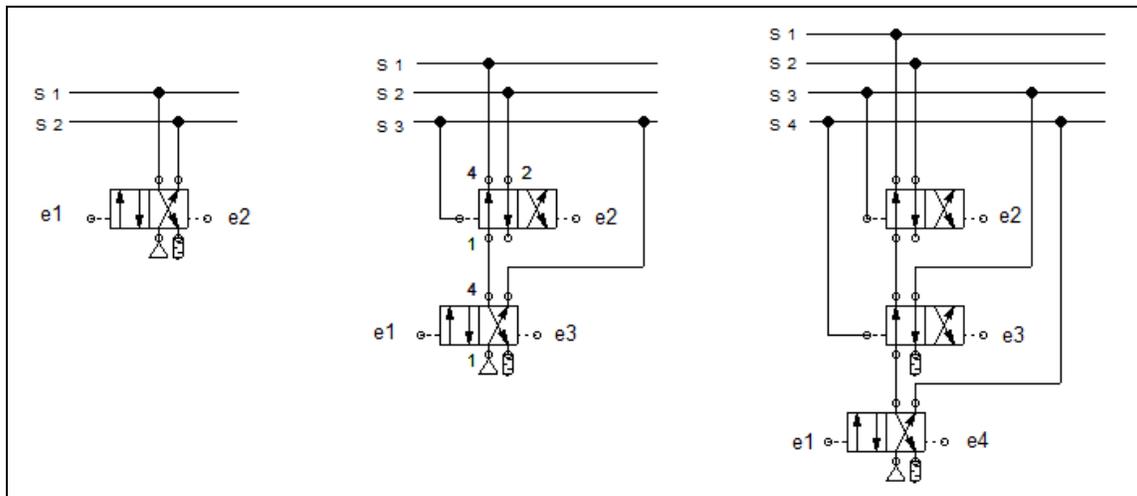
### MÉTODO CASCADA

Este método se utiliza para la anulación de señales. La denominación “montaje en cascada” atiende a la conexión en forma escalonada. Con esta disposición se asegura que la presión no esté disponible más que en una sola salida, estando a escape todas las demás.

Una característica clara en este método es la correspondencia de las entradas ( $e$ ) a las salidas ( $s$ ), así se garantiza la anulación de señales con relativa facilidad.

La figura 1 muestra las diferentes disposiciones para dos, tres y cuatro entradas con sus correspondientes salidas.

Figura 1. Disposición en cascada



Hay que procurar además, que una señal de entrada aplicada durante un lapso prolongado no pueda perturbar el funcionamiento del sistema. Esto se logra cuando una señal de entrada  $e_n$  solo pueda conmutar, si existe una señal de salida  $s_n - 1$ .

La figura 2 muestra la eliminación de señales mediante órganos AND.

El órgano AND quedará activado por las señales de  $e_n$  y  $s_n - 1$  para que no exista perturbación, es decir:

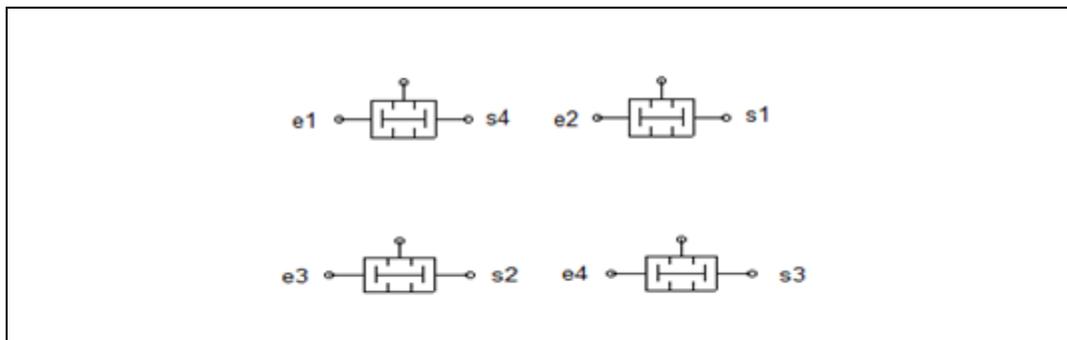
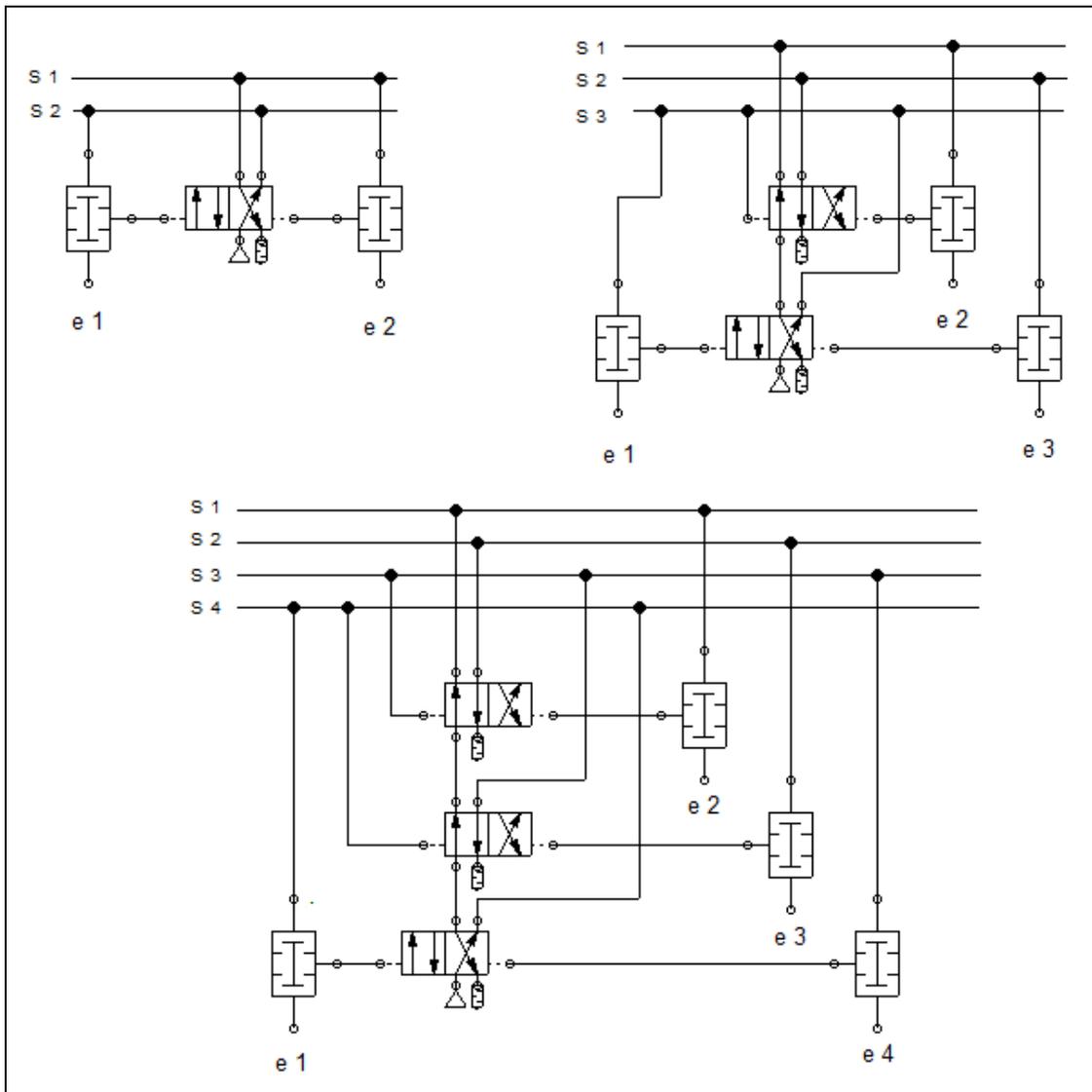


Figura 2. Eliminación de perturbaciones con funciones AND



**Ejercicio.** Resolver la secuencia (A+,B+,A-,B-,C+,A+,B+,A-,B-,C-) utilizando el método de cascada neumático.

**Solución.** Primero se divide la secuencia en grupos con las siguientes reglas:

1. Una orden de maniobra (salida o entrada de un cilindro) para un mismo cilindro, debe aparecer sólo una vez en un grupo.
2. Para mantener bajo el costo en válvulas conmutadoras, se forman grupos en lo posible grandes.

De acuerdo a lo anterior, se divide la secuencia en los siguientes grupos:

Grupo I {A+, B+}

Grupo II {A-, B-, C+}

Grupo III {A+, B+}

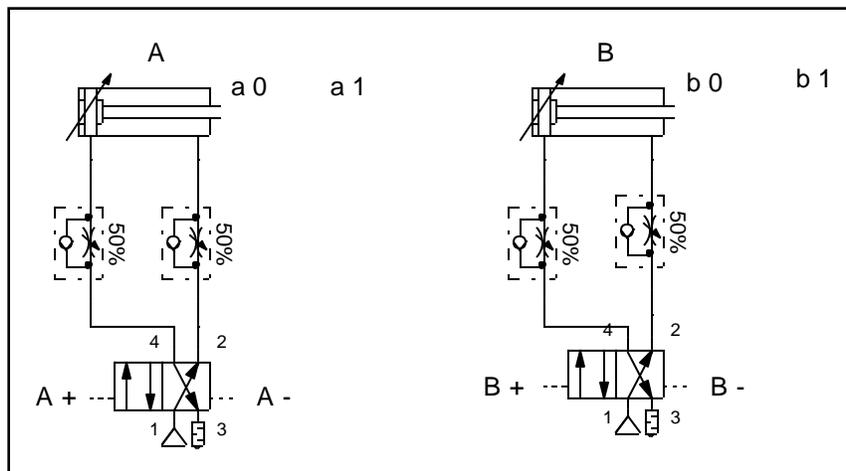
Grupo IV {A-, B-, C-}

Primero se dibujan los elementos de trabajo y los órganos de mando correspondientes (válvulas distribuidoras de 4/2 o 5/2) y se hacen corresponder las entradas con las salidas. Estos elementos se pueden ver en la figura 3.

El número de válvulas conmutadoras tipo memorias, resulta del número de grupos menos 1, en este caso resultan tres válvulas ya que son cuatro grupos, es decir:

$$\text{Número de memorias} = \text{Número de grupos} - 1$$

Figura 3. Elementos de trabajo y sus mandos



Luego se dibujan las salidas como líneas de presión enumeradas en orden descendente comenzando con  $s_1$  y siguiendo con  $s_2$  y así sucesivamente hasta que coincidan con las entradas. Las salidas son iguales al número de grupos, es decir  $s_1, s_2, s_3, s_4$ .

Las entradas son los últimos finales de carrera de cada grupo, que a propósito sirven para que se cambie de un grupo a otro y van situadas en la parte baja; inmediatamente debajo de las líneas de presión (salidas). En el presente caso, las entradas son  $b_1, c_1$  y  $c_0$ .

Los órganos de mando (válvulas distribuidoras de cada cilindro) se conectan directamente a las líneas de presión en concordancia con los grupos, es decir A+ va conectada a la línea I y a la III, esto quiere decir que el actuador A se extiende con la línea II ó con la III por eso lleva una válvula selectora.

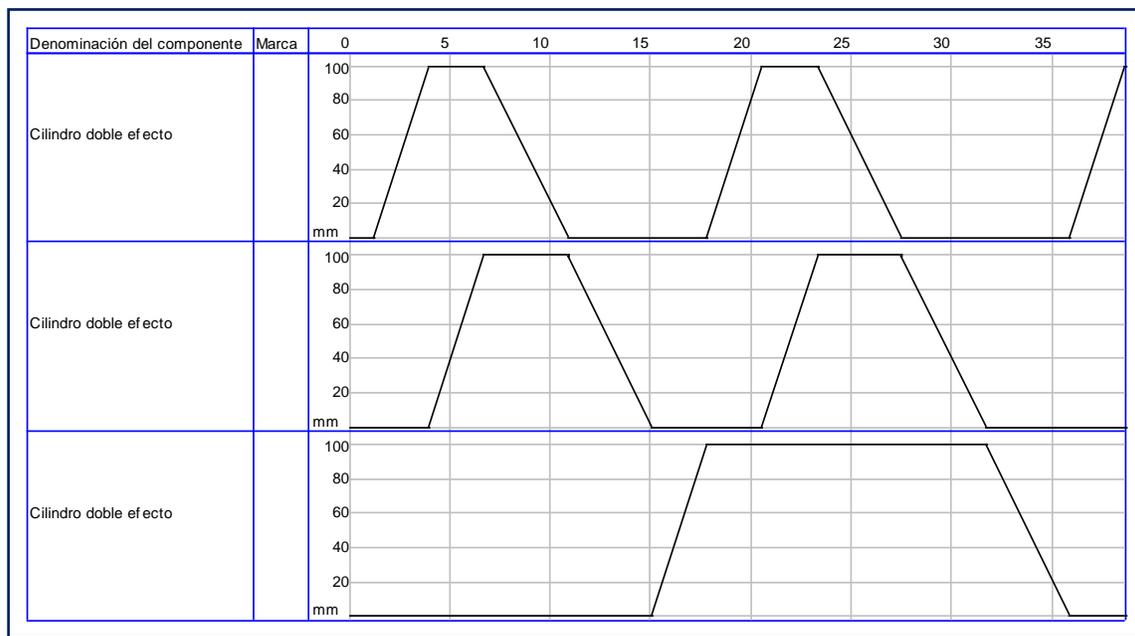
Los demás finales de carrera,  $a_1, a_0$  y  $b_0$  se ubican en la parte superior de las líneas de presión  $s_1, s_2, s_3, s_4$  de acuerdo a la posición que ocupan en los grupos; por ejemplo  $a_1$  es

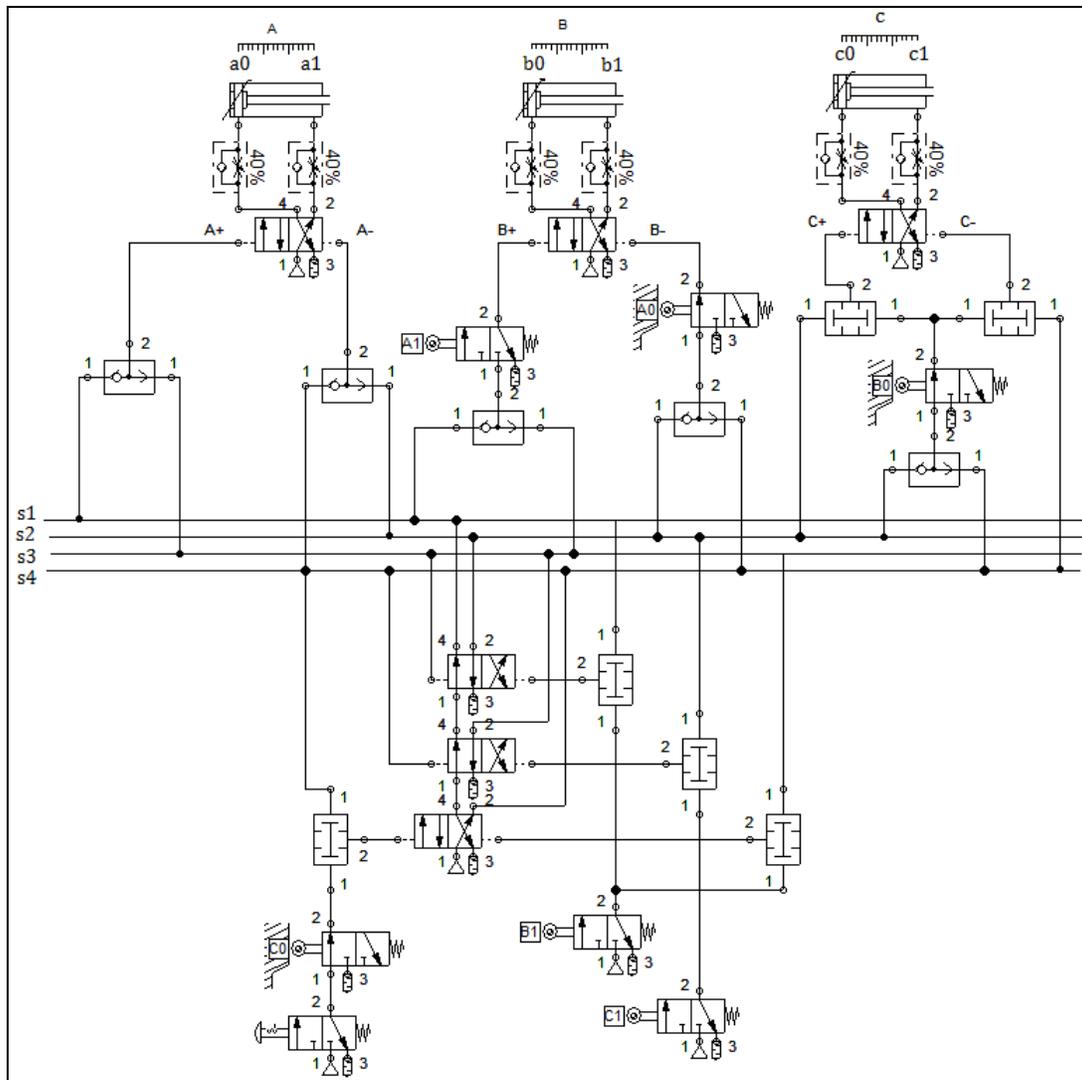
condición para que suceda B+ tanto en el grupo I como en el III, de esta manera se debe conectar antes de la válvula que gobierna al cilindro B por su parte izquierda (B+) y en serie con la válvula selectora que toma señales de la línea I y de la III como se ve en los grupos.

El pulsador de arranque se conecta en serie con el último final de carrera de la secuencia, es decir con c0 para que pueda iniciar el ciclo. Este pulsador puede tener enclavamiento si se quiere una producción en serie.

La solución de la secuencia se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4. Secuencia de movimientos y conexiones neumáticas

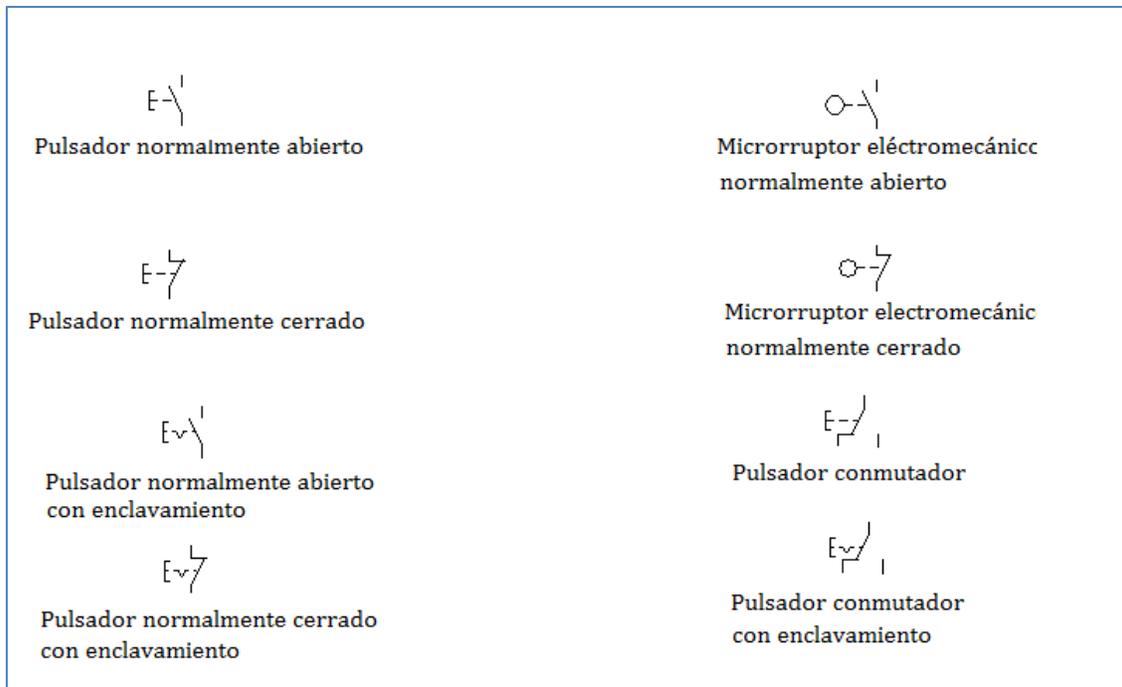




## ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE MANDO

### PULSADORES ELÉCTRICOS

Los pulsadores eléctricos también se conocen como interruptores y pueden ser de varios tipos según la norma DIN 40713 como se muestran en la siguiente figura:



## EL RELÉ

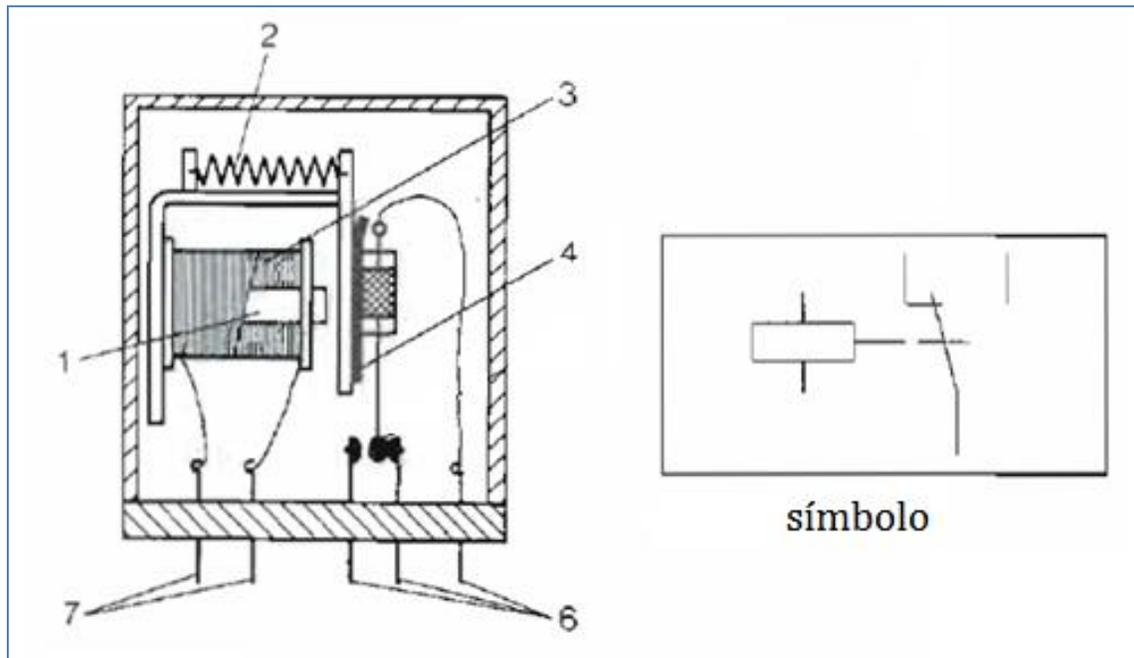
El relé o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por el estadounidense Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba en aquel tiempo "relevadores"

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. En algunos casos los relés pueden actuar de forma programada e independiente lo que supone grandes ventajas en su aplicación aumentando su uso en aplicaciones sin necesidad de

utilizar controles como PLD's (dispositivos lógicos programables) u otros medios para comandarlos.

Los principales componentes de un relé son: una bobina (3), un núcleo de hierro (1), un resorte (2) parte móvil (4) terminales de conexión de la bobina (7) contactos abiertos y cerrados (6) como se muestra en la siguiente figura.



El funcionamiento de un relé es bastante sencillo: cuando se hace pasar una corriente por la bobina, ésta se energiza creando un campo magnético alrededor del núcleo capaz de atraer la parte móvil y de esta manera, los contactos que inicialmente estaban cerrados se abren y los abiertos se cierran.

Una corriente pequeña en la bobina del relé puede ser suficiente para conmutar los contactos principales por los cuales pase una corriente mayor.

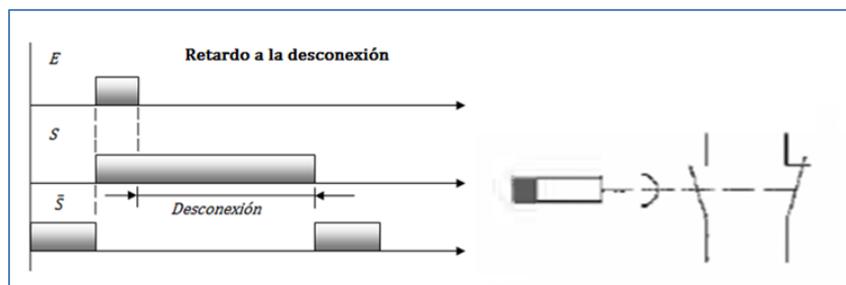
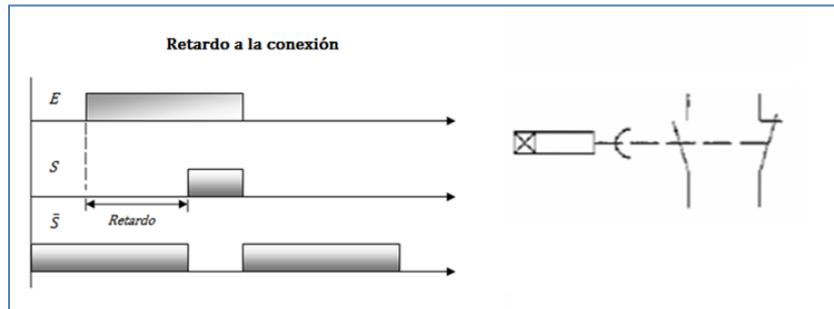
Al retirar la corriente de la bobina, vuelven los contactos a sus posiciones originales debido a la fuerza del muelle.

### **TEMPORIZADOR**

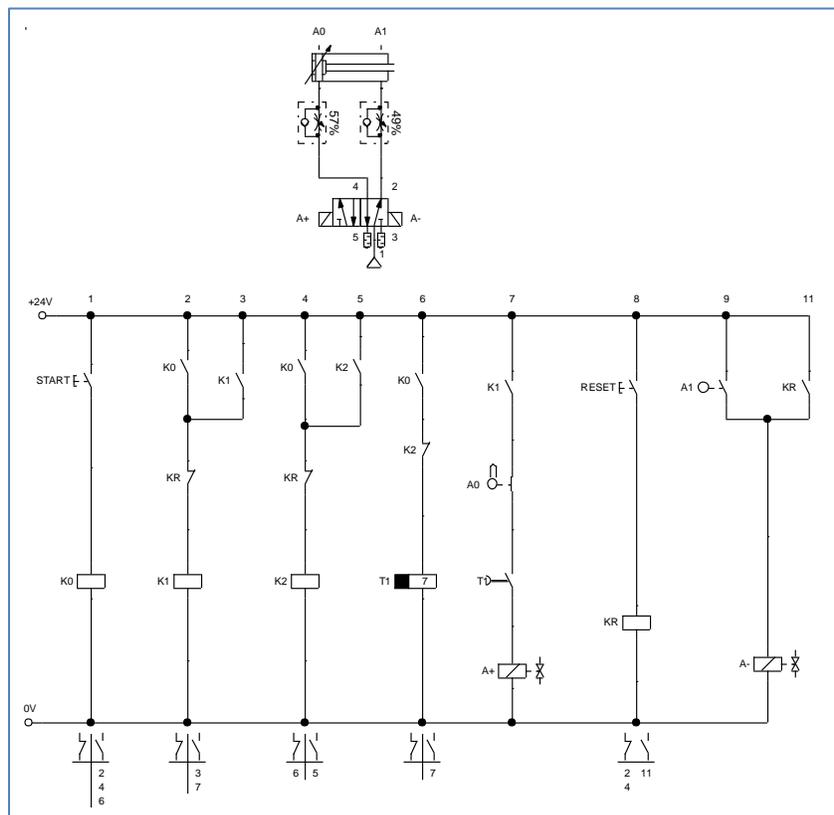
Un temporizador es un dispositivo capaz de retardar una orden de salida (activación o desactivación) durante un cierto tiempo, en respuesta a una señal de mando de entrada.

Las funciones de temporización más frecuentes son: retardo a la conexión, donde la salida se retarda hasta que transcurra el tiempo de retardo y retardo a desconexión donde la salida

conecta simultáneamente con la entrada, y se mantiene hasta un tiempo después de caer aquella, denominado tiempo de desconexión.

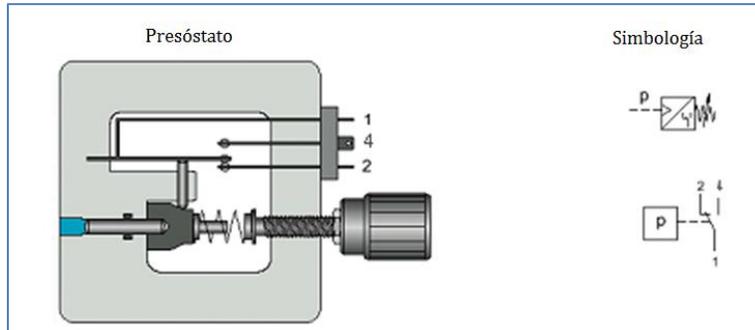


### Ejemplo



## PRESÓSTATO

El presóstato es un elemento que recibe una señal neumática y en respuesta a esa señal, entrega como salida una señal eléctrica (abre o cierra un contacto eléctrico). Su funcionamiento es similar a la válvula de secuencia neumática: cuando se alcanza una presión preestablecida (girando una perilla) como señal de entrada, se abre o cierra un contacto conectando o desconectando partes de un circuito.



## DETECTORES DE PROXIMIDAD SIN CONTACTO

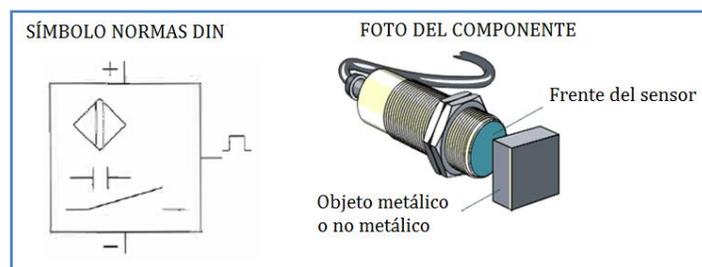
Estos sensores que pueden ser implementados con diferentes técnicas de accionamientos, tienen en común que para que una reacción sea producida, sólo se requiere la proximidad física entre el objeto y el sensor, sin necesidad de contacto mecánico alguno entre ambos; como sucede con los sensores mecánicos y electromecánicos (finales de carrera).

Los detectores de proximidad más utilizados en la industria son: inductivos, capacitivos, ópticos y magnéticos.

### Sensores capacitivos

Se diseñan para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección.

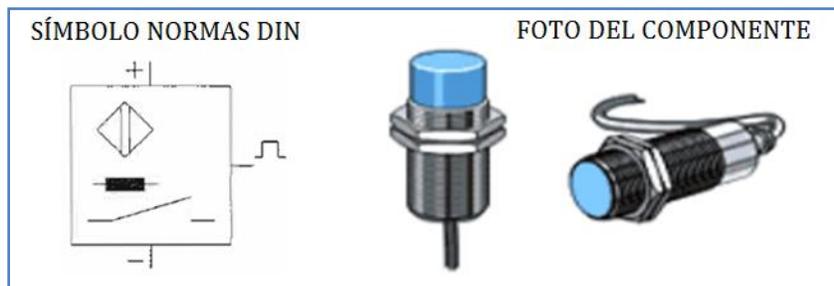
Los interruptores de proximidad capacitivos sensan objetos metálicos y materiales no metálicos como madera, cerámica, vidrio, apilamientos de papel, plástico, piedra, goma, hielo, materiales no férricos, materias vegetales, agua, aceite, adhesivo, pinturas, semillas, alimentos, sal, tintas, polvo de jabón, arena, cemento, fertilizantes, azúcar, harina y café.



## Sensores inductivos

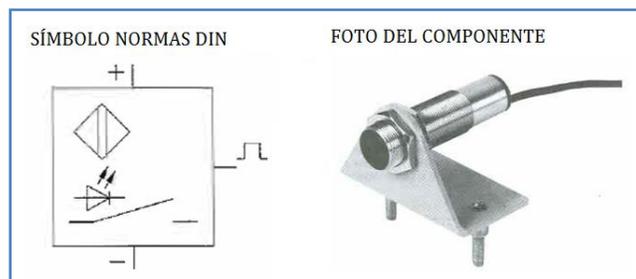
El principio de funcionamiento se basa en la generación de un campo electromagnético de alta frecuencia, que es producido por una bobina resonante instalada en la fase sensora (superficie donde emerge el campo electromagnético). La bobina forma parte de un circuito oscilador, que en condición normal (desactivada) genera una señal senoidal. **Cuando un metal** se aproxima al campo, éste por corrientes de superficies (Foucault), absorbe la energía del campo, disminuyendo la amplitud de la señal generada por el oscilador. La variación de la amplitud de ésta señal es convertida en una señal continua, que comparada con un valor referencial, pasa a actuar en el estado de salida.

Los sensores de proximidad inductivos son útiles cuando se requiere detectar sin contacto, la presencia o movimientos funcionales de objetos metálicos ubicados en máquinas herramientas, de ensamble y de procesado, robots, líneas de producción, etc. Cuando el objeto metálico entra al campo de acción del sensor, éste se activa como un interruptor produciendo una señal eléctrica que puede utilizarse para la conmutación de electroválvulas, contadores, tarjetas de interface o controladores programables.



## Sensores ópticos

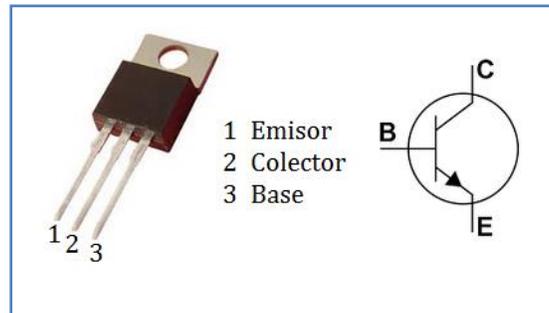
Se componen básicamente de un emisor de luz asociado a un receptor sensible a la cantidad de luz recibida. Detecta cuando el objeto penetra en el haz luminoso emitido y modifica de forma suficiente la cantidad de luz que recibe el detector para provocar un cambio de estado en la salida.





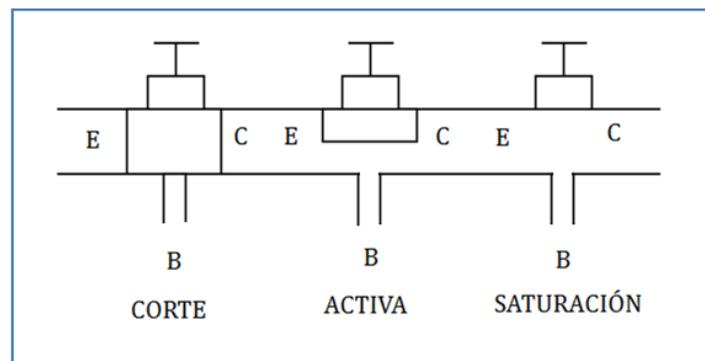
termoiónicas eran lentos, robustos y su consumo era grande, por esta razón no podían funcionar con pilas.

La siguiente figura muestra una foto de un transistor real con su respectiva representación simbólica usada en circuitos electrónicos. Siempre tienen tres patas llamadas emisor, colector y base que no se deben confundir a la hora de conectarse.



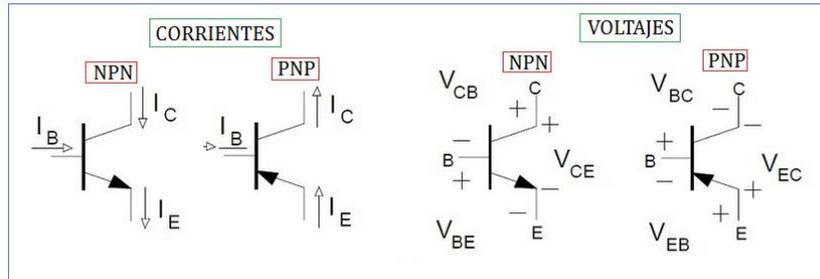
### Funcionamiento

El transistor funciona como interruptor, amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. Un transistor puede tener tres estados posibles cuando está conectado en un circuito: en corte, en activa y en saturación; en corte no deja pasar la corriente, en activa deja pasar más o menos corriente y en saturación deja pasar toda la corriente. La mejor forma de entender estos estados es comparándolo con una válvula proporcional hidráulica



Cuando no llega nada de corriente a la base del transistor, no hay paso de corriente entre el emisor y el colector y cuando la corriente de base es máxima (en saturación) funciona como un interruptor cerrado, es decir que entre el emisor y el colector hay paso de corriente y además es la máxima permitida. También cuando la corriente de base es muy pequeña, entonces entre emisor y colector pasará una corriente intermedia que no llega a la máxima; en este caso el transistor funciona como amplificador.

Diferencias entre transistores. Los transistores pueden ser NPN o PNP y una de las diferencias es que en los PNP la corriente de salida (entre emisor y colector) entra por el emisor y sale por el colector y en el NPN la corriente de salida entra por el colector y sale por el emisor. En la gráfica siguiente se ilustran las direcciones de las corrientes y tensiones en las dos clases de transistores.



### Fórmulas

Las dos fórmulas básicas que se usan en un transistor son las intensidades y la ganancia que es la relación entre la corriente de salida  $I_C$  y la necesaria para activarlo  $I_B$  (corriente de entrada) y se representa por la letra  $\beta$ . Esta ganancia es en realidad lo que se amplifica en el transistor, es decir, una ganancia de 100 indica que la corriente que entra por la base se amplifica en el colector 100 veces, o sea que la del colector es 100 veces mayor que la de la base. Pero la corriente del colector es muy parecida a la del emisor, por lo tanto se puede aproximar diciendo que la del emisor también es 100 veces mayor que la de la base.

## MANDOS ELECTRONEUMÁTICOS AVANZADOS

### SOLUCIÓN ELECTRONEUMÁTICA MÉTODO PASO A PASO

Sea una instalación electroneumática con la siguiente secuencia de movimientos:

$(A+, \frac{B+}{A-}, B-, C+, \frac{A+}{B+}, A-, B-, C-)$ . Para esta secuencia, se pide encontrar una solución por el método paso a paso.

**Solución.** Se comienza construyendo una tabla donde se muestran las fases de movimientos de acuerdo con la secuencia. Estos datos aparecen en la tabla 2.

Tabla 2. Numeración de las fases de acuerdo con la secuencia

<b>Secuencia</b>	A+	B+	B-	C+	A+	A-	B-	C-
		A-			B+			

<b>Fases</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---

Cada relé que hará el papel de memoria, es decir, recordará qué parte de la secuencia se ha producido y cuál todavía no, corresponderá a una fase. Habrá pues, ocho relés.

La primera parte del circuito de control será la encargada de activar y desactivar cada relé, memoria o fase, asegurando que únicamente haya en cada momento uno de ellos activo.

En la tabla 3 se registran las fases con sus respectivas activaciones y desactivaciones.

Tabla 3. Activación y desactivación de las fases

<b>Fase</b>	<b>Secuencia</b>	<b>Activación</b>	<b>Desactivación</b>
<b># de fase</b>		<b>Fase anterior y finales de carrera</b>	<b>Grupo siguiente</b>
Fase 1	A+	Fase 8 y C0	Fase 2
Fase 2	B+,A-	Fase 1 y A1	Fase 3
Fase 3	B-	Fase 2 y B1 y A0	Fase4
Fase 4	C+	Fase 3 y B0	Fase 5
Fase 5	A+,B+	Fase 4 y C1	Fase 6
Fase 6	A-	Fase 5 y A1 y B1	Fase 7
Fase 7	B-	Fase 6 y A0	Fase 8
Fase 8	C-	Fase 7 y B0	Fase 1

De acuerdo con la tabla 3, para energizar la memoria 1, es decir, K1 es necesario conectar en serie un contacto de k8 (fase 8) con el final de carrera C0 y el pulsador de arranque, seguidamente se hace un paralelo con el número de fase correspondiente, es decir con K1 (fase 1). Por último, se conecta un contacto cerrado de la fase siguiente, es decir K2 (fase 2) para desenergizar la memoria 1.

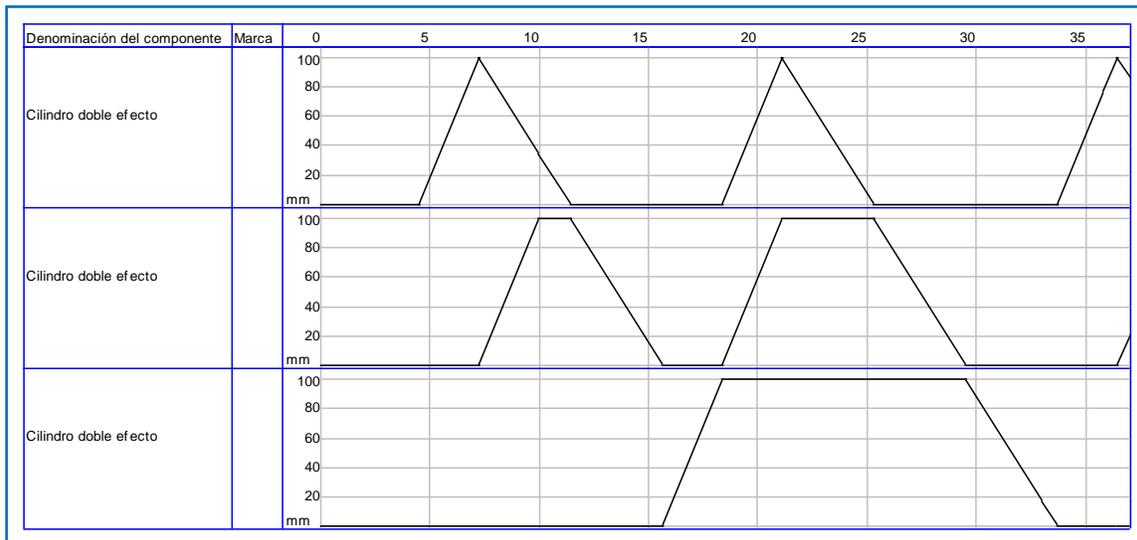
Se hace algo parecido siguiendo la tabla para energizar y desenergizar las memorias siguientes. Por ejemplo para energizar la memoria 3, es decir, K3 es necesario conectar en serie un contacto de k2 (fase 2) con el final de carrera A0 y B1, seguidamente se hace un paralelo con el número de fase correspondiente, es decir con K3 (fase 3). Por último, se conecta un contacto cerrado de la fase siguiente, es decir K4 (fase 4) para desenergizar la memoria 3.

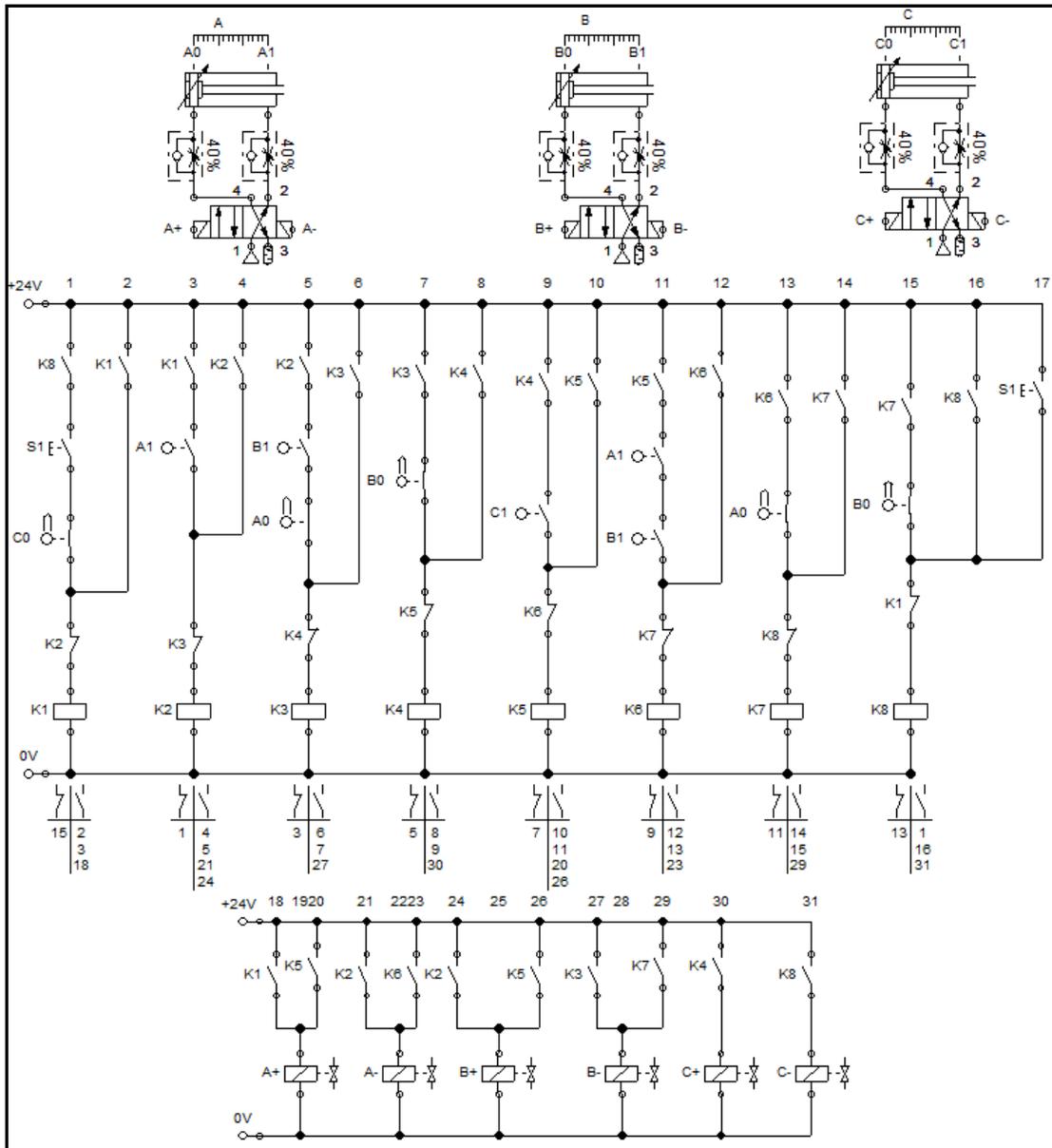
Para el circuito de potencia se deben leer las condiciones en la tabla 3 que energizan los solenoides de las electroválvulas, por ejemplo para energizar B- se deben conectar en

paralelo la fase 3 (K3) y la fase 7 (K7) porque con cualquiera de las dos condiciones, el actuador B regresa a su posición inicial.

El pulsador de arranque S1 debe conectarse al inicio y al final del circuito de control (línea 1 y línea 17 en la figura 2) para garantizar energía al inicio de la secuencia.

Figura 2. Circuito electroneumático método paso a paso





## SOLUCIÓN ELECTRONEUMÁTICA MÉTODO CASCADA

Grupo I {A+, B+}

Grupo II {A-, B-, C+}

Grupo III {A+, B+}

Grupo IV {A-, B-, C-}

A cada grupo lo activa el anterior y el sensor final del grupo anterior, y lo desactiva el grupo siguiente. Con esta información se construye la tabla 1.

Tabla 1. Número de grupos, activación y desactivación

GRUPO	ACTIVA	DESACTIVA
-------	--------	-----------

1	GRUPO IV Y C0 Y S1	GRUPO II
2	GRUPO I Y B1	GRUPO III
3	GRUPO II Y C1	GRUPO IV
4	GRUPO III Y B1	GRUPO I

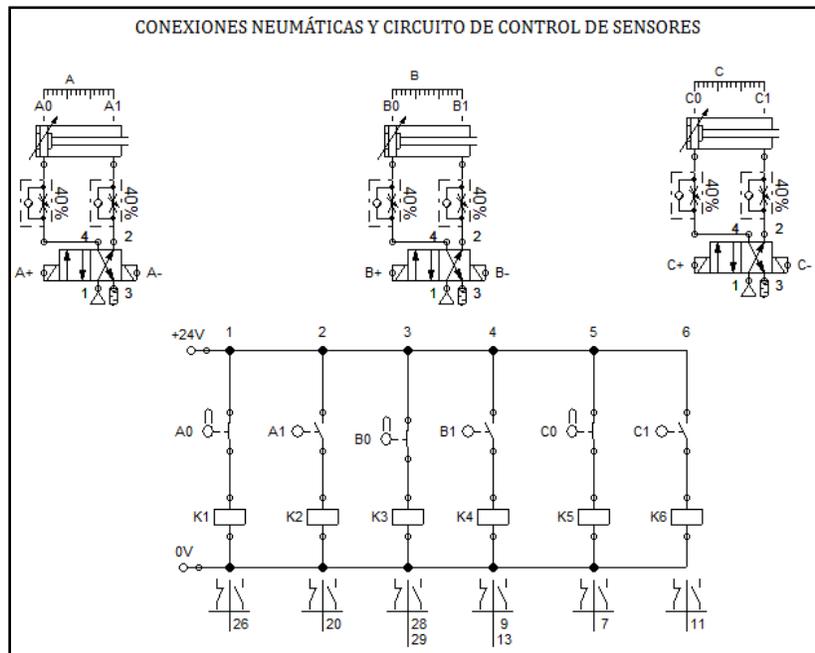
Cada solenoide se energizará con el grupo al cual pertenece y el sensor anterior si es un movimiento intermedio. Los solenoides que están al inicio de cada grupo, se energizarán solamente con los grupos a los cuales pertenecen (no va ningún sensor conectado).

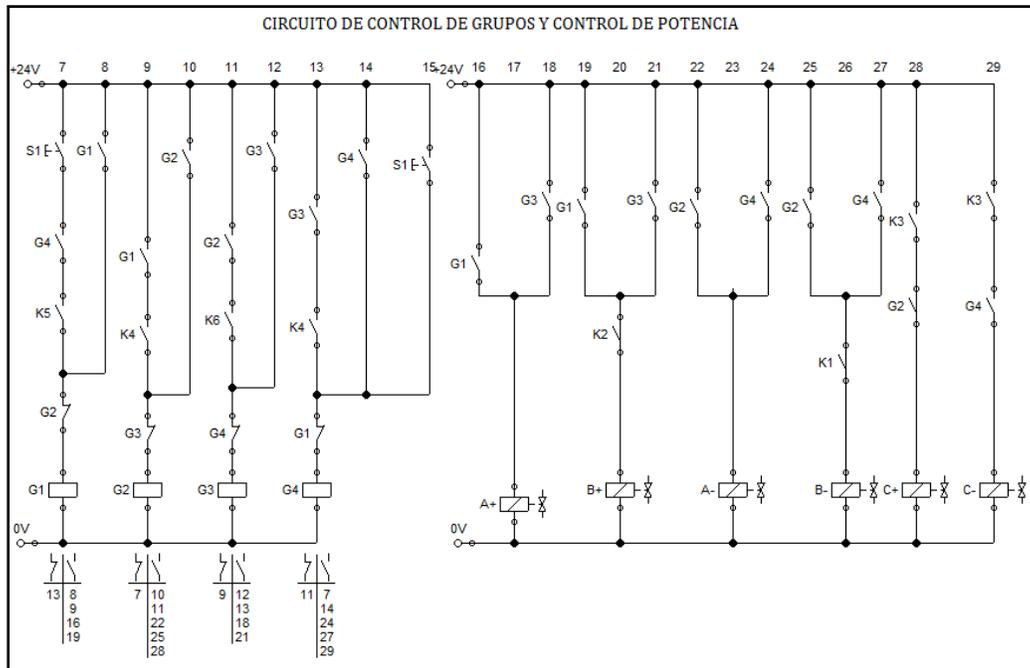
Se debe dar señal al último grupo para que de esta manera, el primer grupo se pueda activar, para ello se instala un pulsador S1.

Se recomienda conectar cada sensor a un relé para que cuando se requiera su activación dos o más veces, se utilice un contacto del relé en su lugar.

La solución para este ejercicio se muestra en la figura 5.

Figura 5. Circuito electroneumático





## DESARROLLO DE SISTEMAS CON BASES LÓGICAS

### SISTEMAS DE MANDOS COMBINATORIOS

Con el álgebra lógica o de conmutación se puede describir una gran parte de los mandos que trabajan con señales binarias, esto incluye todos los sistemas de mando en los que determinadas combinaciones de valores de señales de entrada producen determinadas combinaciones de señales de salida. La secuencia en la que aparecen las señales de entrada, en estos mandos no tiene importancia; solo es importante la presencia de una combinación determinada de señales de entrada para que sea disparada una determinada orden de mando. Por esta razón este tipo de mandos se denominan mandos combinatorios.

Ejemplo de un sistema de mando combinatorio: la mesa de alimentación de una fresadora debe ponerse en movimiento únicamente cuando:

- La fresa está en marcha
- Se suministra líquido refrigerante
- La rejilla protectora está cerrada
- El motor de avance está conectado

### SISTEMAS DE MANDO SECUENCIALES

Otros problemas de mando no pueden ser resueltos utilizando únicamente lógica combinatoria. En el caso de un sistema de mando de un ascensor para varios pisos no basta satisfacer determinadas condiciones (puertas cerradas, sobrecarga, botón de arranque

accionado) para poner en movimiento el ascensor. El mando debe memorizar las órdenes de marcha a los diversos pisos, poner estas instrucciones en un orden adecuado y luego procesarlas en el orden correcto. Por esta razón los sistemas de mando no contienen únicamente elementos para efectuar funciones lógicas combinacionales sino también elementos en que están definidas y memorizadas por tiempo arbitrario, instrucciones que ya han sido ejecutadas o que deben serlo. De acuerdo con esto las señales de salida de sistemas de mando secuencial de este tipo no dependen solo de las señales de entrada instantáneas sino también de señales memorizadas, es decir, del estado de la memoria. Este estado se modifica a su vez mediante determinadas señales de entrada y las combinaciones de estas.

### **OPERACIONES BÁSICAS DE LOS ELEMENTOS LÓGICOS**

Las posibilidades de procesamiento de las señales binarias pueden describirse mediante el uso de tres operaciones básicas:

Y (AND, SIMULTANEIDAD)

O (OR, SELECTOR)

NO (NOT, INVERSOR)

Estas operaciones lógicas básicas pueden emplearse para resolver problemas de mando combinatorio. Es por esta razón que los problemas de mando se resuelven primeramente de una forma universal empleando estas operaciones lógicas básicas y luego se convierten en un equipo tecnológico apropiado.

### **OPERACIÓN LÓGICA Y**

Se conoce también como conjunción, enlace AND o simultaneidad. Cuando su salida se encuentra en un 1 lógico es porque todas sus entradas también lo están.

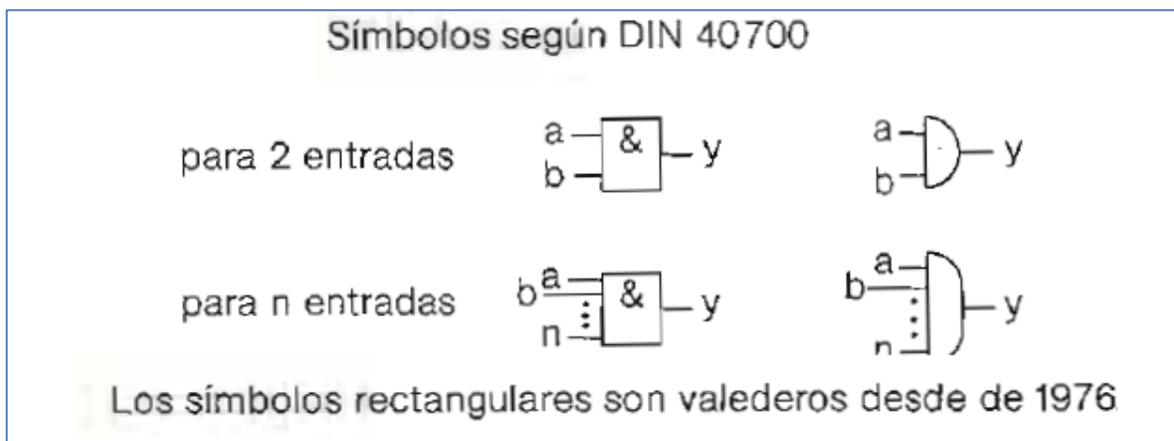
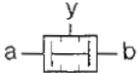


Tabla de valores		
Valores de las señales de entrada		Valores de la señal de salida
a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

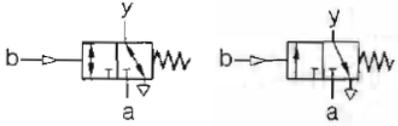
En la tabla de valores o de verdad se escriben los valores de las señales de entrada y de salida.

### Realización de la operación con elementos neumáticos



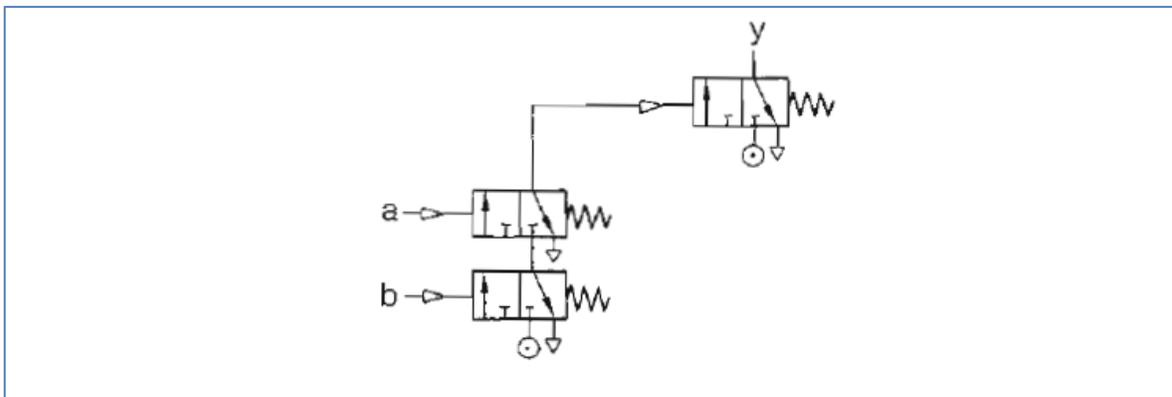
Válvula de simultaneidad  
De las señales a y b, la menor forma la señal de salida y.

Se obtiene aire comprimido en y, únicamente cuando el mismo actúa en a y b.



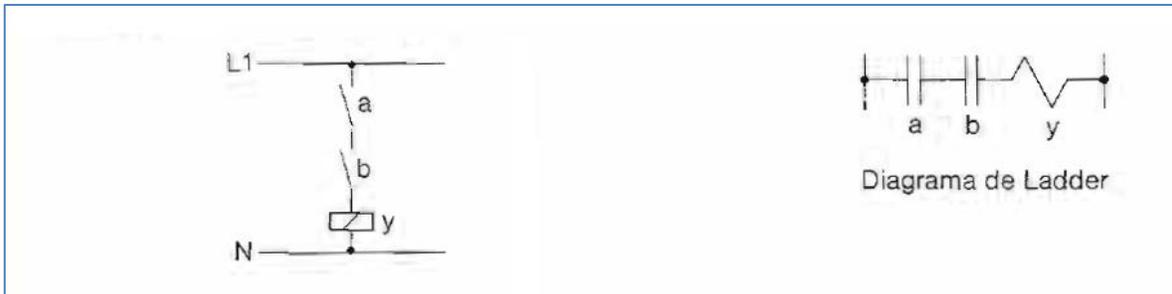
Válvula distribuidora 3/2, accionada por aire comprimido, con muelle de reposición y cerrada en posición de reposo.

Si la energía para la señal de salida se toma directamente de la red, el valor físico de la señal puede ser mayor que la señal o señales de entrada. Este efecto se conoce como amplificación de señal.



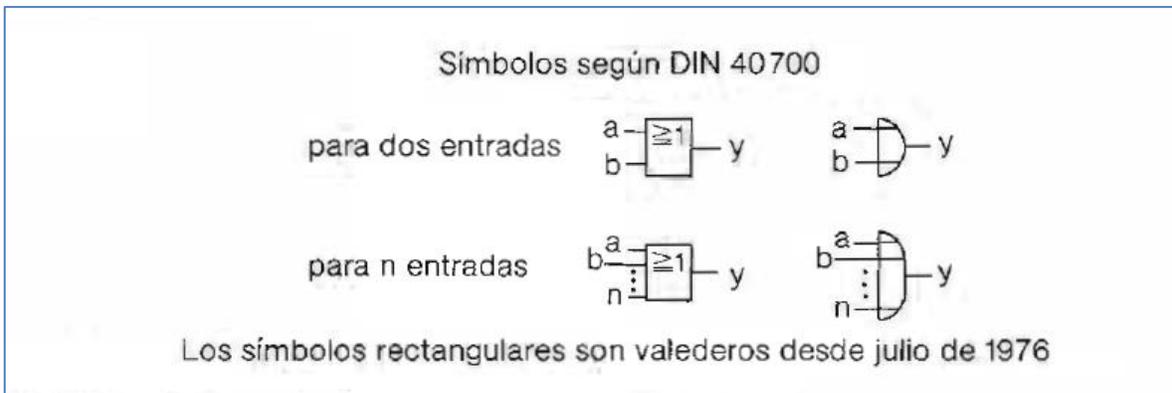
### Realización de la operación con elementos eléctricos

Eléctricamente la operación lógica Y puede realizarse conectando en serie dos contactos de trabajo. La bobina de relé recibe señal solamente cuando los contactos de trabajo a y b están cerrados, es decir, cuando  $y=1$ .

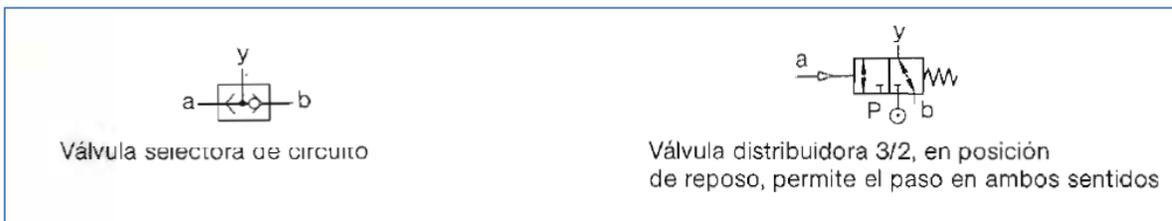


### OPERACIÓN LÓGICA O

Se conoce también como disyunción, enlace OR o suma de BOOLE. Su funcionamiento consiste en que si solo una de sus entradas está activa, entonces se puede tener una señal de salida.



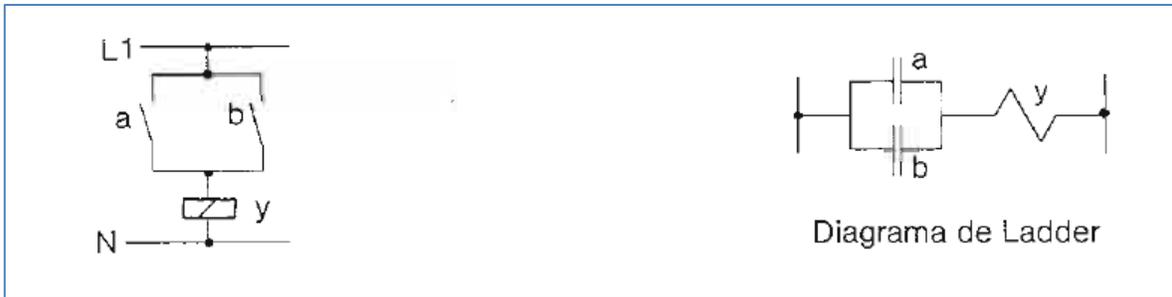
### Realización de la operación con elementos neumáticos



La válvula selectora de circuito es un elemento en el que la mayor de las señales de entrada forma la señal de salida.

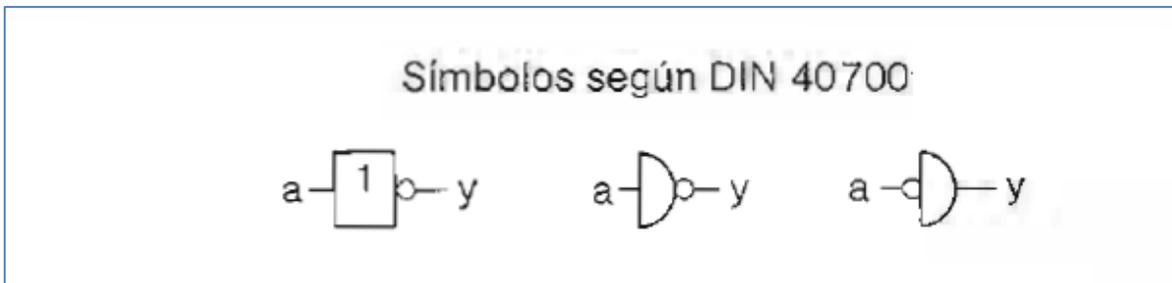
### Realización de la operación con elementos eléctricos

Esta operación lógica puede ser realizada conectando en paralelo dos contactos de trabajo. La bobina de relé recibe corriente cuando se cierra uno de los contactos a o b.

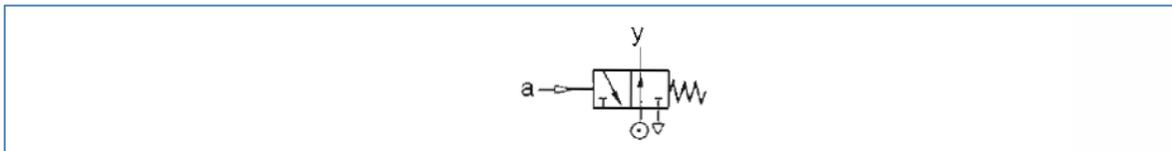


### OPERACIÓN LÓGICA NO

Se conoce también como negación, enlace NOT o complemento. Funciona como un inversor de señales, es decir, cuando se tiene un 1 en la entrada, a la salida se registra un cero (0) y viceversa.



### Realización de la operación con elementos neumáticos



### Realización de la operación con elementos eléctricos

Una válvula distribuidora 3/2 abierta en posición de reposo en neumática corresponde en el eléctrico a un contacto de reposo (abre al ser accionado).



### Ejemplo de aplicación 1

La mesa de fresado de una fresadora debe ponerse únicamente en movimiento, si se satisfacen las siguientes condiciones.

- a) El motor de fresado está en marcha
- b) La rejilla protectora está cerrada
- c) El interruptor de arranque ha sido accionado
- d) No se ha accionado el interruptor de «servicio de ajuste»

Para ajustar la máquina de nuevo para otro proceso de trabajo, la mesa de fresado también debe ponerse en movimiento, si se satisfacen las siguientes condiciones.

- c) El interruptor de arranque ha sido accionado
- d) No se ha accionado el interruptor de «servicio de ajuste»
- e) Debe estar accionado el interruptor de seguridad

Se busca:

El esquema de circuito empleando los símbolos de los elementos lógicos binarios («esquema lógico»)\*

El esquema de circuito con elementos neumáticos y eléctricos

## Ejemplo de aplicación 2

El vástago de un cilindro de doble efecto debe desplazarse a su posición final delantera, si se presentan ciertas combinaciones de señales.

Hay tres pulsadores a, b, c. El vástago del cilindro sale siempre que se accionen dos de ellos. Al soltar ya sólo uno, el vástago regresa a su posición inicial.

Se busca:

El esquema lógico

El esquema de circuito con elementos neumáticos y eléctricos