

# Introducción a la Electroneumatica

**CeDAN**  
(Centro Didáctico de Automación Neumática)



Ing.  
**Rubén Darío EGGEL**

Ing.  
**Juan Pedro FERNANDEZ**

Téc.  
**Carlos KILLER**



## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	CONTROLAR; MANDOS .....	5
2.1.	Ejemplo.....	6
3.	Criterios de diferenciación de los mandos ( Def. según DIN 19237) .....	6
3.1.	Mando Analógico .....	6
3.2.	Mando Digital.....	7
3.3.	Mando Binario.....	7
4.	Diferenciación según el procesamiento de las señales .....	7
4.1.	Mando sincronizado .....	7
4.2.	Mando asíncrono .....	7
4.3.	Mando por enlaces lógicos .....	7
4.4.	Mando secuencial .....	10
4.5.	Mando secuencial controlado por el tiempo.....	10
4.6.	Mando secuencial controlado por el proceso .....	10
5.	Desgloce de un mando en ciclo abierto .....	12
6.	Señales.....	13
6.1.	Señal analógica.....	13
6.2.	Señal Discreta .....	14
6.3.	Señal Digital .....	14
6.4.	Señal Binaria .....	15
7.	Principios Eléctricos.....	16
7.1.	Esquemas simplificados .....	17
8.	CONCEPTOS DE ELECTROTECNIA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES.....	19
8.1.	Transporte de cargas eléctricas en conductores , conceptos básicos .....	19
8.2.	Tensión Eléctrica .....	20
8.3.	Generación de la tensión eléctrica por inducción.....	23
8.4.	Funcionamiento de una dínamo.....	23
8.5.	Generación de la Tensión Eléctrica por Electrólisis.....	24
8.6.	Generación de la Tensión Eléctrica por Calor.....	25
8.7.	Generación de la Tensión Eléctrica por Luz .....	26
8.8.	Generación de tensión eléctrica por deformación de cristales .....	27
9.	Intensidad de corriente eléctrica.....	28
9.1.	En forma mas sencilla, la Corriente Eléctrica .....	30
9.2.	Tipos de Corrientes Eléctricas .....	32
9.3.	Efectos de la corriente Eléctrica .....	33
9.4.	Ley de Ohm .....	34
9.5.	Unidades internacionales.....	35
9.6.	Resistencia eléctrica. ....	35
9.7.	Resistencia de cuerpos aisladores.....	38
9.8.	Resistencia de contacto.....	39
9.9.	Agrupamiento de resistencias .....	40
9.10.	Campo eléctrico.....	43
9.11.	Ley de Coulomb. ....	44
9.12.	Campo de fuerzas. ....	44
9.13.	Líneas de fuerza.....	45
9.14.	Intensidad de campo. ....	45
9.15.	Constante dieléctrica.....	46
10.	CONTROL AUTOMATICO .....	56



10.1.	Qué es el control automático ? .....	56
10.2.	CONTROLANDO EL PROCESO .....	58
10.3.	SELECCIÓN DE LA ACCIÓN DEL CONTROLADOR .....	59
10.4.	VARIACIONES .....	59
10.5.	CARACTERISTICAS DEL PROCESO Y CONTROLABILIDAD .....	60
10.6.	TIPOS DE RESPUESTAS DE CONTROLADOR .....	61
10.7.	Acción derivativa .....	65
10.8.	Conclusión .....	67
11.	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ELECTRICOS Y ELECTRO-NEUMATICOS.....	69
11.1.	ELEMENTOS DE ENTRA A DE SEÑAL ELÉCTRICOS .....	69
11.1.1.	Pulsador de Botón.....	69
11.1.2.	Interruptor de Botón .....	70
11.1.3.	Accionamiento:.....	71
11.1.4.	Detector de final de carrera .....	71
11.2.	Detector de final de carrera sin contacto .....	71
11.2.1.	Detector tipo reed .....	71
11.3.	REPRESENTACION ELECTRICA:.....	72
11.3.1.	Funcionamiento: .....	73
11.4.	Sensores inductivos .....	74
11.5.	Sensores Capacitivos .....	75
11.6.	SENSORES OPTICOS: .....	77
11.7.	SENSORES ULTRASONICOS.....	80
11.8.	CONEXIONADO DE LOS SENSORES:.....	81
11.9.	DESEMPEÑOS DE LA TENSIÓN CONTINUA: .....	82
11.9.1.	CONEXIÓN DE REPOSOS PARA TENSIÓN CONTINUA 5-24 V .....	82
11.9.2.	DETECTOR DE PROXIMIDAD DE PRESICION .....	83
11.9.3.	DETECTOR DE PROXIMIDAD SIN PRESICION DE INSTALACIÓN .....	83
12.	ELEMENTOS ELECTRICOS PARA PROCESAMIENTO DE SEÑALES .....	83
12.1.	Amplificador de presión (de una etapa) .....	83
12.2.	Relevadores: .....	83
12.2.1.a.1.	¿Que es un relevador?.....	83
12.2.1.a.2.	Funcionamiento: .....	83
13.	ELECTROIMÁN DE CORRIENTE CONTINUA:.....	84
13.1.	CONSTRUCCIÓN:.....	84
13.2.	CONEXIÓN DE ELECTROIMANES DE C. D.:.....	84
13.3.	DESCONEXION DE IMANES DE C. D.:.....	84
13.4.	ELECTROIMANES DE CORRIENTE ALTERNA: .....	85
13.4.1.	CONSTRUCCIÓN:.....	85
13.5.	CONEXIÓN DE ELECTROIMANES DE CORRIENTE ALTERNA: .....	85
13.5.1.	VENTAJAS:.....	85
13.5.2.	DESVENTAJAS DE IMANES DE C.A.....	85
13.6.	ELECTROIMÁN DE CORRIENTE CONTINUA EN TENSIÓN ALTERNA:.....	86
13.7.	ELECTROIMÁN DE CORRIENTE ALTERNA EN TENSIÓN CONTINUA:.....	86
14.	Convertidor de señal neumático-eléctrico .....	86
15.	Contactador neumático.....	87
15.1.	Electroválvulas (válvulas electromagnéticas) .....	88
15.2.	Electroválvulas de doble solenoide. ....	89
15.3.	Funcionamiento: .....	91
16.	ELECTRONEUMATICA .....	91
17.	TECNICAS DE RELES:.....	92



18. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE:	92
19. Reles	93
19.1. Reles de corriente continúa:	94
19.2. Reles de corriente alterna:	96
19.3. Relés temporizadores:	97
19.3.1. Relé temporizado, con retardo a la conexión	97
19.3.2. Relé temporizador con retardo a la Desconexión	98
20. CONDICIONES PARA TRABAJAR CON ELECTRONEUMÁTICA	99
21. METODO PARA ELIMINAR SOBREEXPOSICIONES DE SEÑALES:	99
22. METODO PARA HACER CICLOS (AUTOMÁTICOS, MANUAL, PASO A PASO...)	101
23. CIRCUITO ELÉCTRICO CON CICLO UNITARIO Y CICLO CONTINUO (EJERCICIO ANTERIOR):	102
24. PRÁCTICAS	103
24.1. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE SIMPLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO DIRECTO)	103
24.2. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE SIMPLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO INDIRECTO)	104
24.3. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO DIRECTO)	106
24.4. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO INDIRECTO)	107
24.5. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCIÓN AND.	109
24.6. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCIÓN OR.	110
24.7. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCIÓN NOT (NEGACIÓN)	112
24.8. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCIÓN XOR	113
24.9. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO CON UN TEMPORIZADOR.	115
24.10. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FLANCO ASCENDENTE.	116
24.11. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO CON SENSORES REED.	118
24.12. MANDO BIMANUAL DE SEGURIDAD	119
25. BIBLIOGRAFÍA	121



## 1. INTRODUCCIÓN

La técnica de mandos es parte integrante de nuestra sociedad industrial puesto que sin ella la tecnología no hubiera podido alcanzar los niveles actuales. No hay especialidad tecnológica que pueda prescindir de los mandos. Para que los técnicos de diversas especialidades (neumática, hidráulica, electricidad j electrónica) cooperen entre sí, es indispensable que hablen un idioma común. Ello significa que debe disponerse de definiciones precisas de los conceptos, con criterios básicos aceptados por todos.

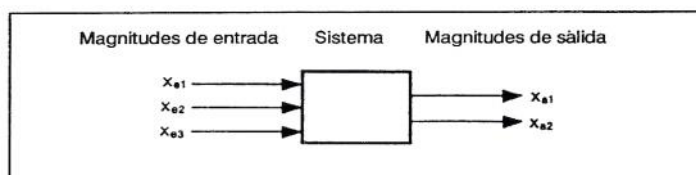
Estos fundamentos de la técnica de mando tienen validez general.. independientemente de la energía de control de trabajo que se utilice y. también, independientemente de la configuración técnica del mando en cuestión.

## 2. CONTROLAR; MANDOS

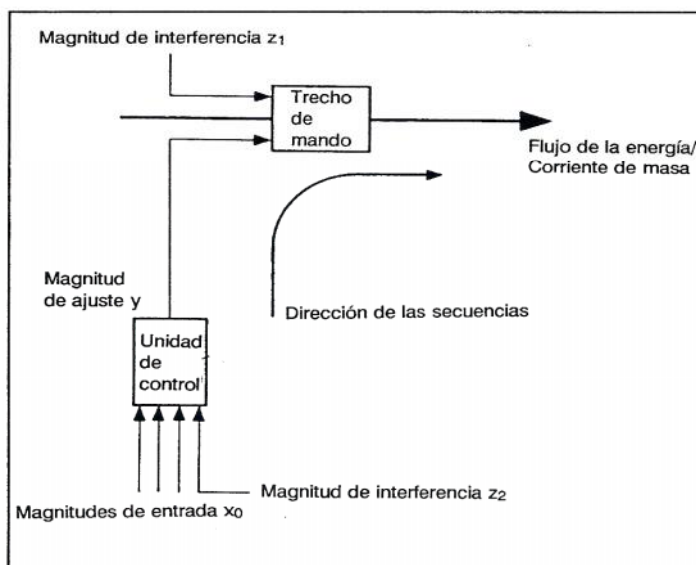
El acto de controlar (es decir, el mando) se refiere a aquél proceso dentro de un sistema que tiene como consecuencia que una o varias magnitudes de entrada incidan sobre una o varias magnitudes de salida a raíz de una lógica in trínseca del sistema.

Un control se caracteriza por la secuencia de efectos abierta producida a través de un elemento de transmisión individual o mediante un mando en ciclo abierto.

El concepto de mando con frecuencia no solamente es utilizado para definir el proceso de control como tal, sino que abarca a la totalidad del equipo en el que se produce el control.



El mando como tal, incluido en el sistema sometido al control, se representa mediante el siguiente esquema básico:



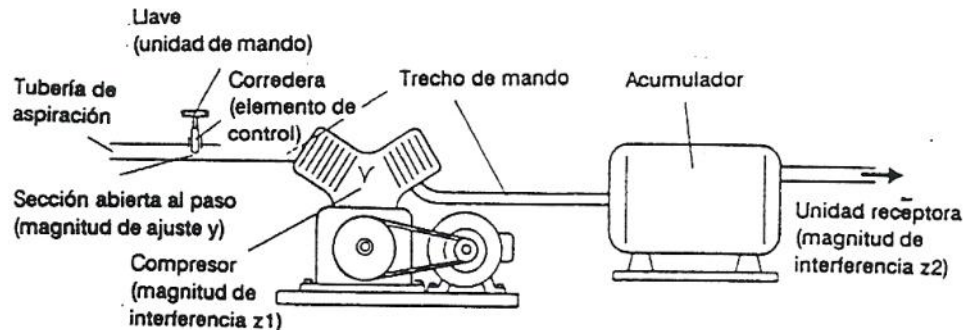


## 2.1. Ejemplo

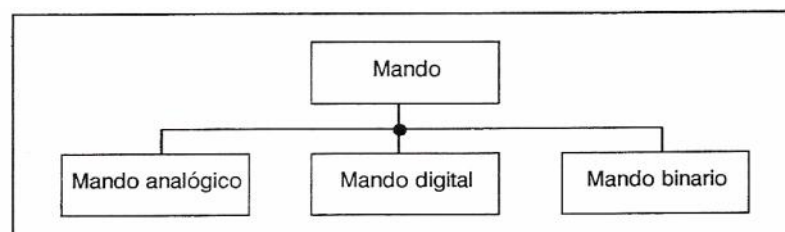
Si el rendimiento de un compresor de aire es regulado mediante la cantidad de aire aspirado, entonces el abrir y cerrar la corredera es un proceso de control. La corredera es el elemento de control, ya que su posición determina la cantidad de aire aspirado. La magnitud de ajuste es la sección que queda abierta por la posición de la corredera. La llave que actúa sobre la corredera es la unidad de mando.

La variación de la carga en la red neumática, causada por la unidad receptora, actúa sobre el mando como magnitud de interferencia  $z$ . Lo mismo se aplica a las oscilaciones de las revoluciones o a los cambios del grado de eficiencia del compresor.

Dado el carácter abierto del mando, no es posible compensar dichas interferencias.



## 3. CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN DE LOS MANDOS ( DEF. SEGÚN DIN 19237)



### 3.1. Mando Analógico

Se trata de un mando con procesamiento de señales primordialmente analógicas.

#### Observación

Las señales son procesadas principalmente con elementos de funcionamiento continuo.



### 3.2. Mando Digital

Se trata de un mando que actúa durante el procesamiento de las señales y que primordialmente procesa informaciones numéricas.

#### Observación

Las señales son procesadas principalmente mediante unidades funcionales digitales, como por ejemplo contadores, unidades registradoras, memorias y unidades de cálculo. Las informaciones que se procesan suelen estar representadas mediante un código binario.

### 3.3. Mando Binario

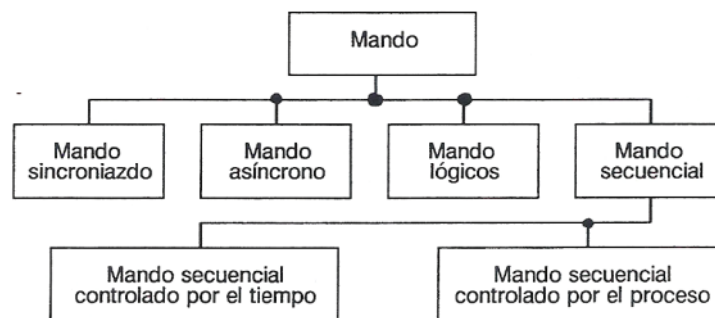
Se trata de un mando con procesamiento de señales primordialmente binarias. Las señales binarias respectivas no son componentes de informaciones representadas por números.

#### Observación

Los controles binarios procesan señales binarias de entrada principalmente con unidades de enlace, de tiempo y de memoria, transformándolas en señales binarias de salida.

## 4. DIFERENCIACIÓN SEGÚN EL PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES

Este criterio de diferenciación se refiere a la manera en la que se enlazan, modifican y procesan las señales. Según DIN 19237, pueden diferenciarse los siguientes cuatro grupos:



### 4.1. Mando sincronizado

Se trata de un mando en el que el procesamiento de las señales se produce de modo sincronizado con una señal temporizada.

### 4.2. Mando asíncrono

Se trata de un mando que trabaja sin señal temporizada; las señales cambian solamente si cambian las señales de entrada.

### 4.3. Mando por enlaces lógicos

Se trata de un mando que asigna a las señales de entrada determinadas señales de

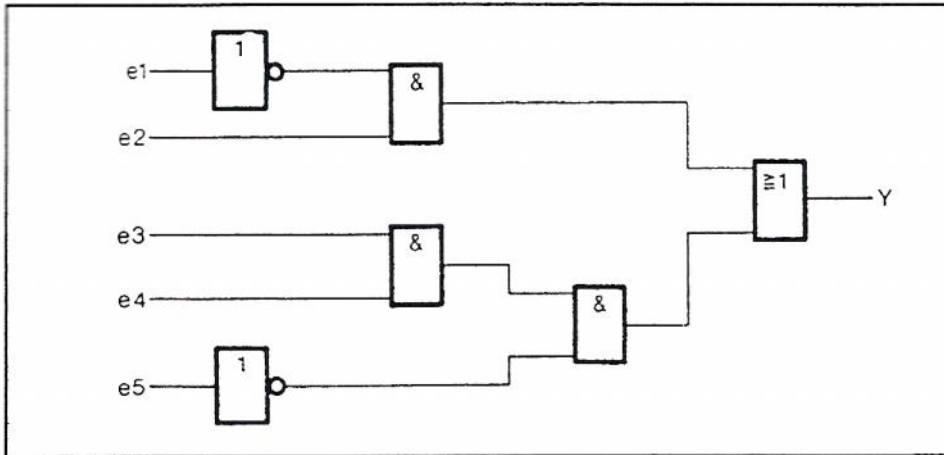


salida en función de los enlaces de Boole.

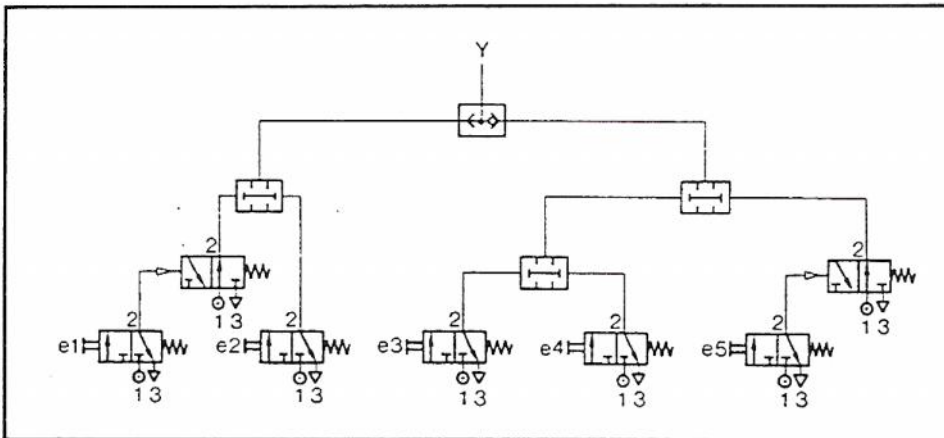
**Observación**

Es recomendable evitar el uso de conceptos como mando en paralelo, mando guiado o mando por bloqueo, ya que son propensos a causar confusiones.

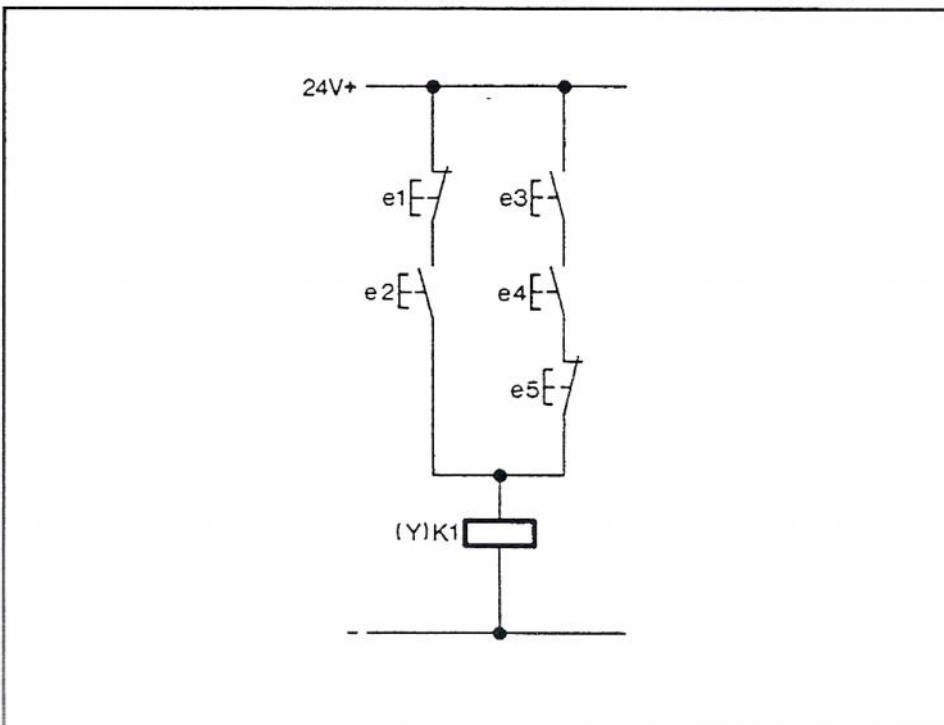




Esquema lógico



Esquema neumático



Esquema eléctrico



#### 4.4. Mando secuencial

Se trata de un mando con pasos obligatorios; la conmutación de un paso hacia el siguiente se efectúa en función de las condiciones para dicha conmutación.

##### Observación

La secuencia de los pasos puede estar programada de diversas formas (por ejemplo saltos, bucles, bifurcaciones). La secuencia de los pasos del mando suele coincidir con la secuencia de los pasos del proceso técnico que es objeto del control.

Es recomendable no seguir utilizando conceptos como, por ejemplo, control de programas, control temporizado, ya que se prestan a confusiones.

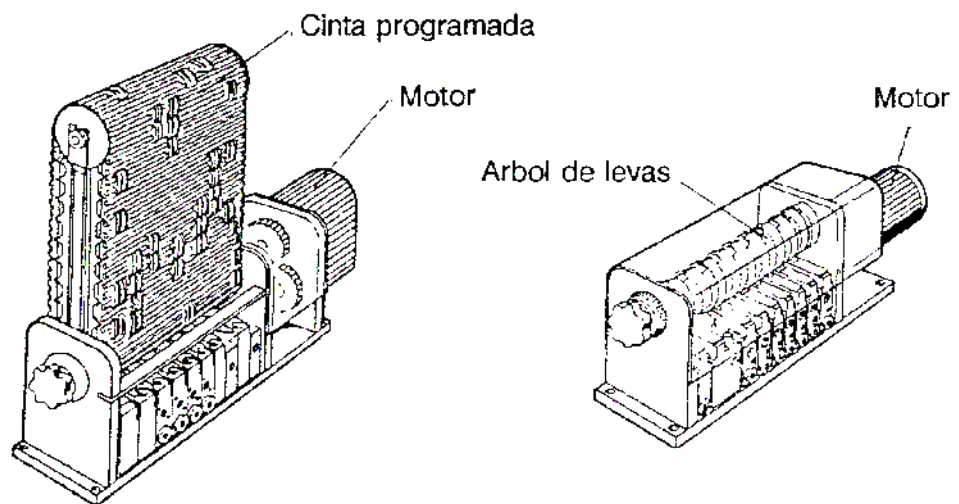
#### 4.5. Mando secuencial controlado por el tiempo

Se trata de un mando con condiciones de conmutación que dependen exclusivamente del factor tiempo.

##### Observación

Para conmutar al siguiente paso puede recurrirse, por ejemplo, a elementos temporizadores, contadores de tiempo o rodillos de giros continuos y constantes.

El concepto de mando por programa solo deberá utilizarse para la definición de magnitudes de control en función del tiempo.



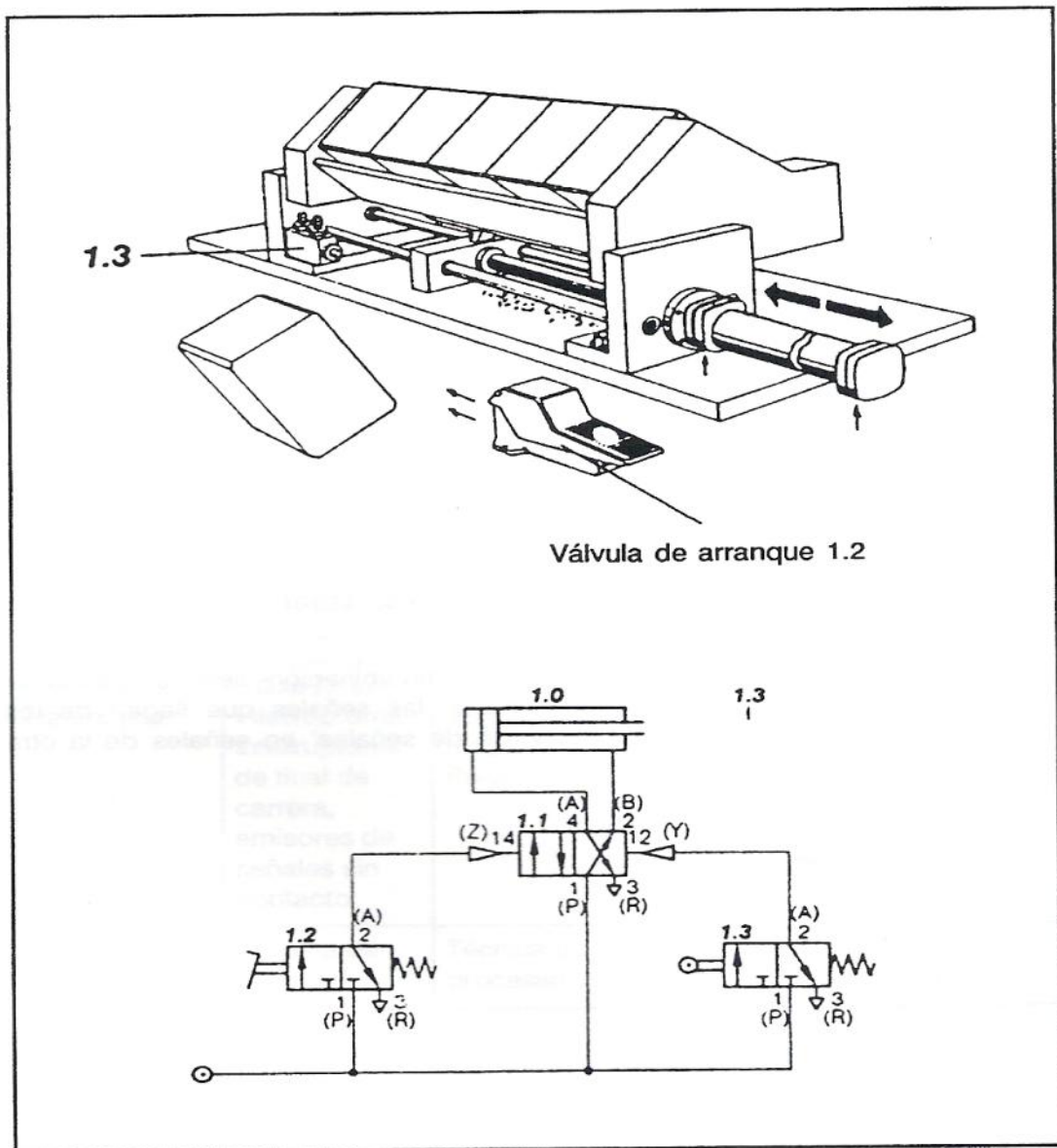
#### 4.6. Mando secuencial controlado por el proceso

Se trata de un mando secuencial en el que la conmutación de un paso al siguiente se produce solamente en función de las señales provenientes del equipo objeto del control (proceso).

##### Observación



Un mando secuencial controlado por el proceso funciona dentro de un circuito cerrado. El mando según recorridos, definido en la norma DIN 19226 del mes de mayo de 1968 es un tipo de mando secuencial controlado por el proceso, aunque en él la conmutación al siguiente paso depende exclusivamente de señales generadas por los recorridos del equipo sujeto al control.

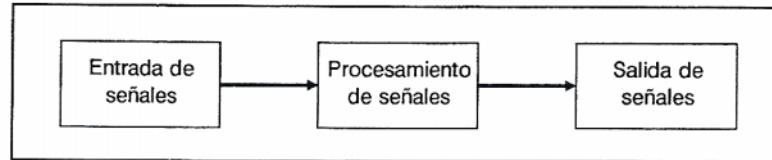




## 5. DESGLOCE DE UN MANDO EN CICLO ABIERTO

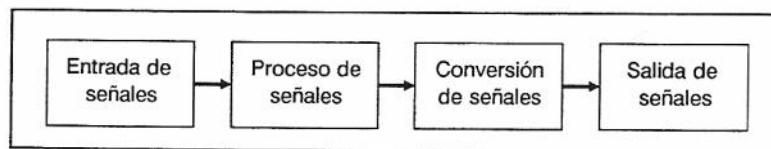
Un mando está representado en muchos casos como caja negra cerrada con entradas y salidas. Puede desglosarse esta caja negra más detalladamente.

Se hace el desglose siguiente:



Este esquema es aplicado en los más diversos campos de la electricidad, electrónica, neumática e hidráulica, indicándose en él la dirección de la transmisión de la señal.

El esquema se amplía si en un sistema se utilizan tecnologías diferentes, es decir, si se combinan por ejemplo electricidad y neumática o electricidad e hidráulica. En estas u otras combinaciones es necesario intercalar un paso adicional.



El bloque "conversión de señales" también puede titularse transformador de señales o amplificador de señales.

Este convertidor de señales - o lo que sea la denominación- tiene la función de convertir para el bloque "salida de señales" las señales que llegan de los bloques "entrada de señales" o "proceso de señales" en señales de la otra técnica (medio) respectiva.

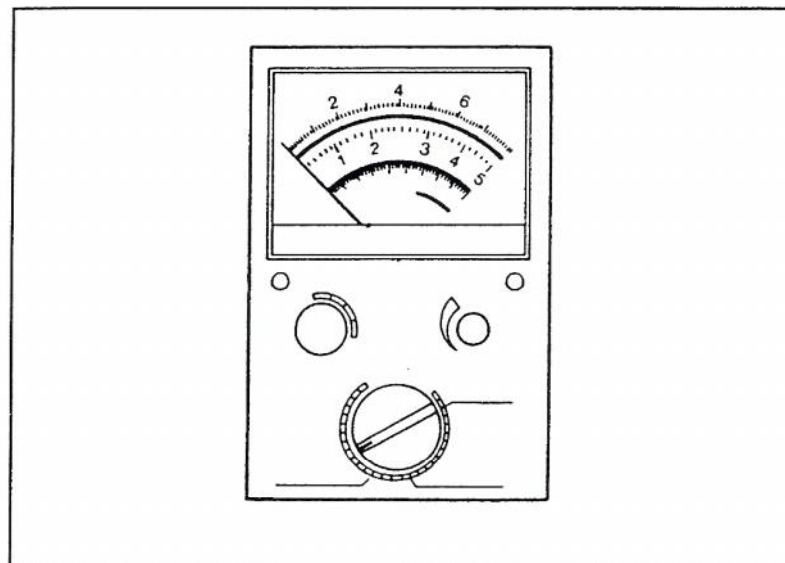


## 6. SEÑALES

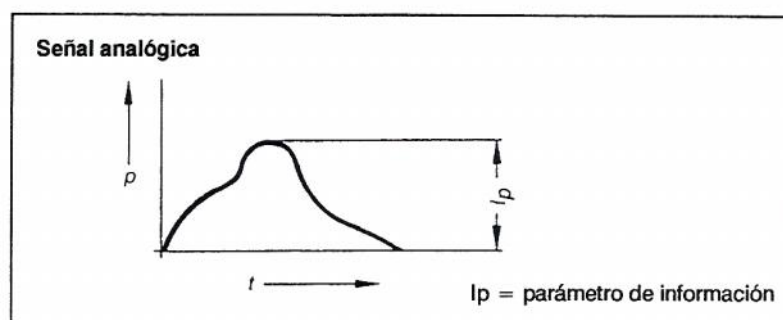
Una señal es una información representada por un valor o por la evolución de un valor de una magnitud física. La representación puede referirse a una transmisión, un procesamiento o al almacenamiento de informaciones.

### 6.1. Señal analógica

Una señal analógica es una señal que ofrece diversas informaciones en cada uno de los puntos comprendidos por un margen de valores continuo. En consecuencia, el contenido de información  $I_p$  (parámetro de información) de estas señales, puede tener cualquier valor comprendido dentro de determinados límites.



Ejemplo  
Polímetro

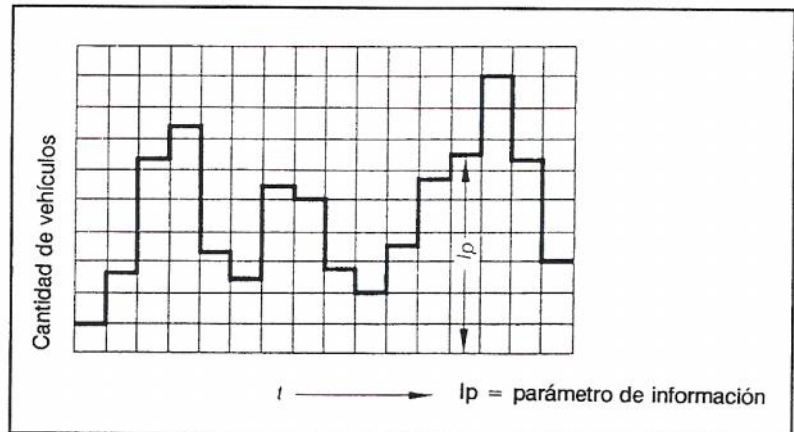




## 6.2. Señal Discreta

Se trata de señales cuyo parámetro de información  $I_p$  tan solo admite una cantidad limitada de valores dentro de un margen determinado. Dichos valores no guardan relación alguna entre si. Cada valor está relacionado a una información determinada.

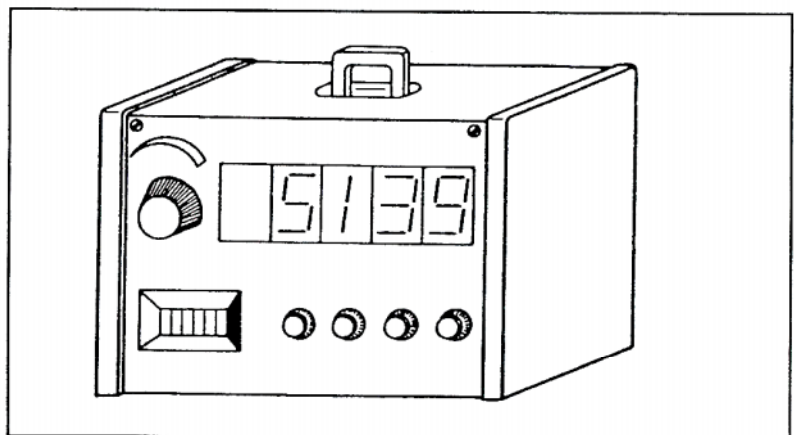
Ejemplo  
Densidad del tráfico durante  
las horas del día



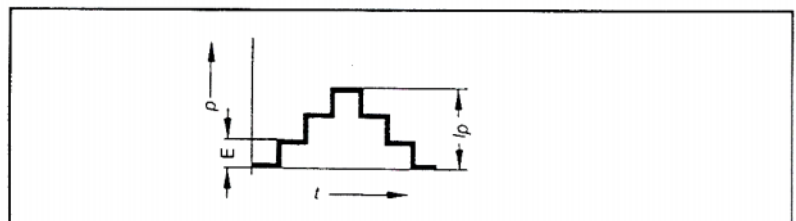
## 6.3. Señal Digital

Se trata de una señal cuyo parámetro tiene una cantidad ilimitada de márgenes de valores, correspondiendo la totalidad de cada margen de valores a una información determinada.

Ejemplo  
Aparato de medición digital



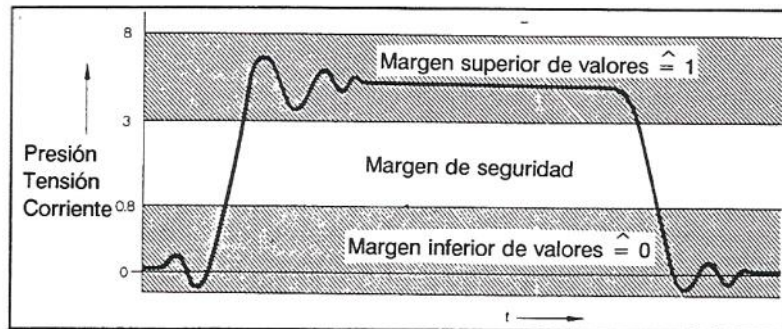
Señal digital





#### 6.4. Señal Binaria

La señal binaria (señal de dos puntos) es una señal digital de un parámetro relacionado solamente a dos márgenes de valores. La señal contiene dos informaciones. Por ejemplo: SI - NO; ACTIVO - INACTIVO.

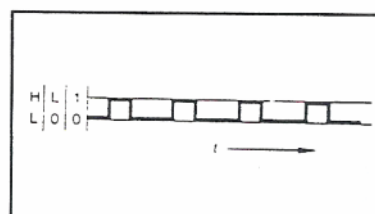
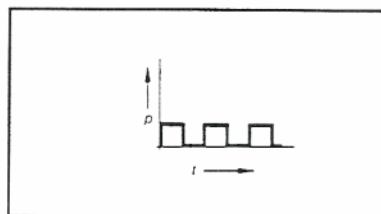


Ejemplo

Para evitar yuxtaposiciones, es necesario que el margen de seguridad entre los dos márgenes de valores sea lo suficientemente amplio; por ejemplo: señal 0 = 0V hasta 5V, señal 1 = 10 V hasta 20V.

Mientras que el valor de la señal (por ejemplo una presión) oscile dentro del margen superior, será reconocido como señal 1. Lo mismo se aplica análogamente al margen inferior. De este modo se obtiene cierta seguridad frente a posibles interferencias.

En consecuencia, ello significa que es necesario situarse ya sea en el margen inferior o en el margen superior. Si la señal estuviera en el margen de seguridad (zona prohibida), una válvula, por ejemplo, asumiría una posición indiferente pudiéndose producir una conmutación equivocada. Los estados 0 y 1 son equivalentes.



Señal binaria

Existen también otras nomenclaturas para los estados 0 y 1, aunque se recomienda no utilizarlos (DIN 40 700).

H = High  
L = Low

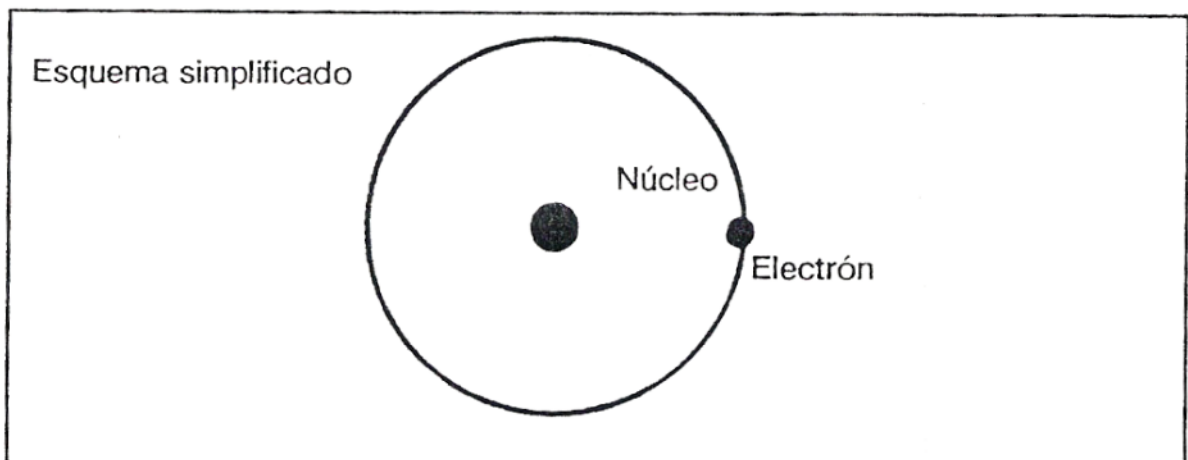
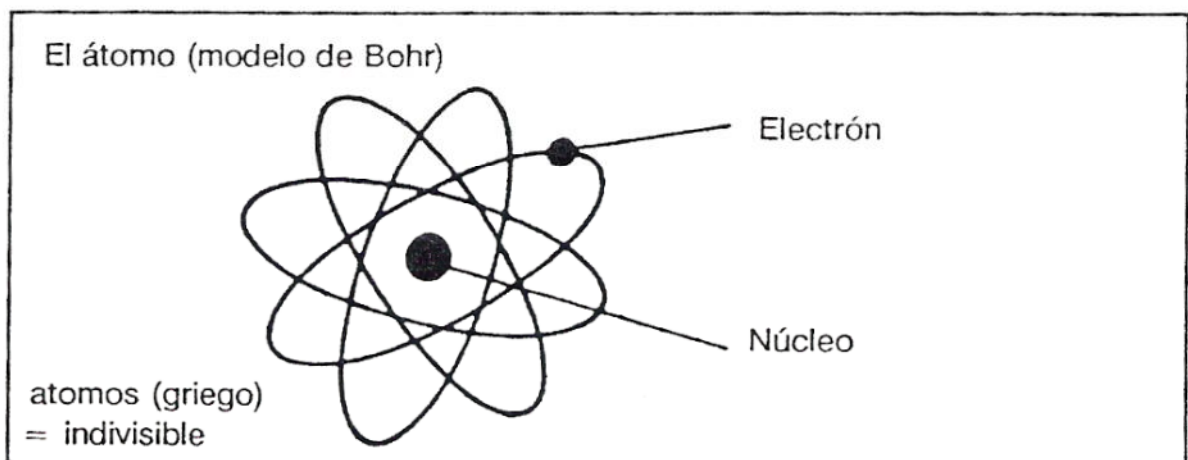


## 7. PRINCIPIOS ELÉCTRICOS

La electricidad es una forma de energía con efectos térmicos, luminosos, magnéticos o químicos.

El ser humano siempre tuvo problemas en entender la naturaleza de la electricidad a pesar de que la energía eléctrica es utilizada de las más diversas formas en máquinas y equipos. Todos utilizamos diariamente de una u otra manera, alguna forma de electricidad o de electrónica al encender una lámpara o una radio, al usar una calculadora de bolsillo o un automóvil. Lo importante es disponer de la electricidad, dándonos igual si proviene de una batería, de una pila o de una central eléctrica de cualquier tipo.

Todo está compuesto de átomos. Cada átomo tiene un núcleo alrededor del cual giran electrones. Los átomos son extraordinariamente pequeños, por lo que no los podemos distinguir a simple vista. Su diámetro es de aproximadamente  $1/100000000$  mm. El núcleo, por su parte, tiene un diámetro 10000 veces más pequeño que el diámetro del átomo. El diámetro de un electrón es  $1/10$  del diámetro del núcleo.



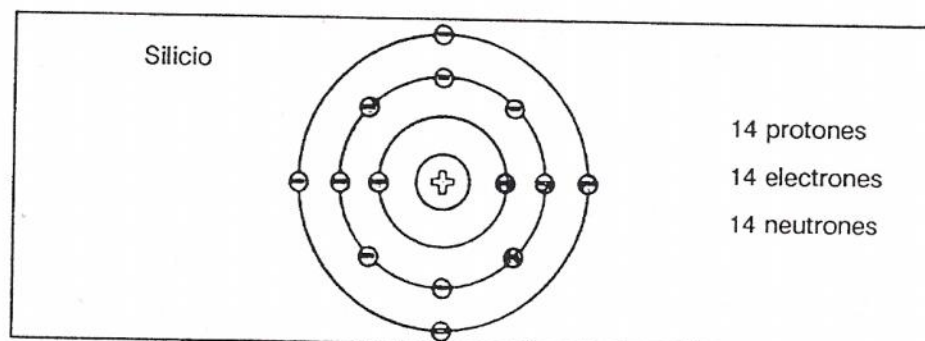
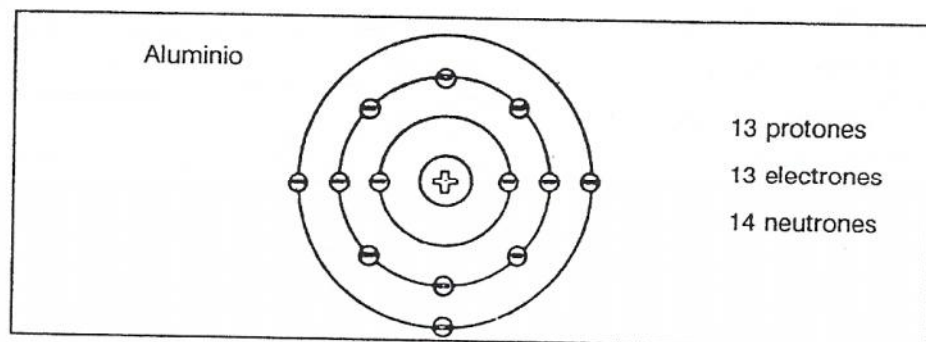
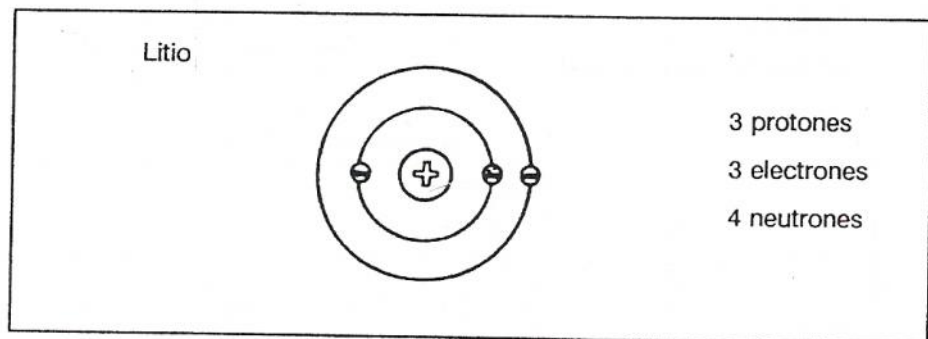




Los electrones tienen una carga eléctrica negativa. Los electrones giran alrededor del núcleo del átomo en diversas órbitas. El núcleo del átomo está compuesto de protones y neutrones. Los protones tienen una carga eléctrica positiva, mientras que los neutrones son eléctricamente neutros (no tienen carga eléctrica). Todos los cuerpos simples son determinados por la cantidad de sus electrones. Un cuerpo simple está conformado por átomos iguales. Juntándose átomos diferentes se obtienen cuerpos de propiedades nuevas; dichos cuerpos son denominados cuerpos compuestos.

Si el núcleo del átomo tiene tantos protones como electrones que giran a su alrededor, entonces el átomo es neutro, es decir, no tiene carga eléctrica que actúe hacia afuera. Son neutros, por ejemplo, los átomos de litio, aluminio y silicio, tal como lo muestran las siguientes gráficas

### 7.1. Esquemas simplificados



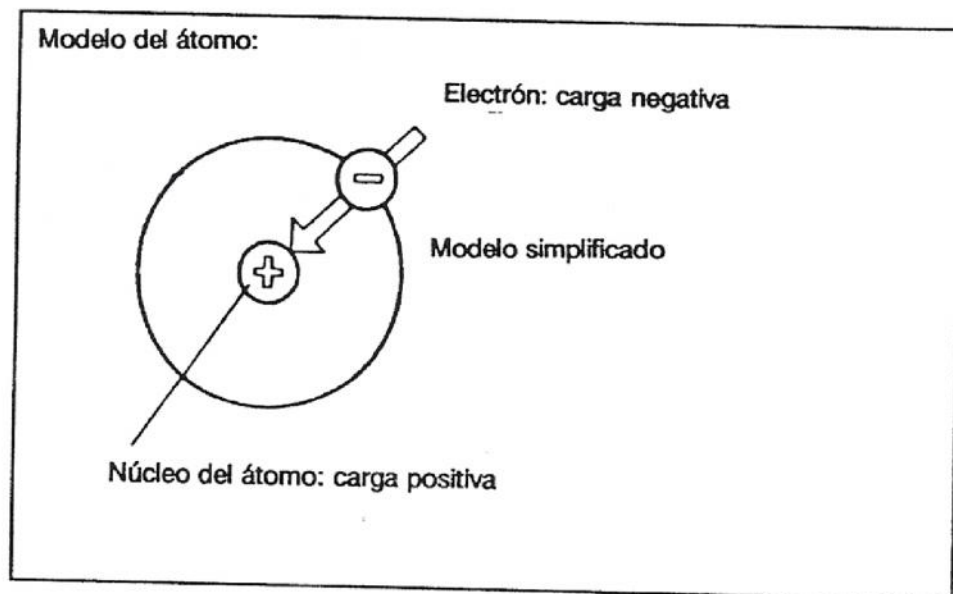


Si alrededor del núcleo del átomo giran más electrones que la cantidad de protones que tiene el núcleo, el átomo tiene una carga negativa. Si, por lo contrario, giran menos electrones alrededor del núcleo que la cantidad de protones que éste tiene, entonces el átomo tiene una carga positiva.

Los átomos que muestran estas características son calificados de iones. Iono (griego) = migrar

Dado que los electrones giran en diversas órbitas y a alta velocidad en torno al núcleo, es necesario que actúe una fuerza de atracción para que los electrones se mantengan en sus órbitas.

En consecuencia, se aplica el siguiente principio:





## 8. CONCEPTOS DE ELECTROTECNIA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES.

### 8.1. Transporte de cargas eléctricas en conductores , conceptos básicos .

Veremos a continuación una serie de conceptos elementales necesarios para el conocimiento del transporte de cargas eléctricas en conductores y sus aplicaciones en la electrotecnia de uso industrial , destinado a estudiantes y operarios de la industria . Considerando los conceptos básicos sobre la composición íntima de la materia , se admite la existencia de corpúsculos constituyendo el átomo; las dos clases de corpúsculos representan las cargas positivas y negativas de electricidad. Donde los corpúsculos positivos están ubicados en la región central del átomo, adosados al núcleo o neutrón; por cuyo motivo es muy difícil sacarlos de su lugar . Se ha llegado a liberar protones mediante complicados experimentos físicos, de modo. que en la técnica carece de importancia el estudio del movimiento de los mismos.

Los corpúsculos negativos o electrones, en cambio, son de más fácil liberación, debido a su ubicación periférica en el átomo , por lo menos algunos de ellos (los móviles).

En esta forma podemos describir que los procesos de electrización de un cuerpo, diciendo que consiste en la adición o sustracción de electrones móviles a los átomos del mismo. Si se resta un cierto número de electrones, queda en los átomos excesos 'de cargas' positivas y el cuerpo estará electrizado positivamente. Viceversa , si se le agregan electrones, quedará con carga eléctrica negativa .

Vamos a tratar a continuación del movimiento de la carga de un conductor cuando se mantiene un campo eléctrico dentro del mismo . Este movimiento constituye una corriente

Un conductor es un cuerpo en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellas por un campo eléctrico .Las cargas libres en un conductor metálico son electrones negativos . Las cargas libres en un electrolito son los iones , positivos o negativos . Un gas en condiciones adecuadas , como el de un anuncio luminoso de neón o el de una lámpara fluorescente , es también un conductor y sus cargas libres son iones positivos y negativos y electrones negativos .

Hemos visto que cuando un conductor aislado se coloca en un campo eléctrico, las cargas dentro del conductor se reagrupan de modo que el interior del conductor sea una región libre de campo, en toda la cual el potencial es constante. El movimiento de las cargas en el proceso de reagrupación constituye una corriente; pero es de corta duración y se denomina corriente transitoria. Si deseamos que circule una corriente permanente en un conductor, hemos de mantener continuamente un campo, o un gradiente de potencial dentro de él. Si el campo tiene siempre el mismo sentido, aunque pueda variar de intensidad, la corriente se denomina continua. Si el campo se invierte periódicamente, el flujo de carga se invierte también, y la corriente es alterna.

Todo el proceso de cargar un cuerpo de electricidad consiste pues, en el, movimiento de inmigración o emigración de electrones o cargas eléctricas elementales negativas. La razón de que se haya designado "negativa" la carga eléctrica del electrón y positiva la del "protón", es puramente convencional y da origen a una confusión si no se recurre a nuevas convenciones.



En efecto, las cargas eléctricas gozan de cierta movilidad en la masa de los cuerpos que las contienen, movilidad que les permite trasladarse a todas partes de estos. También sabemos que el desplazamiento de cargas eléctricas en los cuerpos está regido por la naturaleza de los mismos, ofreciendo algunos mayor facilidad que otros a ese movimiento. Se dividen así los cuerpos en conductores y aisladores de la electricidad.

Hay cierto número de dispositivos eléctricos que tienen la propiedad de mantener constantemente sus bornes a potenciales diferentes. Los más conocidos son la pila seca, la batería de acumuladores y la dínamo. Si los extremos de un hilo metálico se conectan a los bornes de cualquiera de estos dispositivos, se mantiene un gradiente de potencial, o sea un campo eléctrico, dentro del hilo y habrá un movimiento continuo de carga a través de él. Para concretar, si los extremos de un hilo de cobre, de 1 m de longitud, se conectan a los bornes de una batería de 6 V, se establece y mantiene un gradiente de potencial o campo eléctrico de intensidad 6 V/m ó 6 new/coul.

Para la técnica interesa especialmente el movimiento de cargas eléctricas en los cuerpos conductores. Estas cargas son negativas, puesto que se trata de electrones liberados, de modo que si suponemos dos puntos de un cuerpo conductor, uno de los cuales está a un cierto potencial positivo y el otro a potencial negativo, los electrones deben dirigirse, por efecto de las fuerzas actuantes, del negativo al positivo. Esto es evidente, puesto que las cargas negativas serán rechazadas del punto de potencial negativo y atraídas por el punto de potencial positivo.

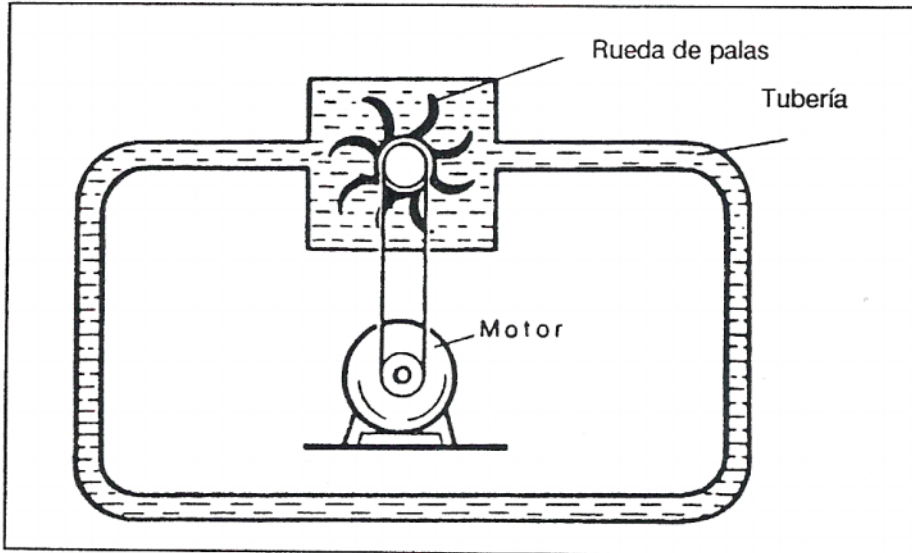
Sin embargo, ya sea porque el estudio de la naturaleza íntima de la materia es más reciente que la mayor parte de la experimentación con electricidad, ya sea porque no se quiere modificar un criterio generalizado hasta tanto no se pueda afirmar rotundamente cuál es la verdadera naturaleza de la electricidad y su relación con la materia, se utiliza una convención que difiere fundamentalmente de las consideraciones precedentes:

Se admite que la circulación de cargas eléctricas se lleva a cabo desde los puntos de potencial positivo a los puntos de potencial negativo. Extendiendo este criterio, diremos que el transporte de cargas se realiza siempre desde el potencial mayor hacia el menor.

Sentado esto, es cuestión de indicar en los circuitos un sentido de circulación de las cargas eléctricas, admitirlo como exacto sin considerar la naturaleza de tales cargas y se comprobará que las leyes generales se cumplen, aunque tal sentido fuera contrario.

## **8.2. Tensión Eléctrica**

En un circuito de agua son necesarias una bomba y tuberías. La bomba se encarga de conducir el agua hacia las tuberías mediante presión. Ello significa que para que el agua avance por las tuberías es necesario que exista una presión. La calefacción mediante agua caliente, por ejemplo, "es un sistema de esa índole: la bomba transporta el agua siempre en la misma dirección

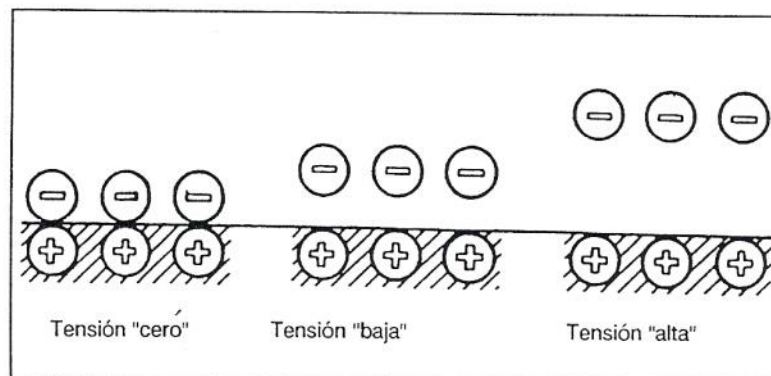


Al comparar la presión hidráulica o el circuito de agua con la tensión o el circuito eléctrico, puede constatarse que en el caso del circuito eléctrico también es necesario que actúe una determinada presión. Una batería es un buen ejemplo para ello.

Existen diversas posibilidades para generar una tensión eléctrica.

1. Generación de tensión por inducción
2. Generación de tensión por procesos electro-químicos
3. Generación de tensión por calor
4. Generación de tensión por luz
5. Generación de tensión por deformación de cristales (piezo-electricidad)

Todas las formas de generación de tensión se basan en el principio de la separación de cargas.



La tensión eléctrica (símbolo empleado en las fórmulas =  $U$ ) puede medirse con un voltímetro. La unidad de la tensión eléctrica es el voltio<sub>x</sub> (símbolo de la unidad = V)

x Volta: físico italiano 1745 - 1827



La magnitud de la tensión generada depende principalmente de cuatro factores:

1. Velocidad media del conductor
2. Densidad del flujo magnético
3. Longitud efectiva del conductor
4. Cantidad de conductores

La magnitud de la tensión puede calcularse de la siguiente manera:

$$U_o = B \cdot L \cdot v \cdot z$$

$U_o$  = tensión generada (voltios)

$B$  = densidad del flujo magnético  $\frac{Vs}{m^2}$

$v$  = velocidad media expresada en  $m/seg$

$L$  = longitud del conductor expresada en m

$z$  = cantidad de conductores

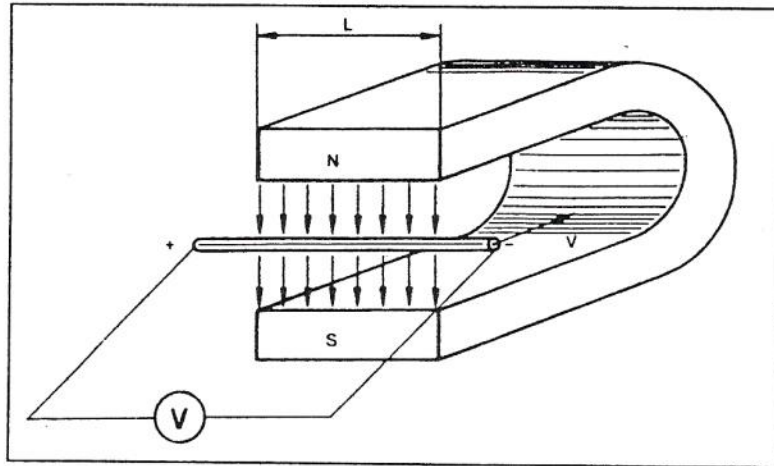
¿Cuál es la tensión si la densidad del flujo magnético es de  $1 \text{ Vs/ m}^2$ , la longitud del conductor es de  $0,75 \text{ m}$ , la velocidad media es de  $1,5 \text{ m/s}$  y la cantidad de conductores es de 150?

$$U_o = B \cdot L \cdot v \cdot z$$

$$U_o = 1 \frac{Vs}{m^2} \cdot 0,75m \cdot 1,5 \text{ mis} \cdot 150 = 16,8 \text{ V}$$

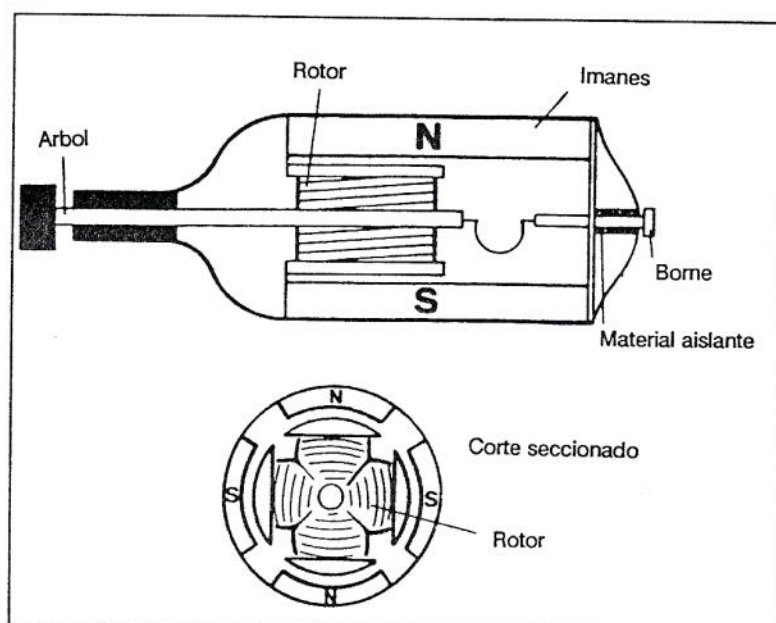


### 8.3. Generación de la tensión eléctrica por inducción



Si se mueve un conductor en un campo magnético, se induce una tensión de corriente alterna. La generación de tensión eléctrica con un imán se denomina inducción (tensión inducida). Este tipo de generación de tensión eléctrica se aplica, por ejemplo, en las dínamos (automóviles, bicicletas) y en los generadores (centrales eléctricas).

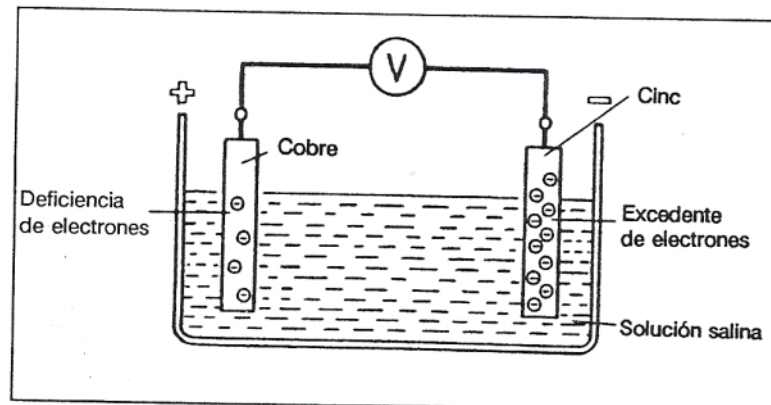
### 8.4. Funcionamiento de una dínamo





### 8.5. Generación de la Tensión Eléctrica por Electrólisis

Si se sumergen dos placas de materiales diferentes (por ejemplo: placa de cinc = electrodo negativo; placa de cobre = electrodo positivo) en un líquido conductor, se obtiene un elemento galvánico. El líquido conductor, como puede ser por ejemplo agua salina, es denominado electrolito.



Al sumergir las placas en el electrolito, los metales se cargan, con lo que se genera una tensión eléctrica. Tal tipo de generador de tensión es denominado "elemento galvánico".

x Galvani: Científico italiano (1737 - 1798)

Ejemplos: batería de automóvil, pila de linterna.

Entre dos electrodos diferentes en un electrolito se produce una tensión continua.

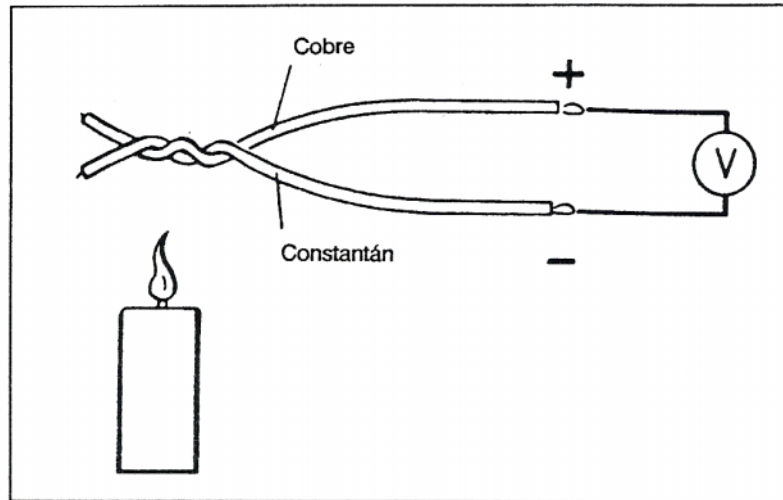
Al conectar una unidad receptora se cierra el circuito a través del líquido conductor. Los electrones fluyen en la línea exterior del polo negativo (excedente de electrones) hacia el polo positivo (deficiencia de electrones). La magnitud de la tensión es determinada por el material de los electrodos.





## 8.6. Generación de la Tensión Eléctrica por Calor

Al unir en un extremo un cable de cobre con uno de constantán y al calentarlos, se produce una tensión de corriente continua. La tensión respectiva se sitúa en el margen de milivoltios (mV).



Este tipo de generador de tensión eléctrica es denominado termoelemento. En la práctica los termoelementos son utilizados para efectuar mediciones de temperaturas, por ejemplo en hornos industriales.

Con ese fin es necesario calibrar el voltímetro respectivo en K (°C)

En la siguiente tabla se indican algunos valores de temperaturas de diversos termoelementos.

Combinación de metales	Tensión térmica mV / 373 K	Límite superior de la temperatura
Cobre - Constantán	4,1	773 K (500°C)
Hierro - Constantán	5,6	973 K (700°C)
Níquel - Cromo Níquel	4,1	1173 K (900°C)
Níquel - Platino	0,9	573 K (300°C)

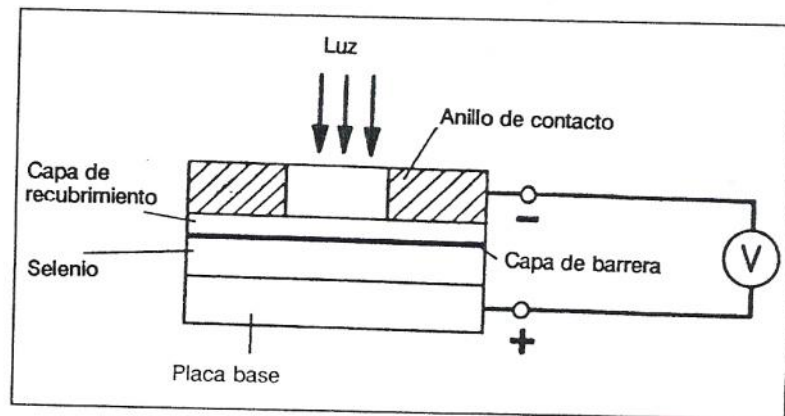
x Thermos (griego) = caliente



### 8.7. Generación de la Tensión Eléctrica por Luz

Si sobre determinados materiales caen luz o rayos X. se desprenden electrones. Las células fotoeléctricas se basan en este fenómeno.

Cuando incide luz sobre un elemento fotoeléctrico se genera una tensión de corriente continua.

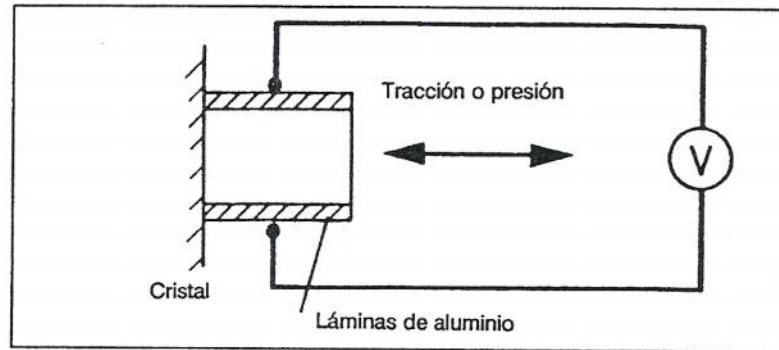


La aplicación práctica más difundida de estos fotoelementos son los exposímetros de cámaras fotográficas. También son utilizados para funciones de control regulación electrónicos.



### 8.8. Generación de tensión eléctrica por deformación de cristales (x) piezo-electricidad

Al ejercer una presión o tracción sobre un cristal, se producen diferencias de cargas eléctricas entre determinadas superficies del cristal. La tensión resultante puede tomarse en superficies conductoras. Si la presión y la tracción se alternan, la tensión de la corriente eléctrica será alterna.



(x)Piezo (griego) = presión

Ejemplos de aplicación práctica:

Micrófono de cristales, fonocaptor de cristales para tocadiscos.

Como ya se mencionó antes, la tensión es expresada en voltios. Si las tensiones son altas, se recurre a la unidad del kilovoltio.

1 kV = 1 kilovoltio

La unidad aplicada para tensiones muy bajas es el milivoltio.

1 mV = 1 milivoltio

.... / >

1 kV = 1000 V

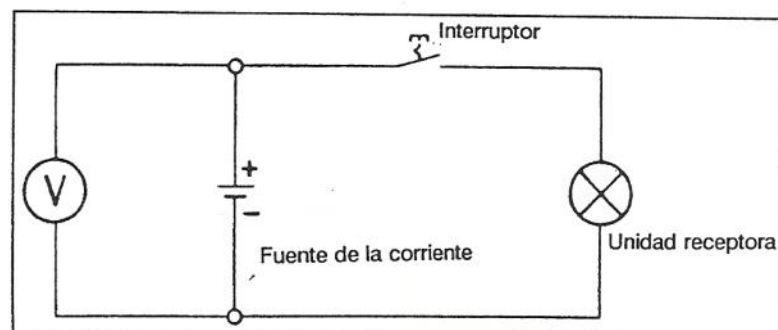
1 kV =  $10^3$  V

1 mV = 0:001 V

1 mV =  $10^{-3}$  V

Para medir la tensión eléctrica se recurre a un voltímetro (medidor de tensión eléctrica). El voltímetro siempre es conectado en paralelo en relación con la fuente o la unidad receptora.

Si se mide una tensión de corriente continua tiene que ponerse cuidado en no confundir los polos.





## 9. INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Tomemos un cuerpo conductor en el cual se realiza un transporte de cargas eléctricas, debido a que los dos extremos del mismo están unidos a dos puntos de un campo eléctrico que están a distinto potencial. Para tener una visión más clara del asunto, imaginemos que el conductor tiene la forma de un alambre metálico, lo que no quita la generalidad de la definición que sigue. El transporte de cargas de un extremo del conductor hacia el otro se realiza con cierta velocidad, de modo que si consideramos una sección cualquiera ubicada en un punto entre los dos extremos, por ella pasará un cierto número de electrones por segundo, o, lo que es lo mismo, una cierta cantidad de electricidad por segundo.

El transporte de cargas en sí, a través del conductor se denomina: "*corriente eléctrica*", siendo aplicable tal designación a todos los casos en que una cierta cantidad de electricidad circula por un cuerpo.

La cantidad de electricidad que pasa por el conductor en un segundo se denomina. "*intensidad de corriente eléctrica*", y está expresada por el cociente entre la cantidad total de cargas que han pasado por el conductor en un cierto tiempo y este tiempo:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Tomando la cantidad de electricidad expresada en la unidad práctica (Coulomb) y el tiempo en segundos, la intensidad de corriente resulta dada en Amperios (A), que es la unidad práctica electrostática, en honor del físico francés André Marie Ampère (1775-1836), quien introdujo muchos de los conceptos de electricidad y magnetismo. Por definición, cuando a través de una sección de un conductor pasa una cantidad de electricidad de un Culombio durante un segundo, la intensidad de corriente vale un Amperio.

Como se ve, el concepto de corriente eléctrica tiene cierta analogía con el de corriente líquida en una cañería, y el de intensidad de corriente representa el caudal líquido que pasa por el caño en la unidad de tiempo, en dicha analogía. La unidad similar en el caso comparado, sería el litro para la cantidad de líquido y el litro por segundo para la "intensidad de corriente líquida", correspondiendo al Coulomb y al Amper, respectivamente.

La velocidad con que se realiza el transporte de cargas de un extremo al otro del conductor es enorme, próxima a los 300.000 kilómetros por segundo, que es la velocidad de la luz.

Bajo la influencia del campo eléctrico, los electrones libres de un hilo metálico experimentan una fuerza de sentido opuesto al del campo, y son acelerados en el sentido de esta fuerza. ( Los otros electrones y los núcleos positivos son también accionados por el campo, pero no son acelerados, por impedirlo las fuerzas de ligadura que mantienen estos electrones unidos al núcleo y los núcleos unidos entre sí formando un sólido). Los choques con las partículas que quedan fijas en el metal, frenan pronto a los electrones libres o los detienen, después de lo cual vuelven a ser acelerados, y así sucesivamente. Su movimiento es, por tanto, una sucesión de



aceleraciones y frenados, pero adquieren cierta velocidad media en sentido opuesto al campo, y supondremos que se mueven uniformemente con esta velocidad media. Los electrones libres participan también de la energía térmica del conductor, pero su movimiento de agitación térmica es un movimiento al azar y para nuestro propósito presente puede no ser tenido en cuenta.

La figura siguiente representa una porción de un hilo metálico en el cual hay un campo hacia la izquierda y, en consecuencia, un movimiento libre hacia la derecha.

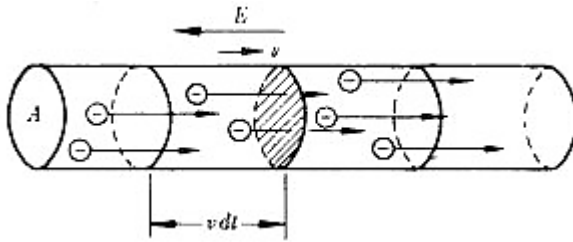


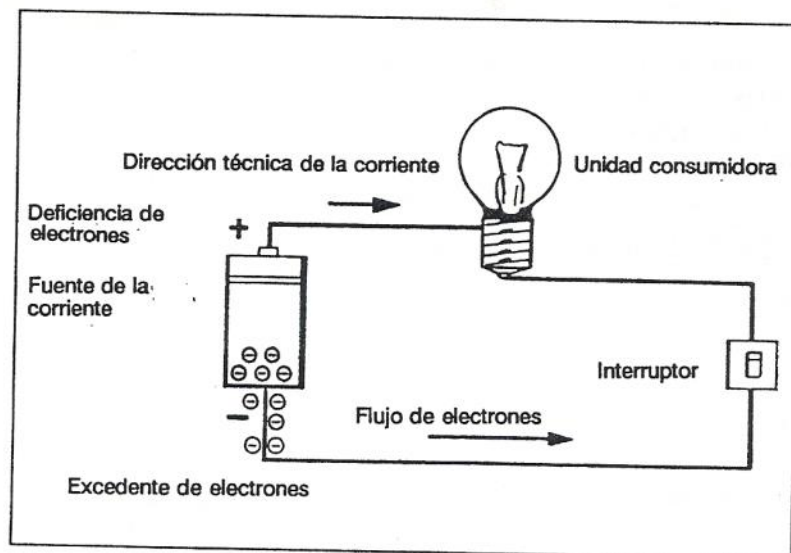
Figura : Movimiento de electrones libres en un hilo metálico .



### 9.1. En forma mas sencilla, la Corriente Eléctrica

Sabemos que la tensión eléctrica es una característica que distingue. por ejemplo a una pila.

Para que pueda fluir una corriente eléctrica es necesario crear un circuito compuesto de las siguientes partes: fuente, cables, interruptor y unidad consumidora.



Los electrones se desplazan del polo negativo hacia el polo positivo cuando se cierra el circuito. Este es la dirección en la que se desplazan los electrones. No obstante, aparte de los portadores de carga negativa también hay portadores de carga positiva. La dirección del movimiento de los portadores de carga positiva es de polo positivo a polo negativo, por ejemplo en un acumulador. Cuando en la física aún no se habían estudiado los electrones, se supuso que la dirección de la corriente era determinada por los portadores de carga positiva.

La corriente de los electrones se enfrenta a diversas resistencias en un circuito (resistencia del conductor, resistencia de la unidad consumidora).

En consecuencia, la magnitud de la corriente eléctrica es determinada por el valor de la resistencia y por la tensión eléctrica.

La corriente eléctrica es expresada en amperios(x) (A)  
(símbolo en la fórmula = I).

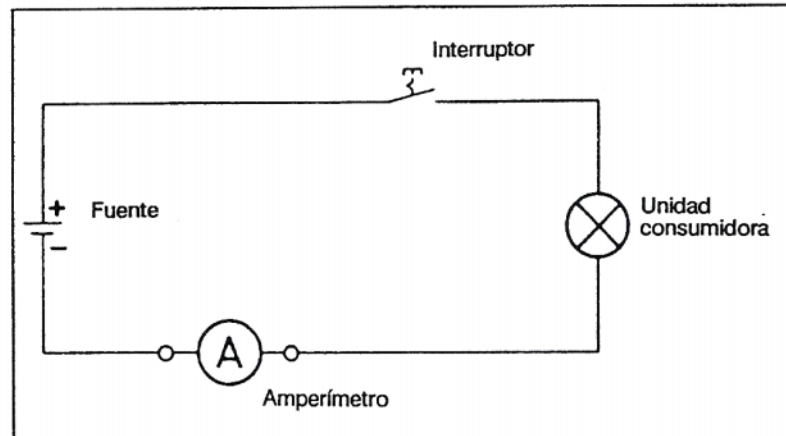
$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$$



Para medir la corriente eléctrica se utilizan amperímetros.

(x) Ampere: Matemático y físico francés 1775-1836



El amperímetro deberá conectarse en serie en relación con la unidad consumidora.

La corriente eléctrica es de diversos tipos y tiene varios efectos que son detallados en las tablas incluidas en las siguientes páginas.



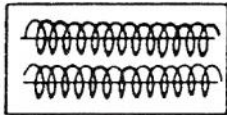
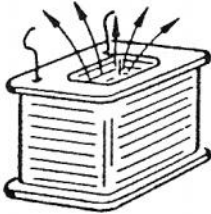

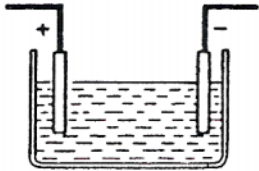
## 9.2. Tipos de Corrientes Eléctricas

Denominación	Tipos de corriente	Aplicaciones (ejemplos)
Corriente continua Símbolo:		Elemento Batería 
Corriente continua es una corriente eléctrica siempre en el mismo sentido y con una intensidad constante a lo largo del tiempo.		
Corriente alterna Símbolo:		Reóstato Dinamo de bicicleta 
Corriente alterna es una corriente eléctrica que cambia constantemente de sentido y de intensidad.		
Corriente mixta Símbolo:		
Corriente mixta es una corriente eléctrica que combina una parte de corriente continua y otra de corriente alterna.		





### 9.3. Efectos de la corriente Eléctrica

Denominación	Figura	Manifestación	Ejemplos
Efecto térmico		Siempre (lo que no siempre es deseable) (calentamiento del conductor)	Estufa Calefacción Lámpara calefactora
Efecto magnético		Siempre (cuando circula corriente por los conductores)	Relés Contactores Electroimán
Efecto luminoso		Corriente en gases Filamento luminoso	Lámpara de efluvios Lámpara fluorescente Bombilla
Efecto químico		Corriente en líquidos conductores	Proceso de carga y descarga de acumuladores



#### 9.4. Ley de Ohm .

Hemos visto que la circulación de cargas eléctricas por los conductores se denomina: corriente eléctrica. Ahora bien en el estudio de las propiedades de la materia , en lo referente a la conducción de la electricidad, se ve que los cuerpos se comportan como buenos o malos conductores, sin llegar a ser absolutamente conductores ni aisladores. Todos ellos presentan una cierta resistencia al pasaje de la corriente eléctrica, que será pequeña en los primeros y mayor en los segundos.

La dificultad que oponen los cuerpos al pasaje de la corriente se denomina: "*resistencia eléctrica*" , y veremos que ella depende de la naturaleza del cuerpo y de sus dimensiones, pudiéndosela medir por una cierta cantidad.

Es evidente que la intensidad de corriente eléctrica a través de un conductor dependerá de su resistencia, siendo tanto mayor cuanto menor sea ésta

Por otra parte, la circulación de corriente por un conductor se debe a que entre los extremos del mismo hay una cierta diferencia de potencial, puesto que si dichos extremos están unidos a dos puntos del campo eléctrico que están al mismo potencial, no circulará corriente por el conductor. Resulta también evidente que la intensidad de corriente en el conductor será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre sus extremos.

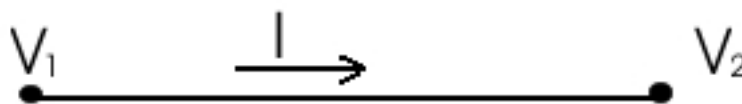


Fig. 25

De manera pues, que si un conductor une dos puntos de distinto potencial (ver fig. 25), la intensidad de corriente que recorrerá el mismo será directamente proporcional a la diferencia de potencial entre ambos extremos e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Tal es el enunciado de la Ley de Ohm, y se expresa algebraicamente así:

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

suponiendo que V1 es mayor que V2, en cuyo caso la corriente se dirigirá de izquierda a derecha, en la figura citada.

Es común designar a la diferencia de potencial con la letra E y llamarla simplemente: "tensión" entre los extremos del conductor, con lo que la expresión anterior queda reducida a :



$$I = \frac{E}{R}$$

en la que las cantidades que intervienen se toman expresadas por las unidades prácticas respectivas, que son: la tensión o diferencia de potencial  $E$ , en Voltios ; la intensidad de corriente  $I$  en Amperios y la resistencia eléctrica  $R$ , en *Ohm* o *Ohmios*. Se abrevian  $V$ ,  $A$  y  $\Omega$ , respectivamente.

De lo que antecede resulta que un conductor presentará a la corriente eléctrica una resistencia de un Ohmio, cuando por el mismo circula la intensidad de un Amperio, si entre sus extremos hay una diferencia de potencial o tensión de un Voltio.

Por simple trasposición de términos, puede deducirse de la expresión de Ohm, otras dos formas:

$$E = IR \quad \text{y} \quad R = \frac{E}{I}$$

que permiten calcular la tensión o la resistencia cuando se conocen las otras dos cantidades.

### 9.5. Unidades internacionales.

Las definiciones de cada una de las tres magnitudes que intervienen en el enunciado de la Ley de Ohm pueden hacerse en base a las otras dos, pero ello implica la aparición de dificultades en cuanto se desea establecer una unidad patrón para mediciones.

Por esta razón, se ha fijado en un Congreso Internacional reunido en Londres en 1908, a dos de esas magnitudes, con lo que la tercera queda especificada terminantemente. Así, tenemos estipulado el patrón de intensidad y de resistencia unitarias, que son los siguientes:

Una corriente tiene una intensidad de un Amper, cuando pasando por una solución acuosa de nitrato de plata deposita 0,001118 gramos de plata por segundo.

Un Ohm es la resistencia que presenta al paso de la corriente una columna de mercurio de 106,3 centímetros de longitud y masa de 14,4521 gramos (equivale a una sección transversal de  $1 \text{ mm}^2$ ), si se halla a la temperatura de  $0^\circ\text{C}$  y a la presión atmosférica normal.

Las dos unidades patrón precedentes permiten definir el Voltio internacional, como la diferencia de potencial que hay entre los extremos de un conductor que presenta una resistencia de un Ohm, cuando pasa por él la intensidad de un Amperio.

### 9.6. Resistencia eléctrica.

Hemos definido a la resistencia eléctrica en forma un tanto abstracta, diciendo que era la mayor o menor dificultad que presentan los cuerpos al pasaje de la corriente



eléctrica. Dijimos también que la resistencia dependía de la naturaleza del cuerpo y de sus dimensiones.

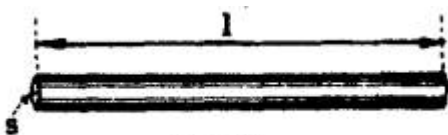
Para obtener la resistencia expresada por una cierta cantidad, hay que fijar un coeficiente que indique la característica conductiva del cuerpo y afectarlo luego de las dimensiones geométricas encontradas por simple medición.

El procedimiento es de carácter comparativo, pues se toma un trozo de cada sustancia y se mide la resistencia que presenta al paso de la corriente, mediante aplicación de la ley de Ohm o cualquiera de los procedimientos indicados en mediciones. Los trozos de todos los cuerpos considerados deben tener igual dimensión, a fin de que los valores obtenidos formen una serie homogénea.

Como la unidad de medida de longitudes es el centímetro, se piensa inmediatamente que los trozos de cada cuerpo deben tener la forma de un cubo de un centímetro de lado, y éste era, precisamente, el criterio seguido primitivamente. Como los conductores utilizados en la práctica tienen casi siempre la forma de alambres, se optó posteriormente por tomar como base para las mediciones y referencias un trozo de la sustancia, de un milímetro cuadrado de sección y un metro de longitud, cuyo volumen es también de un centímetro cúbico, igual que antes, pero su resistencia no es la misma que la del cubo de un cm. de lado, como veremos enseguida.

Para tomar una base de referencia de todas las sustancias se mide la resistencia eléctrica que presenta un trozo de las mismas, de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección transversal, y a ese valor se lo llama: "*resistencia específica*", o, simplemente, "*resistividad*", designándola con la letra griega  $\rho$ .

Tomemos ahora un conductor cuyas dimensiones sean cualesquiera (ver fig. 26), es decir, de longitud  $l$  y sección transversal  $s$ .



Es lógico, que cuanto mayor sección presente el conductor, más fácilmente conducirá la corriente eléctrica, y que cuanto más largo sea, mayor será la resistencia que ofrece al pasaje de aquella. La resistencia de un conductor será, pues, directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección transversal.

Tenemos, entonces, que si un conductor de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección tiene una resistencia eléctrica igual a la resistividad de dicha sustancia, un conductor de ese mismo material, pero de longitud  $l$  y sección  $s$ , tendrá una resistencia  $l$  veces mayor y  $s$  veces menor. Luego, la resistencia se puede calcular con la expresión:

$$R = \frac{\rho l}{s}$$



Como la resistividad o resistencia específica la hemos referido a un trozo de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección, en la fórmula anterior debemos tomar la longitud del conductor en metros y su sección transversal en milímetros cuadrados. La dimensión de la resistividad resulta así de  $\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

La resistividad de las sustancias más usadas en las aplicaciones técnicas se encuentra en tablas. o en caso contrario, se la mide tomando un trozo de ese material de las dimensiones que se especifican más arriba y determinando su resistencia, que es, precisamente, la resistividad. En la tabla siguiente damos los valores de para algunos cuerpos conocidos. Hacemos notar que, como se verá más adelante, la resistencia de los cuerpos varía con la temperatura, de manera que hay que referirla a una base convenida de antemano. Los valores de la tabla se refieren a  $15^\circ\text{C}$ .

Sustancia	Resistividad	Sustancia	Resistividad
Acero	0,1- 0,25	Manganina	0,42
Aluminio	0,026	Mercurio	0,95
Bronce	0,13- 0,29	Níquel	0,12
Carbón de arco	0,6	Niquelina	0,4
Cobre	0,0175	Nicromo	1,2
Constantán	0,5	Plata	0,016
Estaño	0,12	Plomo	0,21
Fundición	1,1	Rheotán	0,05
Hierro	0,1- 0,14	Tungsteno	0,06
Maillechort	0,45- 0,5	Zinc	0,06

La resistividad que figura en la tabla está dada en  $\text{Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$ , qué es la unidad más usual actualmente. Se encuentran aún algunas tablas que la dan de acuerdo con el procedimiento antiguo es decir, tomando un cubo de un centímetro de lado de la sustancia. Es evidente que la resistividad esa forma resulta 10.000 veces menor, puesto que la longitud se reduce 100 veces y la sección aumenta también 100 veces.

Para no tener cifras tan pequeñas se tomaba una unidad de resistencia mucho menor que el Ohm, su millonésima parte el micro-Ohm. En tal forma la resistividad de la sustancia se refería al clásico cubito, pero tomando la resistencia en micro-Ohms.

Veamos cual es la equivalencia para pasar de esas cifras a los valores modernos de la resistividad. La resistencia del cubo básico es 10.000 veces menor que la de un alambre de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección, pero como se la toma en micro-Ohms, la cifra de resistividad resulta, en definitiva, 100 veces mayor. Así, para el cobre, por ejemplo, se encontraba en tales tablas, un valor de 1,75 micro-Ohms cm. Para expresar una resistividad dada en micro-Ohms cm, en la forma actual,  $\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  basta dividir esos valores por 100. En el ejemplo del cobre, dividiendo 1,75 por 100 resulta 0,0175, que es el valor dado en nuestra tabla.

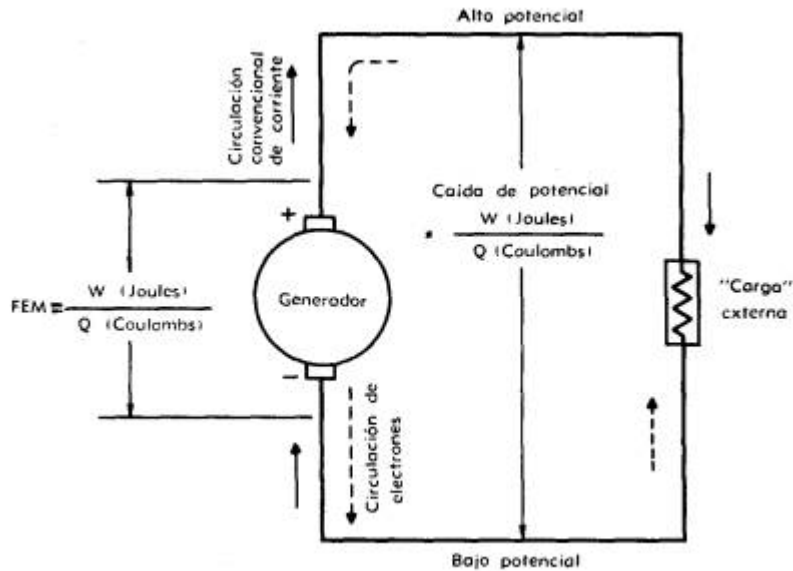


Figura : La FEM (Fuerza electro motriz ) de la fuente es igual a las caídas de potencial en circuito externo .

### 9.7. Resistencia de cuerpos aisladores.

En el estudio de las propiedades de la materia para conducir la electricidad, clasificamos a los cuerpos en buenos y malos conductores . Luego, como la propiedad de conducción no es absoluta, dijimos que todos ellos presentaban una cierta resistencia al paso de la corriente, y que había cuerpos (los conductores) que tenían una resistencia baja y otros (los aisladores), por el contrario, presentaban una resistencia elevada.

En la práctica común, al determinar la resistencia de los materiales utilizados para conducir o aislar la electricidad, resultaría engorroso tomar siempre la misma unidad de resistencia , pues mientras para algunos se tendrían algunas unidades de Ohms para otros resultarían varios millones. Por tal motivo, es común adoptar para los aisladores un múltiplo del Ohm , el Megohm , que es un millón de veces mayor:

$$1 \text{ Megohm} = 1.000.000 \text{ Ohm}$$

con lo que se facilita el manejo de las cifras que hubieran resultado muy grandes.

Ahora tenemos que hacer una aclaración, pues en el caso de los conductores, se tenían siempre o , casi siempre formas alámbricas, que justificaban las consideraciones hechas para la unidad de la resistividad, tomándose trozos de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección.

Los aisladores se emplean en otra forma, y rara vez son de gran dimensión longitudinal y reducida transversal. Por este motivo, para estos cuerpos se vuelve al criterio de tomar un cubo de un centímetro de lado, pero tomando la resistencia eléctrica del mismo en Megohm.



Así, por ejemplo la resistividad del mármol, se determina midiendo la resistencia que presenta un trozo del mismo, de forma cúbica, con un centímetro de lado, y tomando esa resistencia en Megohm . Resulta una cifra de 1000 Megohm cm .

Resulta de utilidad conocer la resistividad de aisladores, por lo menos de los mas usuales en la industria eléctrica, por lo que damos una tabla con las características de los más conocidos.

Sustancia	Resistividad (M . cm)	Sustancia	Resistividad (M . cm)
Bakelita	$2 \times 10^5$	Mármol	$1 \times 10^3$
Celuloide	$2 \times 10^4$	Mica	$2 \times 10^{11}$
Cera amarilla	$2 \times 10^9$	Micanita	$1 \times 10^7$
Cuarzo	$5 \times 10^{12}$	Parafina	$5 \times 10^{12}$
Ebonita	$1 \times 10^{12}$	Pizarra	$1 \times 10^2$
Fibra	$5 \times 10^3$	Porcelana esmaltada	$5 \times 10^{12}$
Goma laca	$1 \times 10^{10}$	Porcelana no esmaltada	$3 \times 10^8$

La resistividad dada en la tabla se refiere a las óptimas condiciones, es decir, cuando las substancias están completamente secas y el aire también, pues algunas absorben humedad del ambiente. Es común considerar dos resistividades, la total y la superficial. Esta última resulta de valores mucho menores.

### **9.8. Resistencia de contacto.**

En la práctica de la utilización de la energía eléctrica se presenta frecuentemente el caso de unir entre sí dos o más cuerpos conductores. Ello se hace por simple presión, juntando las dos superficies y apretándolas con una pieza especial (tornillo, etc.), o por soldado, interponiendo una sustancia blanda en estado líquido, que al solidificarse efectúa una unión perfecta.

En el primer caso, es decir la unión por presión, la superficie en contacto no es igual a la superficie que presenta el cuerpo en ese lugar, pues sabemos que la materia no tiene estructura continua, sino que tiene espacios vacíos, intermoleculares. Si se toman dos caras planas de dos trozos de metal, y se las aproxima una a la otra, el pasaje de corriente se hace por los puntos de contacto y no por los espacios vacíos. La sección de pasaje no es igual a la superficie de la cara enfrentada de los dos trozos, y todo pasa como si se tratara de una sección llena menor.

Esta circunstancia ha movido a considerar una cierta resistencia de contacto, que tiene en cuenta la reducción de sección, de modo que se supone llena a la sección y se reemplaza el efecto producido, por una resistencia intercalada en el punto de unión, que se llama resistencia de contacto.

Es lógico que la resistencia de contacto obra oponiéndose al pasaje de la corriente, aumentando la resistencia eléctrica propia de los conductores que intervienen. Por tal



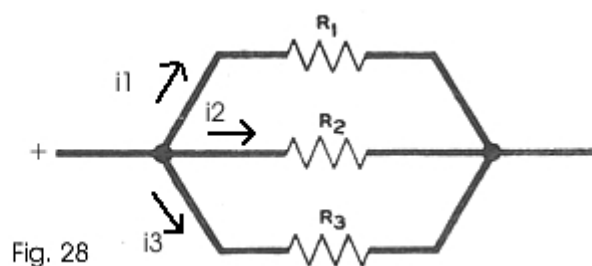
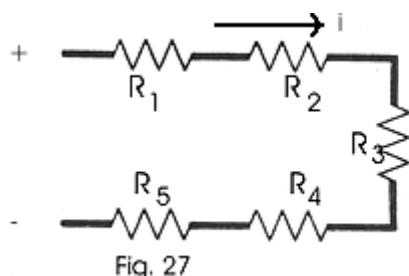
motivo se trata siempre de reducirla a valores mínimos. Para ello se aumenta en lo posible la presión que obra sobre los cuerpos unidos, a fin de aumentar la sección de pasaje, o, como se dijo al principio, se utiliza un metal fundido, que llena los espacios vacíos y reduce la resistencia de contacto a valores despreciables. Esto es lo que se denomina : soldadura, y se emplea para tal fin el estaño, el plomo, o una mezcla de ambos, etc. Al solidificarse dicha sustancia quedan unidas rígidamente las dos piezas y el pasaje de la corriente eléctrica se realiza sin dificultad. Es obvio que el material de soldadura debe ser buen conductor de la electricidad.

Hay casos en que la resistencia de contacto toma valores apreciables, y es el de los contactos móviles, como el de las escobillas de las máquinas eléctricas que rozan sobre la superficie metálica que tiene un movimiento de rotación. Para disminuir la resistencia se aumenta la presión que ejercen las escobillas sobre el metal y se mantienen limpias las dos caras que rozan entre sí.

### 9.9. Agrupamiento de resistencias

Un grupo de resistencias eléctricas puede estar conectado en diversas formas. Si la corriente eléctrica las recorre a todas en forma sucesiva , es decir, pasa primero por una, después por la que sigue y así sucesivamente, se dice que están acopladas en serie. Si, en cambio, la corriente. las recorre a todas las resistencias conjuntamente, es decir, al mismo tiempo, se dice que están acopladas en paralelo. Hay casos mixtos, que forman grupos en serie y grupos en paralelo.

Agrupamiento en serie . Sean varias resistencias conectadas entre sí como lo indica la figura 27. La corriente recorre primero la  $R_1$  , después la  $R_2$  y así sucesivamente. Luego están conectadas en serie.



La dificultad que oponen al paso de la corriente es mayor que si sólo estuviera la primer resistencia, o cualquiera de ellas solamente. Es como si al conductor de la figura 26 le aumentáramos la longitud con lo que su resistencia aumentaría en la misma proporción.

Si suponemos varios trozos de conductor, de igual sección y resistividad, conectados en serie, la resistencia del conjunto sería igual a la de otro conductor del mismo tipo, pero cuya longitud fuera la suma de los largos parciales, pues podemos imaginar que no está cortado, ya que unimos en serie todos los tramos.

En general, las resistencias conectadas en serie suman, sus efectos de oposición al paso de la corriente, por lo que el conjunto de resistencias equivale a una sola, cuyo valor es la suma de todas las que estén conectadas en serie. Es decir, que la resistencia total que se opone al pasaje de la corriente es:





$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

donde con los puntos suspensivos indicamos que se seguirían sumando todos los valores de las resistencias que aparezcan conectadas en serie, si hubiera más de tres. Todos los valores de las resistencias deben tomarse en Ohm (  $\Omega$  ).

Supongamos un caso particular interesante. Sean iguales todas las resistencias conectadas en serie y haya un número  $n$  de las mismas. La resistencia total sería igual al valor de una, que llamaremos  $R_i$ . sumada  $n$  veces, es decir, que es igual a:

$$R = R_i \cdot n$$

Agrupamiento en paralelo : Supongamos que se tengan varias resistencias conectadas entre sí como lo indica la figura 28.

La corriente  $I$  llega al punto A, y se reparte en las tres ramas, volviendo a unirse en el punto B. Luego recorre a todas las resistencias al mismo tiempo y éstas estarán acopladas en paralelo.

Ahora bien, todos los electrones que llegan al punto A, deben seguir su camino, y se bifurcan en las tres ramas, para unirse nuevamente en B. En A no pueden acumularse electrones de manera que la cantidad que llega a A por segundo es igual a la intensidad  $I$ , la suma de las cantidades que salen de A para todas las ramas, en un segundo debe ser igual a  $I$ . Esto equivale a decir que la suma de las corrientes de las tres ramas es igual a:

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

La diferencia de potencial entre los extremos del circuito tiene un valor  $E$ . Es evidente que la intensidad de corriente en la rama superior estará dada por la ley de Ohm, es decir, será igual a la diferencia de potencial aplicada a los extremos de la resistencia, dividida por el valor de dicha resistencia, es decir:

$$i_1 = \frac{E}{R_1}$$

y lo mismo podemos decir para las otras ramas del circuito, es decir, que las intensidades en ellas serán iguales a la tensión entre sus extremos, dividida por el valor de cada resistencia:

$$i_2 = \frac{E}{R_2} \quad i_3 = \frac{E}{R_3}$$

Pero sabemos que la suma de las intensidades de todas las ramas es igual a la intensidad total  $I$ , de modo que se tiene:



$$I = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

El conjunto de resistencias en paralelo puede ser reemplazada por una sola, de valor  $R$ , que colocada entre los puntos A y B, deje pasar la intensidad de corriente  $I$ , bajo la tensión  $E$  entre esos puntos. El valor de esta resistencia será el cociente entre  $E$  e  $I$ , de acuerdo con la ley de Ohm, de modo que la última expresión se puede escribir así:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

y si se elimina  $E$ , por estar en todos los términos, queda:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Es decir, que la inversa de la resistencia equivalente al conjunto de resistencias conectadas en paralelo, es igual a la suma de las inversas de los valores de esas resistencias.

La expresión obtenida admite algunas simplificaciones si se contemplan casos particulares. Supongamos, por ejemplo, que todas las resistencias conectadas en paralelo sean iguales, es decir, que se tengan  $n$  resistencias iguales, de valor  $r$ , conectadas en paralelo. La expresión dada queda reducida a:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots \text{ etc.} = \frac{n}{r}$$

es decir, que el valor de la resistencia equivalente al conjunto será:

$$R = \frac{r}{n}$$

Otro caso particular es el de dos resistencias únicamente, conectadas en paralelo, que permite simplificar la fórmula general. En efecto, tomando de ella solo los dos primeros términos del segundo miembro, y resolviendo por álgebra, queda:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

es decir, que la resistencia equivalente a dos resistencias conectadas en paralelo, se calcula con el cociente del producto de ellas sobre la suma.

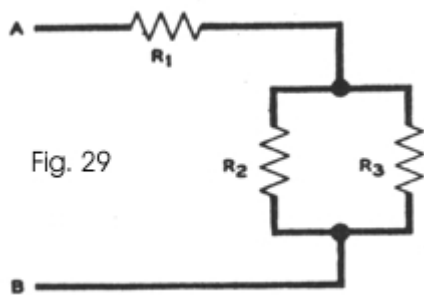
De la observación de las fórmulas obtenidas, salta a la vista que el valor de la resistencia equivalente al conjunto conectado en paralelo, será siempre menor que la menor de todas las resistencias que intervienen. lo que es lógico, puesto que cuanto



más ramas se ofrezcan al paso de la corriente, menor será la resistencia que presenta el conjunto. Si las resistencias son iguales, la resistencia equivalente es tantas veces menor como número de ellas se conecte en paralelo, es decir que si se trata de dos resistencias, la equivalente será igual a la mitad del valor de cualquiera de las mismas, si son tres, la tercera parte, etc.

En el acoplamiento en serie, en cambio, la resistencia del circuito aumentaba a medida que se agregaban resistencias, pues se presentaba mayor dificultad al paso de la corriente.

Acoplamiento mixto : En la práctica se presentan circuitos con varias resistencias conectadas en grupos, formando series y paralelos. La figura 29 presenta un ejemplo simple, pudiendo verse que las dos resistencias R2 y R3 están conectadas en paralelo y, a su vez, el grupo formado por ellas, está en serie con R1.



Todos los circuitos que se presentan en tal forma se denominan : de acoplamiento mixto, y se resuelven por partes, obteniendo primero la resistencia equivalente de los grupos en paralelo o la total de los grupos en serie y tratando luego a los grupos como si fueran resistencias únicas.

Así, en el caso de la figura 29, el grupo formado por R2 y R3 equivale a una sola resistencia, cuyo valor se obtiene haciendo el cociente entre el producto de ellas dividido por su suma. Esa resistencia equivalente está en serie con R1, por lo que su valor debe sumarse con esta última. Y así los demás casos, que, como se puede imaginar, son tan variados que no se pueden sentar normas particulares para su resolución ..

### 9.10. Campo eléctrico

Sabemos que en el átomo hay corpúsculos elementales de electricidad de distintos signos, y que entre ellos se originan fuerzas de atracción, puesto que los electrones móviles se mantienen en su órbita sin ser despedidos por la fuerza centrífuga. Tales fuerzas se originan siempre entre cargas eléctricas, sean de igual o de distinto signo, por el solo hecho de estar ubicadas en una misma zona del espacio. Si tenemos dos átomos electrizados, por ejemplo, entre ellos se producirá una fuerza de atracción o de repulsión, según tengan carga de distinto o igual signo, respectivamente. Puntualizando:

- Cargas eléctricas de igual signo se repelen.
- Cargas eléctricas de distinto signo se atraen.



Si colocamos entonces dos cargas eléctricas del mismo signo en una misma zona del espacio, y no hay nada que les impida el movimiento, la fuerza de repulsión las impulsará a alejarse una de otra y viceversa, se acercarán si sus cargas son de signo contrario. La magnitud de la fuerza actuante está perfectamente determinada por la siguiente ley:

### 9.11. Ley de Coulomb.

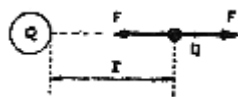
Entre dos cargas eléctricas  $Q$  y  $Q'$ , colocadas a una distancia  $r$  una de la otra, se ejerce una fuerza directamente proporcional al producto de las cargas inversamente proporcional al cuadrado de la distancia:

$$F = \frac{Q Q'}{r^2}$$

Expresión que la magnitud de la fuerza en dinas, si se toma para las cargas la unidad electrostática, que era de  $2,1 \times 10^{10}$  electrones, y la distancia en cm. El sentido de la fuerza, es decir, la determinación de si será atractiva o repulsiva, resulta de asignar signo a las cargas; suponiendo positivas o negativas a las dos, la fuerza debe ser de repulsión, de modo que cuando la expresión anterior resulta de signo positivo la fuerza es repulsiva y cuando resulta con signo negativo, es decir cuando una de las cargas tiene signo negativo y la otra positivo, la fuerza es de atracción. Es común colocarle a la expresión de Coulomb un doble signo para resaltar la influencia que tiene la polaridad de las cargas en la fuerza resultante.

### 9.12. Campo de fuerzas.

Desde el momento en que en una región del espacio se coloca una carga eléctrica, se originan fuerzas sobre todas las masas de esa región. Teóricamente, la zona de influencia de una carga se extiende hasta el infinito, pero prácticamente, como la fuerza que se puede ejercer sobre otra disminuye con el cuadrado de la distancia, la zona se limita a un entorno de dicha carga. Toda la región del espacio en la que se manifiestan los efectos de la carga eléctrica se llama "campo de fuerzas" y, especificando el origen de las mismas, "campo eléctrico". Resulta de esto que si en un campo eléctrico se coloca una pequeña carga, sobre ella actuará una fuerza cuya dirección será la recta que la une con la carga que origina el campo (ver figura siguiente ),



su sentido será el que tiende a acercar o alejar esas dos cargas, según los signos, y la magnitud estará dada por la ley de Coulomb.

Por esta razón se puede admitir que las fuerzas de un campo producido por una esfera electrificada positivamente, por ejemplo, son de dirección coincidente con los radios de la esfera, salen de ella y sus magnitudes van decreciendo con el cuadrado de la distancia a medida que se suponen puntos más y más alejados. De idéntica manera se admite que las fuerzas en un campo producido por una esfera electrificada negativamente, convergen a ella con direcciones radiales.



### 9.13. Líneas de fuerza

Imaginemos una carga eléctrica colocada en una región del espacio. A su alrededor ubicamos una cantidad de pequeñas cargas libres, es decir, susceptibles de moverse impulsadas por las fuerzas del campo eléctrico. Sean esas pequeñas cargas de igual signo que la principal que produce el campo. Se originarán fuerzas de repulsión y todas las cargas serán repelidas en dirección de las fuerzas del campo, que dijimos eran radiales. Las trayectorias seguidas por esas cargas se llaman "líneas de fuerza" y, de acuerdo con la convención anterior, serán salientes de las cargas positivas y entrantes en las negativas. Hay que resaltar que lo de saliente y entrante sólo se refiere al sentido de las fuerzas y no al hecho que penetren en las cargas, pues sólo se conciben fuerzas en el exterior de estas. De acuerdo con lo que antecede, un campo eléctrico puede imaginarse representado por una serie de líneas de fuerza, que salen de una carga positiva, llegan a una negativa, o, más propiamente, se dirigen de una carga positiva hacia una negativa. La magnitud de la fuerza en cada punto está dado por la ley de Coulomb.

### 9.14. Intensidad de campo.

Por definición, la intensidad del campo eléctrico en un punto determinado de él, es la fuerza que actúa sobre la unidad de carga o de cantidad de electricidad colocada en ese punto. Es decir, que si colocarnos en un punto cualquiera del campo la unidad de carga eléctrica, sobre ella actuará una fuerza que representa precisamente la intensidad del campo en ese punto. Si en la figura 2 hacemos la carga  $Q'= 1$ , y aplicamos la ley de Coulomb, resulta la intensidad de campo dada por:

$$H = \frac{Q}{r^2}$$

es decir que la intensidad de campo,  $H$ , en un punto que dista  $r$  de una carga eléctrica  $Q$ , está dada por el cociente entre el valor de la carga y el cuadrado de la distancia entre el punto y la carga.

De manera pues, que si consideramos el campo eléctrico producido por una carga, se ve que la intensidad del mismo decrece rápidamente a medida que nos alejamos de ella, y precisamente con el cuadrado de la distancia. La definición de intensidad de campo nos permite expresar la fuerza actuante sobre una carga cualquiera, de otra manera. En efecto, si en la ley de Coulomb sustituimos el cociente:

$Q/r^2$  por su equivalente  $H$

se tiene que sobre una carga  $Q'$  cualquiera, ubicada dentro de un campo, en un punto en el que la intensidad vale  $H$ , actuará, una fuerza de valor:

$$F=HQ'$$

puesto que  $H$  es la fuerza que actúa sobre la carga unitaria, de modo que sobre una carga  $Q'$ , actuará una fuerza  $Q'$  veces mayor.

Influencia de la materia contenida en el campo eléctrico.



Hasta aquí hemos supuesto que en la zona ocupada por el campo eléctrico no había sustancia alguna. Es fácil advertir que tales condiciones no son fáciles de conseguir, en la experimentación, de manera que hay que considerar el efecto que produce la presencia de aquella en el campo eléctrico. Por de pronto, a la materia o sustancia que ocupa el campo eléctrico se la denomina: "dieléctrico" y dentro de ella actúan las fuerzas del campo. Todo dieléctrico, se caracteriza por ser, más o menos permeable a las fuerzas del campo, comparándolo con el vacío o ausencia de materia en el, cual hemos supuesto antes que se producía el campo eléctrico. No se debe confundir la permeabilidad de la sustancia a las fuerzas del campo, con la conductibilidad eléctrica de la misma, pues esto último se refiere a la mayor o menor facilidad con que deja circular las cargas y no a las fuerzas que obran sobre las mismas. Los cuerpos buenos conductores de la electricidad son poco permeables a las fuerzas del campo, y viceversa los aisladores son mas permeables . Esta regla es general, y no significa que las dos propiedades estén ligadas en forma alguna, pues no siempre los mejores aisladores son, a su vez, los mejores dieléctricos. Los metales, por ejemplo , son impermeables a las fuerzas del campo, lo que explica su utilización como "blindajes" electrostáticos, para encerrar un campo eléctrico en una región determinada e impedir su influencia en zonas vecinas.

### 9.15. Constante dieléctrica

La permeabilidad de la materia a las fuerzas del campo se mide por un número, tomando el vacío como, referencia o base de comparación. Así, el número de veces que una sustancia es más permeable que el vacío a las fuerzas del campo, se llama permeabilidad dieléctrica, constante dieléctrica, o, simplemente: poder inductor específico. Se la expresa con la letra  $\epsilon$ . A título informativo, damos la constante dieléctrica de algunas sustancias, referidas al vacío, o, más generalmente, al aire, puesto que si éste está seco se comporta prácticamente igual que aquél, en lo que respecta a su permeabilidad dieléctrica.

Substancia	Constante dieléctrica	Substancia	Constante dieléctrica
Aire y gases	1,0	Ebonita	2,8
Aceite de ricino	4,6	Flint	6,6-9,9
Aceite mineral	2,7	Goma laca	3,1
Agua destilada	80,0	Ipertrólitol	2,5
Alcohol	15-30	Mármol	8,0
Bakelita	5,0	Mica	5,7-8,0
Calán	6,6	Micalex	8,0
Calit	6,5	Papel	1,5
Caucho	2,1-2,9	Papel parafinado	3,7
Celuloide	4,1	Parafina	2,1
Cera	1,8	Porcelana	5,7-6,8
Condensa	40-50	Resina	2,5
Cristal	5,8-7,6	Vaselina	2,2
Cuarzo	4,5	Vidrio	5,4-10,0

Cargas inducidas.-Cuando un cuerpo descargado de cualquier clase, conductor o dieléctrico, se coloca dentro de un campo eléctrico, se produce siempre una redistribución de las cargas del cuerpo. Si el cuerpo es conductor, los electrones libres



situados dentro de él se mueven de modo que en el interior del conductor el campo se anule y constituya un volumen equipotencial. Si el cuerpo no es conductor, los electrones y los núcleos positivos de cada molécula se desplazan por la acción del campo, pero puesto que no hay cargas libres que puedan moverse indefinidamente, el interior del cuerpo no se convierte en un volumen equipotencial. La carga neta del cuerpo en ambos casos sigue siendo nula (se supone que el conductor está aislado de otros cuerpos de los cuales pudiera recibir carga), pero ciertas regiones del mismo adquieren un exceso de cargas positivas o negativas, llamadas cargas inducidas. En esta página nos ocuparemos principalmente de los fenómenos producidos en un dieléctrico cuando se encuentra en un campo exterior; pero, a modo de introducción, consideremos en primer lugar la distribución de cargas en un conductor, inicialmente descargado, que tiene forma de lámina, cuando se introduce en el campo creado por dos conductores planos y paralelos que poseen cargas iguales y opuestas. Despreciando la dispersión en los bordes, el campo es uniforme en la región comprendida entre las dos láminas, como indica la Figura 1-A .

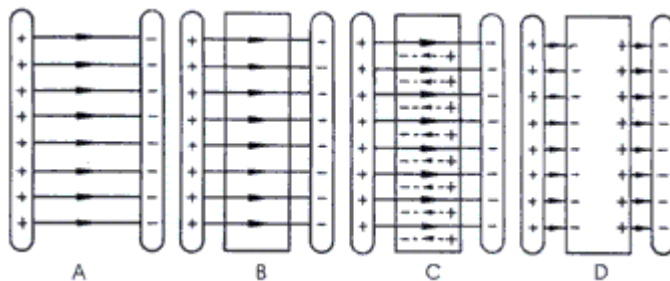


Figura1 : A - Campo eléctrico entre dos láminas cargadas. B - Introducción de un conductor. C- Cargas Inducidas y su campo. D- Campo resultante cuando un conductor se encuentra entre dos láminas cargadas.

En la figura B se ha introducido en el campo un conductor descargado, sin tocar a ninguna de las láminas cargadas. Las cargas libres del conductor se reagrupan inmediatamente, tan pronto como el conductor es introducido en el campo; pero supongamos, por el momento, que no lo hacen así; entonces, el campo penetra en el conductor, y bajo la influencia de este campo los electrones libres del conductor se mueven hacia la superficie izquierda, dejando una carga positiva sobre la superficie derecha. Este movimiento continúa hasta que en todos los puntos dentro del conductor el campo creado por las capas superficiales de carga es igual y opuesto al campo inicial. Después, el movimiento de cargas cesa y las cargas que quedan sobre la superficie del conductor se denominan cargas inducidas. La carga neta del conductor continúa siendo nula.

El campo creado por las cargas inducidas está representado por líneas de trazos en la figura C el campo resultante está indicado en la figura D dentro del conductor, el campo es nulo en todas partes. En el espacio comprendido entre el conductor y las láminas el campo es el mismo que antes de introducir el conductor. Todas las líneas de fuerza que se inician sobre la lámina positiva terminan sobre las cargas negativas inducidas en la cara izquierda del conductor. Un número igual de líneas de fuerza, que parten de las cargas positivas inducidas sobre la cara derecha del conductor, terminan sobre las



cargas negativas de la otra lámina. Las cargas inducidas en las caras del conductor son iguales y de signo opuesto a las cargas iniciales sobre las láminas, y, en lo que concierne al interior del conductor, neutralizan efectivamente las cargas sobre las láminas. Por consiguiente, el campo en el interior del conductor es nulo.

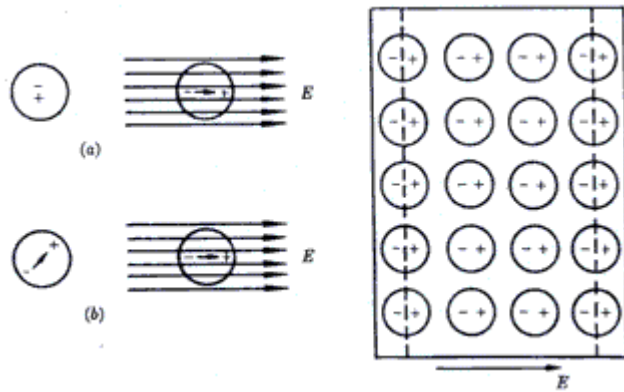


Figura 2 . (a) Una molécula no polar se convierte en un dipolo inducido al encontrarse en un campo exterior. (b) Una molécula polar o dipolo permanente se orienta en la dirección de un campo exterior. (e) Moléculas polarizadas de un dieléctrico en un campo exterior, E, dirigido de izquierda a derecha.

Consideremos el comportamiento de un dieléctrico en el mismo campo eléctrico. Para nuestro propósito actual las moléculas de un dieléctrico pueden clasificarse en polares o no polares. Una molécula no polar es aquella en la cual los centros de gravedad de los protones y electrones coinciden, mientras que en una molécula polar no coinciden. Bajo la influencia de un campo eléctrico las cargas de una molécula no polar se desplazan, como indica la Figura 2 (a). Se dice que la molécula se ha polarizado por la acción del campo, y se la denomina dipolo inducido, de momento dipolar igual al producto de una de las cargas por la distancia que las separa. El efecto de un campo eléctrico sobre una molécula polar es orientarla en la dirección del campo, como indica la Figura 2(b). El momento dipolar puede aumentar, así, por el campo eléctrico. Una molécula polar se denomina *dipolo permanente*.

Cuando una molécula no polar se convierte en polarizada, entran en juego fuerzas recuperadoras sobre las cargas desplazadas. Éstas son las fuerzas de ligadura entre las partículas que mantienen la molécula unida. En parte, al menos, estas fuerzas son de origen eléctrico; pero, cualquiera que sea su origen, podemos considerarlas del mismo tipo que las fuerzas recuperadoras elásticas, que tienden a juntar las partículas desplazadas como si estuvieran unidas por un resorte. Bajo la influencia de un campo exterior dado, las cargas se separan hasta que la fuerza de ligadura es igual y opuesta a la fuerza ejercida sobre las cargas por el campo. Naturalmente, las fuerzas de ligadura varían en magnitud de una clase de molécula a otra, con las correspondientes diferencias en el desplazamiento producido por un campo dado.



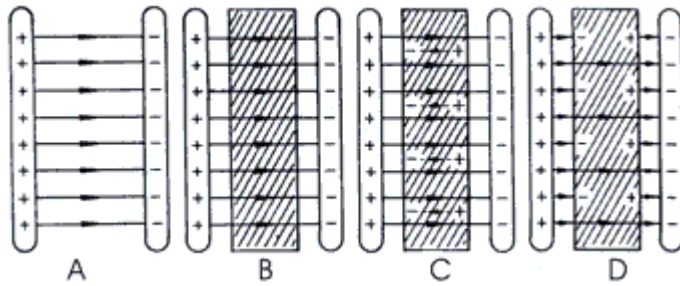


Figura 3 .-A Campo eléctrico entre dos láminas cargadas. B Introducción de un dieléctrico. C Cargas inducidas sobre la superficie, y campo creado por ellas. D Campo resultante cuando se introduce un dieléctrico entre láminas cargadas.

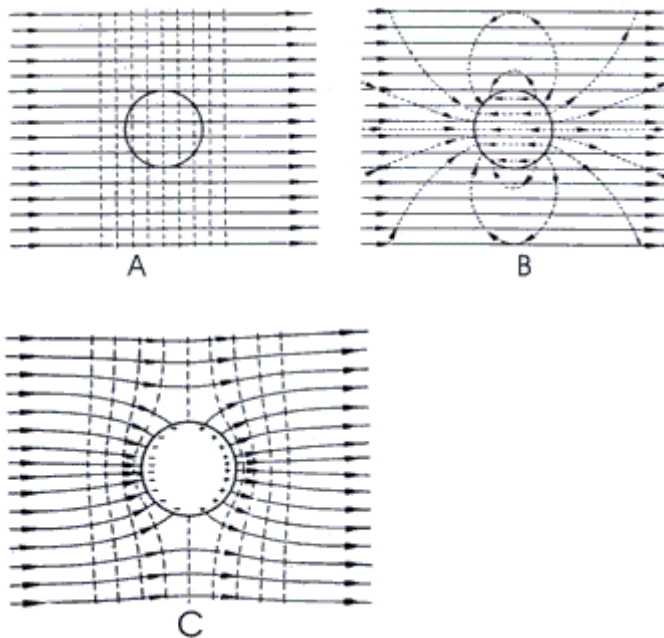


Figura 4 .-A Esfera conductora en un campo eléctrico exterior. B El campo debido a las cargas inducidas está representado por las líneas de trazos. C Líneas de fuerza resultantes y superficies equipotenciales de una esfera conductora en un campo eléctrico.

Si la polarización es inducida o debida a la alineación de dipolos permanentes, la distribución de cargas dentro de las moléculas de un dieléctrico situado en un campo exterior será la representada en la Figura 2(c). Tanto el dieléctrico entero como sus moléculas aisladas, se dice que están polarizados. En el interior de las dos capas superficiales infinitamente delgadas que indican las líneas de trazos, hay un exceso de carga, negativa en una capa y positiva en la otra. Estas capas constituyen las cargas superficiales inducidas. Sin embargo, las cargas no son libres, sino que cada una está ligada a un átomo que se encuentra en la superficie o próximo a ella. Dentro del resto del dieléctrico la carga neta sigue siendo nula. El *estado interior de un dieléctrico polarizado se caracteriza, por tanto, no por un exceso de carga, sino por un desplazamiento relativo de las cargas dentro de él.*

Las cuatro partes de la Figura 3, que deben compararse atentamente con las de la



Figura 1, aclaran el comportamiento de una lámina de dieléctrico cuando se introduce en el campo creado por un par de láminas planas y paralelas que poseen cargas del mismo valor y signo opuesto. La Figura 3-A representa el campo inicial. La Figura 3-B es el estado de cosas existente después de introducir el dieléctrico, pero antes de producirse ninguna redistribución de cargas. La Figura 3-C representa, por líneas de trazos, el campo creado dentro del dieléctrico por sus cargas superficiales inducidas. Como en la Figura 1-C, este campo es opuesto al campo inicial, pero dado que las cargas en el dieléctrico no son libres de moverse indefinidamente, su desplazamiento no continúa hasta un estado tal que el campo inducido iguale en intensidad al campo inicial. El campo dentro del dieléctrico está, por tanto, debilitado, pero no anulado.

El campo resultante está representado en la Figura 3-D. Algunas de las líneas de fuerza que salen de la lámina positiva, penetran en el dieléctrico; otras terminan en las cargas inducidas sobre las caras de este dieléctrico.

Cargas inducidas sobre esferas.-Tiene cierto interés considerar las cargas inducidas sobre un conductor o aislador esférico cuando se introduce en un campo inicialmente uniforme. La esfera conductora se ha representado en la Figura 4. Como en la Figura 1, las cargas libres interiores de la esfera se reagrupan de tal modo que producen un campo nulo en los puntos interiores. El campo de las cargas inducidas está representado por las líneas de trazos de la Figura 4-B, y el campo resultante de este último y del inicial puede verse en la Figura 4-C. Se han representado también las intersecciones con el plano del dibujo de algunas superficies equipotenciales, una de las cuales es la superficie de la esfera. Puesto que las *líneas de fuerza y las superficies equipotenciales son perpendiculares entre sí*, las líneas de fuerza cortan a la superficie de la esfera formando ángulo recto.

Las mismas leyes físicas se cumplen cualquiera que sea la forma de un conductor, pero las expresiones matemáticas del campo y de la distribución de carga son extraordinariamente complicadas salvo para esferas y elipsoides. Así, si dos esferas conductoras en contacto se colocan en un campo, una de ellas adquiere un exceso de carga positiva, y la otra, un exceso de carga negativa por haberse producido una distribución de cargas tal que ambas esferas quedan al mismo potencial, anulándose el campo dentro de ellas. Si se separan ligeramente cuando todavía están en el campo y después se sacan de él, las cargas inducidas quedan atrapadas sobre las esferas y pueden reconocerse fácilmente con un electroscopio. Véase la Figura 5.

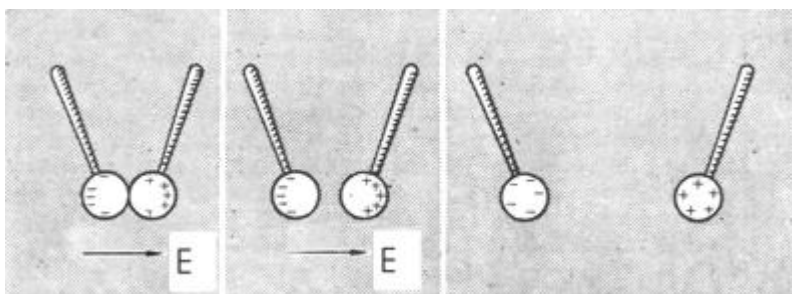


Figura 5.- (a) Esferas conductoras en contacto dentro de un campo. (b) Esferas ligeramente separadas mientras están todavía en el campo. (c) Las esferas quedan cargadas con cargas opuestas cuando se suprime el campo.



En la Figura 6 se representa una esfera dieléctrica colocada en un campo inicialmente uniforme. Como en la Figura 3, las cargas inducidas en la superficie debilitan el campo en la esfera, pero no lo anulan. Existe campo tanto en el interior como en el exterior de la esfera y, por tanto, la superficie de la misma no es equipotencial, y las líneas de fuerza no la cortan perpendicularmente.

Las cargas inducidas sobre la superficie de un dieléctrico esférico en un campo exterior proporcionan una explicación de la atracción de una bolita de medula de saúco o de un trocito de papel descargados, por una varilla de vidrio, o de ebonita, cargada. En la Figura 6, cuando el campo exterior es uniforme, la fuerza resultante sobre la esfera es nula, puesto que las fuerzas sobre las cargas positivas y negativas inducidas son iguales y opuestas. Sin embargo, si el campo no es uniforme, las cargas inducidas están en regiones donde la intensidad del campo eléctrico es diferente y la fuerza que actúa en un sentido no es igual a la que actúa en sentido opuesto.

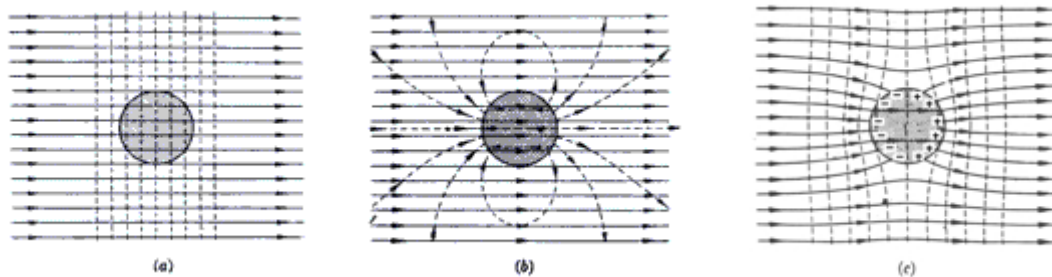


Figura 6.-Esfera dieléctrica en un campo eléctrico inicialmente uniforme.

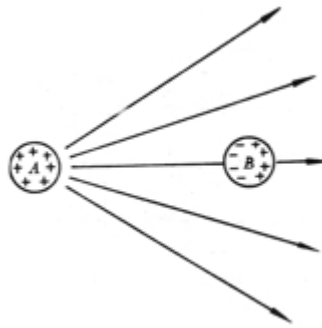


Figura 7.-Esfera dieléctrica descargada, B, en el campo radial de una carga positiva, A.

La Figura 7 representa una esfera dieléctrica, B, descargada dentro del campo radial creado por una carga positiva, A. Las cargas positivas inducidas sobre B experimentan una fuerza dirigida hacia la derecha, mientras que la fuerza sobre las cargas negativas es hacia la izquierda. Puesto que las cargas negativas están más próximas a A que las positivas y, por consiguiente, en un campo más intenso, la fuerza hacia la izquierda es mayor que la fuerza hacia la derecha, y, aunque su carga neta es cero, B experimenta una fuerza resultante dirigida hacia A. El signo de la carga de A no afecta al resultado, como puede verse fácilmente. Además, el efecto no está limitado a los dieléctricos, pues una esfera conductora sería atraída análogamente.

Razonamientos más generales, basados en consideraciones energéticas, demuestran que un cuerpo dieléctrico colocado en un campo eléctrico, no uniforme, experimenta



siempre una fuerza que tiende a moverlo desde una región donde el campo es débil a otra región donde el campo es más intenso, siempre que el coeficiente dieléctrico del cuerpo sea mayor que el del medio que lo rodea. Si el coeficiente dieléctrico es menor, se verifica lo contrario.

Susceptibilidad, coeficiente dieléctrico y capacidad específica de inducción.-El campo entre un par de láminas que poseen cargas opuestas y las cargas inducidas sobre las superficies de un dieléctrico contiguo a las láminas están representados en la Figura 8. Se supone que el dieléctrico se extiende de una lámina a la otra, pero en el diagrama se ha dejado un pequeño espacio entre sus superficies y las de las láminas, para mayor claridad. Despreciando el efecto de los bordes, la densidad superficial de las cargas inducidas sobre el dieléctrico será uniforme por razón de simetría. Representemos por  $\sigma_i$  la carga inducida por unidad de superficie del dieléctrico, y por  $\sigma$ , la carga por unidad de superficie de las láminas. La primera se llama frecuentemente *carga ligada*, y la segunda, *carga libre*.

Las cargas inducidas neutralizan una parte de las cargas libres y reducen la densidad superficial efectiva de  $\sigma$  a  $\sigma - \sigma_i$ . El campo eléctrico resultante dentro del dieléctrico es, por consiguiente,

$$E = \frac{1}{\epsilon_0}(\sigma - \sigma_i) = \frac{1}{\epsilon_0}\sigma - \frac{1}{\epsilon_0}\sigma_i.$$

Ecuación (1)

donde  $\epsilon_0$  es una constante que vale :

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{coul}^2}{\text{new-m}^2}$$

considerando 1 culombio = coul =  $2,99790 \times 10^9$  unidades electrostáticas

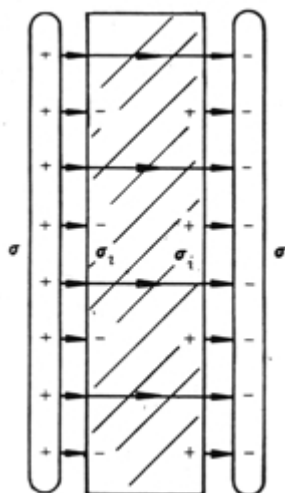


Figura 8.-Cargas inducidas sobre las caras de un dieléctrico en un campo exterior.

El término  $(1/\epsilon_0)$  representa la componente del campo resultante debida a las cargas libres localizadas en las láminas. El término  $(1/\epsilon_0)\sigma_i$  de sentido contrario, es el creado por las cargas inducidas.



Puesto que las cargas inducidas son originadas por el campo E, su valor dependerá del de E y también del material que forme el dieléctrico. La razón de la densidad de carga inducida  $\sigma_i$  al a la intensidad E del campo eléctrico resultante se denomina susceptibilidad eléctrica del material y se representa por  $\eta$ .

$$\text{Susceptibilidad eléctrica } \eta = \sigma_i / E, \quad \sigma_i = \eta E$$

Cuanto mayor es la susceptibilidad de un material, tanto mayor es la carga inducida en un campo dado. La experiencia demuestra que a temperatura constante y, en campos que no son demasiado grandes, la susceptibilidad de un material dado es constante e independiente de E. Esto es, la densidad superficial de carga inducida es proporcional al campo resultante. El término susceptibilidad del vacío no es más que una forma de expresión. Tal como hemos definido la susceptibilidad, su valor ha de ser nulo, puesto que en el vacío no existen átomos cuyas cargas puedan ser desplazadas por un campo eléctrico. Las dimensiones de la susceptibilidad son las de una densidad superficial de carga dividida por una intensidad de campo eléctrico, o sea, en el sistema mks .

$$\frac{\text{coul}}{\text{m}^2} : \frac{\text{newton}}{\text{coul}} = \frac{\text{coul}^2}{\text{newton-m}^2}$$

En función de la susceptibilidad, la Ecuación (1) se convierte en

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma - \frac{1}{\epsilon_0} \eta E,$$

o sea,

$$E = \frac{\sigma}{\left(1 + \frac{\eta}{\epsilon_0}\right) \epsilon_0}$$

Representemos el término  $\left(1 + \frac{\eta}{\epsilon_0}\right)$  por el símbolo  $K_e$ ,

$$\boxed{K_e = 1 + \frac{\eta}{\epsilon_0}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

y la Ec. Ecuación (2) se convierte entonces en

$$E = \frac{1}{K_e \epsilon_0} \sigma. \quad \text{Ecuación (3)}$$

La magnitud  $K_e$ , se denomina coeficiente dieléctrico del material, y la Ecuación (2) puede considerarse como su definición. Esta magnitud es conocida también por otros nombres, y suele representarse frecuentemente por otros símbolos. Algunos autores la denominan constante dieléctrica, y utilizan el símbolo E. Pero no resulta muy acertado hablar de una constante, ya que puede depender de la temperatura y de la intensidad del campo eléctrico.

El *coeficiente dieléctrico de una sustancia es un número abstracto*, puesto que  $\epsilon_0$  también lo es. (Tanto las unidades mks de  $\epsilon_0$  como de  $\sigma$  son coul<sup>2</sup>/newton.m<sup>2</sup>.)



Las ecuaciones (1) y (3) son enteramente equivalentes en contenido físico. La primera expresa el campo resultante E en el dieléctrico como diferencia entre el campo creado por las cargas libres y el creado por las ligadas. La última expresa el campo como fracción del correspondiente a las cargas libres.

Aunque en este caso especial (capa de dieléctrico entre un par de láminas paralelas) la intensidad del campo eléctrico dentro del dieléctrico es  $1/K_e$  de su valor antes de introducir este último, no se cumple la misma reducción proporcional del campo en todos los casos; p. ej., si se introduce un dieléctrico esférico en un campo uniforme, como en la Figura 6 la razón del campo resultante dentro de la esfera al campo original es :

$$\frac{3}{K_e + 2}$$

El producto  $K_e \epsilon_0$ , que aparece en el denominador de la ecuación (3), se denomina capacidad específica de inducción del dieléctrico y se representa por :

$$= K_e \epsilon_0$$

En el vacío, donde  $K_e = 1$

$$= \epsilon_0$$

La magnitud  $\epsilon_0$  puede describirse, por tanto, como la capacidad específica de inducción del vacío. La expresión no es afortunada, porque en sentido físico las magnitudes

susceptibilidad eléctrica  $\chi_e$ , coeficiente dieléctrico  $K_e = 1 + \frac{\chi_e}{\epsilon_0}$ , y capacidad específica de inducción  $\epsilon = K_e \epsilon_0$  son

formas diversas de describir el desplazamiento relativo o la orientación de las cargas positivas y negativas situadas en el interior de una sustancia cuando ésta se encuentra en un campo eléctrico exterior. Naturalmente, tales efectos no pueden tener lugar en el vacío, y la expresión "capacidad específica de inducción del vacío" es, en el mejor de los casos, poco afortunada. Sería de desear un perfeccionamiento de la terminología, y de la notación en relación con estos conceptos.

Las unidades de  $\chi_e$  y  $\epsilon_0$  son evidentemente las mismas,  $\text{coul}^2/\text{newton} \cdot \text{m}^2$ , puesto que  $K_e$  es un número abstracto.

*Las propiedades dieléctricas de una sustancia están completamente determinadas si se conoce una cualquiera de las tres magnitudes, susceptibilidad eléctrica  $\chi_e$ , coeficiente dieléctrico  $K_e$  o capacidad específica de inducción  $\epsilon$ , que están ligadas por las siguientes ecuaciones:*



$$K_e = 1 + \frac{\eta}{\epsilon_0} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0};$$

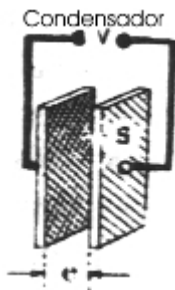
$$\epsilon = \epsilon_0 K_e = \epsilon_0 + \eta;$$

$$\eta = \epsilon_0 (K_e - 1) = \epsilon - \epsilon_0$$

La única razón de introducir estas tres magnitudes es simplificar la forma de ciertas ecuaciones usuales.

De resultados de las consideraciones anteriores, es evidente que se puede aumentar el efecto acumulador de cargas eléctricas que tienen conductores aislados, con sólo acercarle otro cuerpo conductor. Además, como hemos visto que el aumento de capacidad se obtenía por la disminución de la energía potencial del cuerpo cargado, cuanto mayor sea la carga que se induzca en el cuerpo C de la Figura 3, mayor será el aumento de capacidad del cuerpo cargado.

Por este motivo, si se desea construir un dispositivo capaz de acumular gran cantidad de electricidad, conviene hacerlo colocando dos placas metálicas, muy cerca una de la otra, para que al cargar una de ellas, la otra se cargue, a su vez lo más posible.



Además, la capacidad de los cuerpos depende de sus dimensiones y en particular para una esfera, depende de su radio, lo que habla de la conveniencia de aumentar el tamaño de los conductores para aumentar su capacidad. Todavía podemos agregar que se puede aumentar más aún la capacidad si colocamos entre los dos cuerpos una sustancia más permeable al campo eléctrico, es decir, con constante dieléctrica elevada, puesto que la capacidad es directamente proporcional a esa constante.

Un dispositivo construido de esta forma se denomina "condensador" o "capacitor", siendo su vastedad de aplicaciones muy grande.



## 10. CONTROL AUTOMÁTICO

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial . El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control .Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas .

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales , lo que compensa con creces la inversión en equipo de control . Además hay muchas ganancias intangibles , como por ejemplo la eliminación de mano de obra pasiva , la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado . La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático .

El principio del control automático o sea el empleo de una realimentación o medición para accionar un mecanismo de control , es muy simple . El mismo principio del control automático se usa en diversos campos , como control de procesos químicos y del petróleo , control de hornos en la fabricación del acero , control de máquinas herramientas , y en el control y trayectoria de un proyectil .

El uso de las computadoras analógicas y digitales ha posibilitado la aplicación de ideas de control automático a sistemas físicos que hace apenas pocos años eran imposibles de analizar o controlar .

Es necesaria la comprensión del principio del control automático en la ingeniería moderna , por ser su uso tan común como el uso de los principios de electricidad o termodinámica , siendo por lo tanto , una parte de primordial importancia dentro de la esfera del conocimiento de ingeniería . También son tema de estudio los aparatos para control automático , los cuales emplean el principio de realimentación para mejorar su funcionamiento .

### **10.1. Qué es el control automático ?**

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición , midiendo el valor existente , comparándolo con el valor deseado , y utilizando la diferencia para proceder a reducirla . En consecuencia , el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana .

El elemento mas importante de cualquier sistema de control automático es lazo de control realimentado básico . El concepto de la realimentación no es nuevo , el primer lazo de realimentación fue usado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de cualquier máquina de vapor . A pesar de conocerse el concepto del funcionamiento , los lazos se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 1940s , los años pasados han visto un extenso estudio y desarrollo en la teoría y aplicación de los lazos realimentados de control . En la actualidad los lazos de control son un elemento esencial para la manufactura económica y prospera de virtualmente cualquier producto





, desde el acero hasta los productos alimenticios. A pesar de todo , este lazo de control que es tan importante para la industria está basado en algunos principios fácilmente entendibles y fáciles . Este artículo trata éste lazo de control , sus elementos básicos , y los principios básicos de su aplicación .



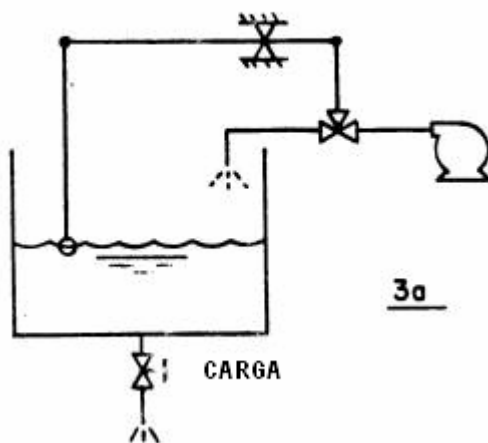
## 10.2. CONTROLANDO EL PROCESO .

En controladores que usan señales de valor de consigna neumática o electrónica generadas dentro del controlador , un falla de calibración del transmisor de valor de consigna resultará necesariamente en que la unidad de control automático llevará a la medición a un valor erróneo . la habilidad del controlador para posicionar correctamente la válvula es también otra limitación . Si existe fricción en la válvula , el controlador puede no estar en condiciones de mover la misma a una posición de vástago específica para producir un caudal determinado y esto aparecerá como una diferencia entre la medición y el valor de consigna .

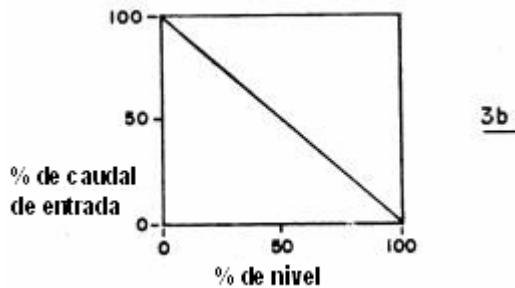
Intentos repetidos para posicionar la válvula exactamente pueden llevar a una oscilación en la válvula y en la medición , o , si el controlador puede sólo mover la válvula muy lentamente , la habilidad del controlador para controlar el proceso será degradada . Una manera de mejorar la respuesta de las válvulas de control es el uso de posicionadores de válvulas , que actúan como un controlador de realimentación para posicionar la válvula en la posición exacta correspondiente a la señal de salida del controlador . Los posicionadores , sin embargo , deberían ser evitados a favor de los elevadores de volumen en lazos de respuesta rápida como es el caso de caudal de líquidos a presión .

Para controlar el proceso , el cambio de salida del controlador debe estar en una dirección que se oponga a cualquier cambio en el valor de medición

FIGURA 3  
ACCION DE CONTROL PROPORCIONAL



La figura 3 muestra una válvula directa conectada a un control de nivel en un tanque a media escala . A medida que el nivel del tanque se eleva , el flotador es accionado para reducir el caudal entrante , así , cuanto mas alto sea el nivel del líquido mayor será el cierre del ingreso de caudal . De la misma manera , medida que el nivel cae , el flotante abrirá la válvula para agregar mas líquido al tanque . La respuesta de éste sistema es mostrada gráficamente .



A medida que el nivel va desde el 0% al 100% , la válvula se desplaza desde la apertura total hasta totalmente cerrada . La función del controlador automático es producir este tipo de respuesta opuesta sobre rangos variables , como agregado , otras respuestas están disponibles para una mayor eficiencia del control del proceso .

### 10.3. SELECCIÓN DE LA ACCIÓN DEL CONTROLADOR .

Dependiendo de la acción de la válvula , un incremento en la medida puede requerir incrementos o disminuciones del valor de salida para el control . Todos los controladores pueden ser conmutados entre acción directa o reversa .

· La acción directa significa que cuando el controlador ve un incremento de señal desde el transmisor , su salida se incrementa . · La acción reversa significa que un incremento en las señales de medición hacen que la señal de salida disminuya .

Para determinar cuál de estas salidas es la correcta , un análisis debe ser llevado a cabo en el lazo . El primer paso es determinar la acción de la válvula . En la figura 1 , por razones de seguridad la válvula debe cerrar si existe un fallo en el suministro de aire de la planta . Por lo tanto , esta válvula deber ser normal abierta con aire , o normal cerrada sin aire . Segundo , considere el efecto de un cambio en la medición . Para incrementar la temperatura el caudal de vapor hacia el intercambiador de calor debería ser reducido , por lo tanto , la válvula deberá cerrarse . Para cerrarse ésta válvula , la señal del controlador automático hacia la válvula debe disminuir , por lo tanto el controlador requiere acción de disminución/incremento reversa . Si se eligiera la acción directa el incremento de señales desde el transmisor daría como resultado en un aumento del caudal de vapor , haciendo que la temperatura se incremente aún mas . El resultado sería un descontrol en la temperatura . Lo mismo ocurriría en cualquier disminución de temperatura causando una caída de la misma . Una selección incorrecta de la acción del controlador siempre resulta en un lazo de control inestable tan pronto como el mismo es puesto en modo automático . Asumiendo que la acción correcta sea seleccionada en el controlador , cómo sabe el dispositivo cuando la salida correcta ha sido alcanzada ? , en la figura 3 , por ejemplo , para mantener el nivel constante , el controlador debe manipular el ingreso de caudal igual al de salida , según se demande . El controlador lleva a cabo su trabajo manteniendo éste balance en un estado permanente , y actuando para restaurar este balance entre el suministro y la demanda cuando el mismo es modificado por alguna variación .

### 10.4. VARIACIONES

Cualquiera de los siguientes tres eventos podría ocurrir requiriendo un caudal



diferente para mantener el nivel en el tanque . Primero , si la posición de la válvula manual de salida fuera abierta ligeramente , entonces un caudal mayor saldría del tanque , haciendo que el nivel caiga . Este es un cambio bajo demanda , y para restaurar el balance , la válvula de entrada de caudal debe ser abierta para proveer un mayor ingreso de líquido . Un segundo tipo de condición de desbalance sería un cambio en el valor de consigna . El tercer tipo de variación sería un cambio en el suministro , si la presión de salida de la bomba se incrementara , aún si la válvula de entrada se mantuviera en su posición , el incremento de presión causaría un mayor caudal , haciendo que el nivel comience a elevarse . Al medir el incremento , el controlador de nivel debería cerrar la válvula en la entrada para mantener el nivel a un valor constante . De igual manera , cualquier controlador usado en el intercambiador de calor mostrado en la figura 1 debería balancear el suministro de calor agregado por el vapor con el calor arrastrado por el agua . La temperatura sólo se puede mantener constante si el caudal de calor entrante iguala al calor que sale .

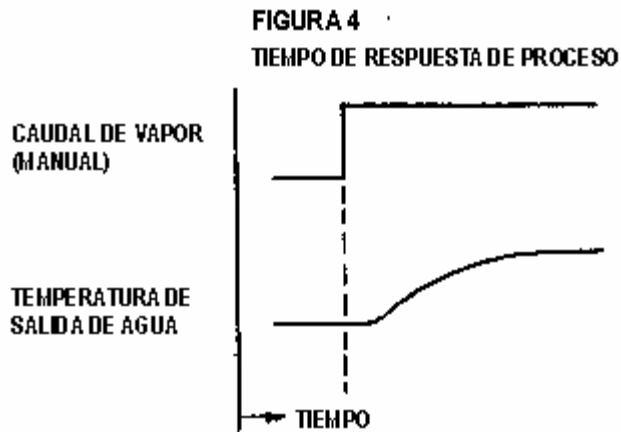
### **10.5. CARACTERISTICAS DEL PROCESO Y CONTROLABILIDAD .**

El controlador automático usa cambios en la posición del actuador final para controlar la señal de medición , moviendo el actuador para oponerse a cualquier cambio que observe en la señal de medición . La controlabilidad de cualquier proceso es función de lo bien que una señal de medición responde a éstos cambios en la salida del controlador ; para un buen control la medición debería comenzar a responde en forma rápida , pero luego no cambiar rápidamente . Debido al tremendo número de aplicaciones del control automático , caracterizando un proceso por lo que hace , o por industria , es una tarea engorrosa . Sin embargo , todos los procesos pueden ser descritos por una relación entre las entradas y las salidas . La figura 4 ilustra la respuesta de la temperatura del intercambiador de calor cuando la válvula es abierta incrementando manualmente la señal de salida del controlador .

Al comienzo , no hay una respuesta inmediata en la indicación de temperatura , luego la respuesta comienza a cambiar , se eleva rápidamente al inicio , y se aproxima al fina a un nivel constante . El proceso puede ser caracterizado por dos elementos de su respuesta , el primero es el tiempo muerto (dead time en Inglés ) , o sea el tiempo antes de que la medición comience a responder , en éste ejemplo , el tiempo muerto se eleva debido a que el calor en el vapor debe ser conducido hasta el agua antes de que pueda afecta a la temperatura , y luego hacia el transmisor antes de que el cambio pueda ser percibido . El tiempo muerto es una función de las dimensiones físicas de un proceso y cosas tales como las velocidades de correas y regímenes de mezcla . Segundo , la capacidad de un proceso es el material o energía que debe ingresar o abandonar el proceso para cambiar las mediciones , es , por ejemplo , los litros necesarios para cambiar el nivel , las calorías necesarias para cambiar la temperatura , o los metros cúbicos de gas necesarios para cambiar la presión . La medición de una capacidad es su respuesta para un paso de entrada . Específicamente , el tamaño de una capacidad es medida por una constante de tiempo , que es definido como el tiempo necesario para completar el 63% de su respuesta total . La constante de tiempo es una función del tamaño del proceso y del régimen de transferencia de material o energía .Para este ejemplo , cuanto mas grande sea el tanque , y menor el caudal de vapor , mayor será la constante de tiempo . Estos números pueden ser de tan sólo algunos segundos , y tan largos como varias horas . Combinados con el tiempo muerto , los mismos definen cuanto tiempo lleva



para que la señal responda a cambios en la posición de la válvula . Un proceso puede comenzar a responder rápidamente , pero no cambiar muy rápido si su tiempo muerto es pequeño y su capacidad muy grande . En resumen , cuanto mayor sea la constante de tiempo de la capacidad comparada con el tiempo muerto , mejor será la controlabilidad del proceso .



## 10.6. TIPOS DE RESPUESTAS DE CONTROLADOR .

La primera y mas básica característica de la respuesta del controlador ha sido indicada como la acción directa o reversa . Una vez que esta distinción se ha llevado a cabo , existen varios tipos de respuestas que pueden ser usadas para controlar un proceso . Estas son :

Control Si/No ( ó On/Off con sus siglas en Inglés ) , o control de dos posiciones.

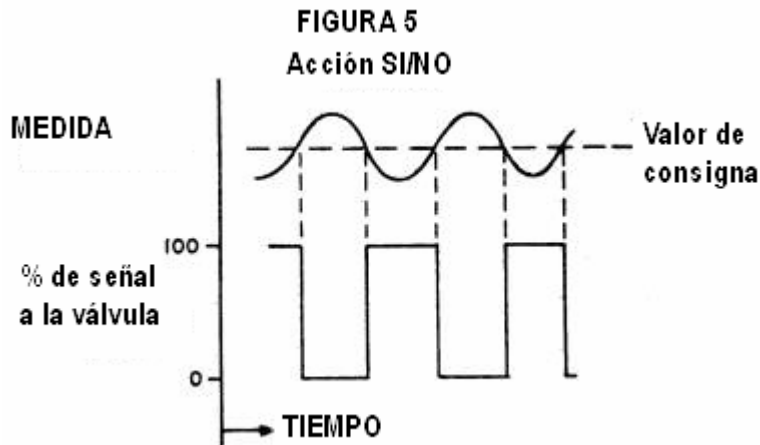
Control proporcional .

Acción integral (reset)

Acción derivativa .

El control Si/No .

El control SI/No es mostrado en la figura 5 ,

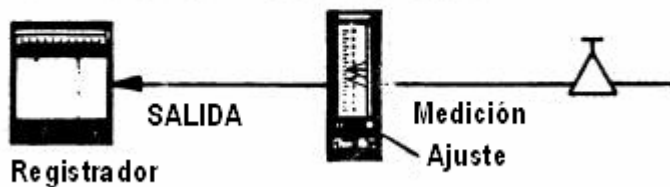


Para un controlador de acción reversa y una válvula del tipo presión-para-cerrar . El controlador Si/No tiene dos salidas que son para máxima apertura y para apertura mínima , o sea cierre . Para este sistema se ha determinado que cuando la medición cae debajo del valor de consigna , la válvula debe estar cerrada para hacer que se abra ; así , en el caso en que la señal hacia el controlador automático esté debajo del valor de consigna , la salida del controlador será del 100% . A medida que la medición cruza el valor de consigna la salida del controlador va hacia el 0% . Esto eventualmente hace que la medición disminuya y a medida que la medición cruza el valor de consigna nuevamente , la salida vaya a un máximo . Este ciclo continuará indefinidamente , debido a que el controlador no puede balancear el suministro contra la carga . La continua oscilación puede , o puede no ser aceptable , dependiendo de la amplitud y longitud del ciclo . Un ciclo rápido causa frecuentes alteraciones en el sistema de suministro de la planta y un excesivo desgaste de la válvula . El tiempo de cada ciclo depende del tiempo muerto en el proceso debido a que el tiempo muerto determina cuanto tiempo toma a la señal de medición para revertir su dirección una vez que la misma cruza el valor de consigna y la salida del controlador cambia . La amplitud de la señal depende de la rapidez con que la señal de medición cambia durante cada ciclo . En procesos de gran capacidad , tales como cubas de calentamiento , la gran capacidad produce una gran constante de tiempo , por lo tanto , la medición puede cambiar sólo muy lentamente . El resultado es que el ciclo ocurre dentro de una banda muy estrecha alrededor del valor de consigna , y este control puede ser muy aceptable , si el ciclo no es muy rápido . Por lejos el tipo mas común de control usado en la industria es el Si/No . Sin embargo si la medición del proceso es mas sensible a los cambios en el suministro , la amplitud y frecuencia del ciclo comienza a incrementarse , en algún punto el ciclo se volverá inaceptable y alguna forma de control proporcional deberá ser aplicada .

De manera de estudiar los otros tres tipos de modos de control automático se usaran respuesta de lazo abierto . Un lazo abierto significa que sólo la respuesta del controlador será considerada .

FIGURA 6

Respuesta de controlador a lazo abierto

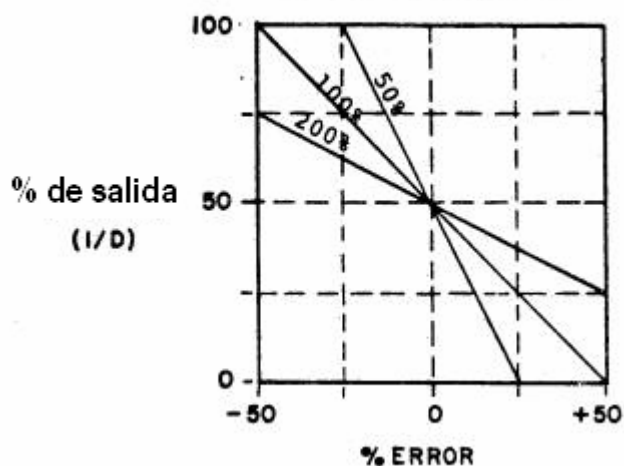


La figura 6 muestra un controlador automático con una señal artificial desde un regulador manual introducida como la medición. El valor de consigna es introducido normalmente y a salida es registrada. Con éste arreglo, las respuestas específicas del controlador a cualquier cambio deseado en la medición puede ser observada.

La figura 7 ilustra la respuesta de un controlador proporcional por medio de un indicador de entrada/salida pivotando en una de estas posiciones. Con el pivó en el centro entre la entrada y la salida dentro del gráfico, un cambio del 100% en la medición es requerido para obtener un 100% de cambio en la salida, o un desplazamiento completo de la válvula. Un controlador ajustado para responder de ésta manera se dice que tiene una banda proporcional del 100%. Cuando el pivó es hacia la mano derecha, la medición de la entrada debería tener un cambio del 200% para poder obtener un cambio de salida completo desde el 0% al 100%, esto es una banda proporcional del 200%. Finalmente, si el pivó estuviera en la posición de la mano izquierda y si la medición se moviera sólo cerca del 50% de la escala, la salida cambiaría 100% en la escala. Esto es un valor de banda proporcional del 50%. Por lo tanto, cuanto mas chica sea la banda proporcional, menor será la cantidad que la medición debe cambiar para el mismo tamaño de cambio en la medición. O, en otras palabras, menor banda proporcional implica mayor cambio de salida para el mismo tamaño de medición. Esta misma relación está representada por la figura 8.

Figura 8

ACCION PROPORCIONAL



Este gráfico ( figura 8 ) muestra cómo la salida del controlador responderá a medida que la medición se desvía del valor de consigna. Cada línea sobre el gráfico

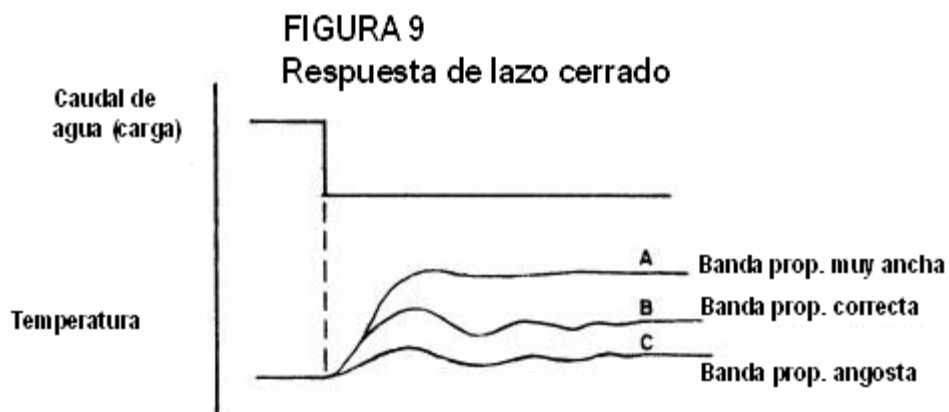


representa un ajuste particular de la banda proporcional . Dos propiedades básicas del control proporcional pueden ser observadas a partir de éste gráfico :

Por cada valor de la banda proporcional toda vez que la medición se iguala al valor de consigna , la salida es del 50% .

Cada valor de la banda proporcional define una relación única entre la medición y la salida . Por cada valor de medición existe un valor específico de salida . Por ejemplo , usando una línea de banda proporcional del 100% , cuando la medición está 25% por encima del valor de consigna , la salida del controlador deberá ser del 25% . La salida del controlador puede ser del 25% sólo si la medición esta 25% por encima del valor de consigna . De la misma manera , cuando la salida del controlador es del 25% , la medición será del 25% por encima del valor de consigna . En otras palabras , existe un valor específico de salida por cada valor de medición .

Para cualquier lazo de control de proceso sólo un valor de la banda proporcional es el mejor . A medida que la banda proporcional es reducida , la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición se hace mayor y mayor . En algún punto dependiendo de la característica de cada proceso particular , la respuesta en el controlador será lo suficientemente grande como para controlar que la variable medida retorne nuevamente en dirección opuesta a tal punto de causar un ciclo constante de la medición . Este valor de banda proporcional , conocido como la última banda proporcional , es un límite en el ajuste del controlador para dicho lazo . Por otro lado , si se usa una banda proporcional muy ancha , la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición será muy pequeña y la medición no será controlada en la forma suficientemente ajustada . La determinación del valor correcto de banda proporcional para cualquier aplicación es parte del procedimiento de ajuste ( tunin procedure ) para dicho lazo . El ajuste correcto de la banda proporcional puede ser observado en la respuesta de la medición a una alteración .



La figura 9 muestra varios ejemplos de bandas proporcionales variadas para el intercambiador de calor .

Idealmente , la banda proporcional correcta producirá una amortiguación de amplitud de cuarto de ciclo en cada ciclo , en el cual cada medio ciclo es  $\frac{1}{2}$  de la amplitud de del medio ciclo previo . La banda proporcional que causará una amortiguación de onda de un cuarto de ciclo será menor , y por lo tanto alcanzará un control mas



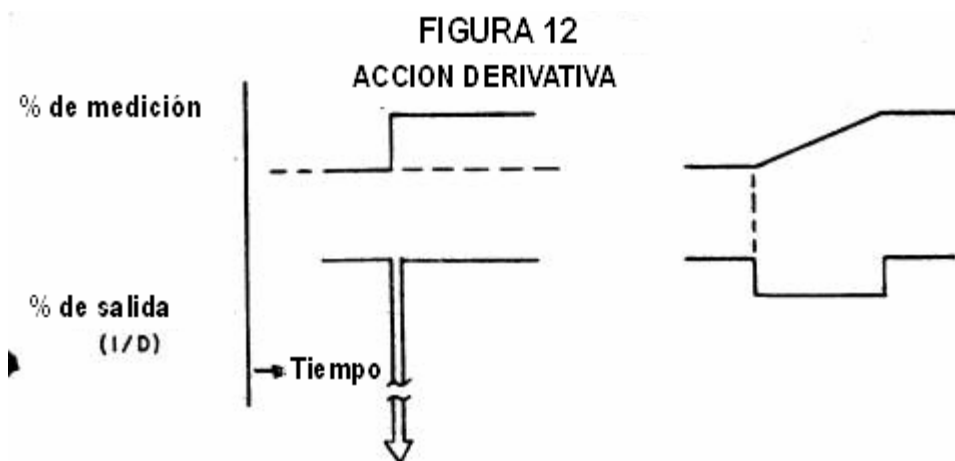


ajustado sobre la variable medida , a medida que el tiempo muerto en el proceso decrece y la capacidad se incrementa .

Una consecuencia de la aplicación del control proporcional al lazo básico de control es el offset . Offset significa que el controlador mantendrá la medida a un valor diferente del valor de consigna . Esto es mas fácilmente visto al observar la figura 3 . Note que si la válvula de carga es abierta , el caudal se incrementará a través de la válvula y el nivel comenzará a caer , de manera de mantener el nivel , la válvula de suministro debería abrirse , pero teniendo en cuenta la acción proporcional del lazo el incremento en la posición de apertura puede sólo ser alcanzado a un nivel menor . En otras palabras , para restaurar el balance entre el caudal de entrada y el de salida , el nivel se debe estabilizar a un valor debajo del valor de consigna ( o setpoint ) . Esta diferencia , que será mantenida por el lazo de control , es llamada offset , y es característica de la aplicación del control proporcional único en los lazos de realimentación . La aceptabilidad de los copntroles sólo-proporcionales dependen de si este valor de offset será o no tolerado , ya que el error necesario para producir cualquier salida disminuye con la banda proporcional , cuanto menor sea la banda proporcional , menor será el offset . Para grandes capacidades , aplicaciones de tiempo muerto pequeñas que acepten una banda proporcional muy estrecha , el control sólo-proporcional sera probablemente satisfactorio dado que la medición se mantendrá a una banda de un pequeño porcentaje alrededor del valor de consigna . Si es esencial que no haya una diferencia de estado estable entre la medición y el valor de consigna bajo todas las condiciones de carga , una función adicional deberá ser agregada al controlador .

### 10.7. Acción derivativa .

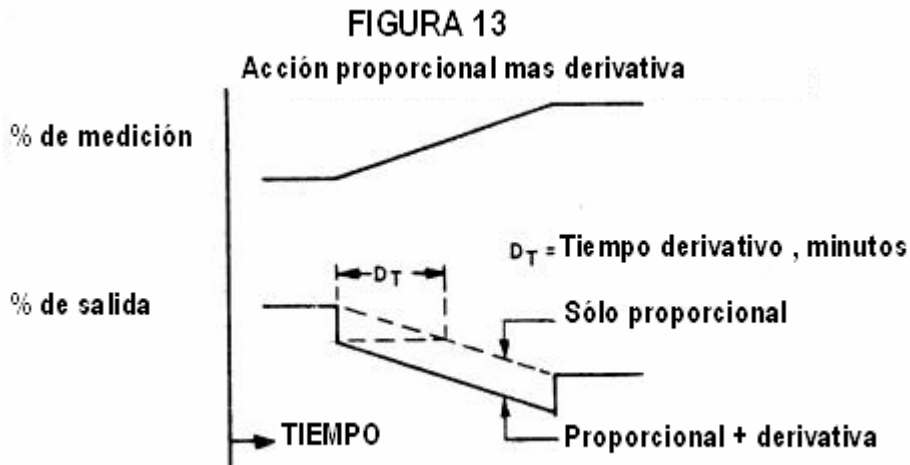
La tercer respuesta encontrada en controladores es la acción derivativa . Así como la respuesta proporcional responde al tamaño del error y el reset responde al tamaño y duración del error , el modo derivativo responde a la cuan rápido cambia el error . En la figura 12 , dos respuestas derivativas son mostradas .



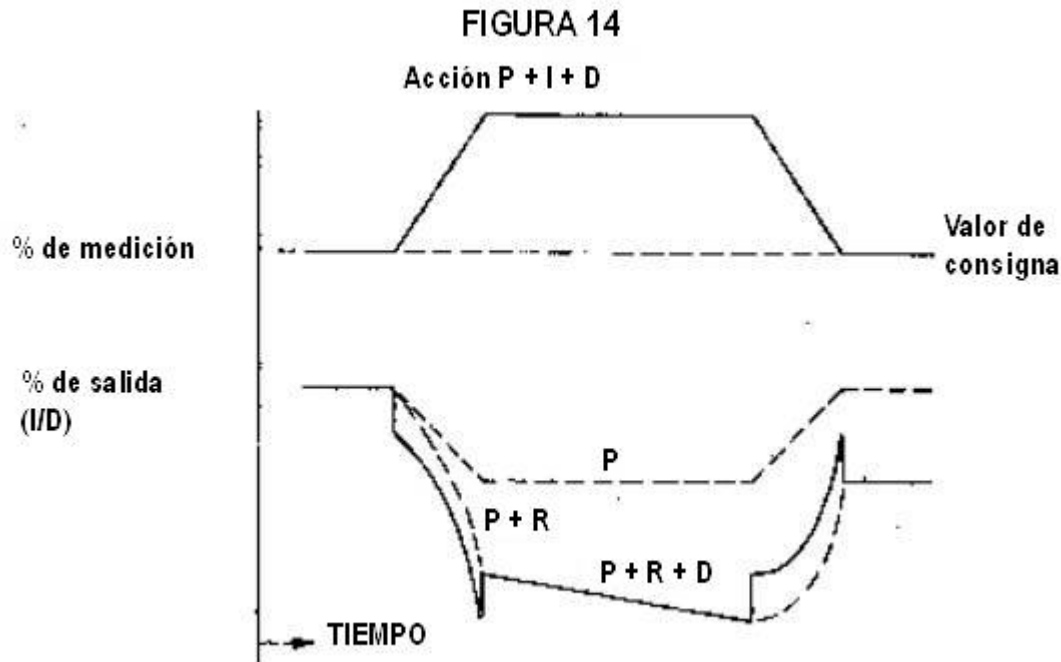
La primera es una respuesta a un corte en la medición alejada del valor de consigna . Para un escalón , la medición cambia en forma infinitamente rápida , y el modo derivativo del controlador produce un cambio muy grande y repentino en la salida , que muere inmediatamente debido a que la medición ha dejado de cambiar luego del escalón . La segunda respuesta muestra la respuesta del modo derivativo a una



medición que está cambiando a un régimen constante . La salida derivativa es proporcional al régimen de cambio de éste error . Cuanto mayor sea el cambio , mayor será la salida debido a la acción derivativa . La acción derivativa mantiene ésta salida mientras la medición esté cambiando . Tan pronto como la medición deja de cambiar , esté o no en el valor de consigna , la respuesta debido a la acción derivativa cesará . Entre todas las marcas de controladores , la respuesta derivativa es comúnmente medida en minutos como se indica en la figura 13 .



El tiempo derivativo en minutos es el tiempo que la respuesta proporcional del lazo abierto mas la respuesta derivativa está delante de la respuesta resultante del valor proporcional solamente . Así , cuanto mas grande sea el número derivativo mayor será la respuesta derivativa . Los cambios en el error son un resultado de los cambios tanto en el valor de consigna como en la medición o en ambos . Para evitar un gran pico causado por las escalones de cambio en el valor de consigna , la mayoría de los controladores modernos aplican la acción derivativo sólo a cambios en la medición .La acción derivativa en los controladores ayuda a controlar procesos con constantes de tiempo especialmente grandes y tiempo muerto significativo , la acción derivativa es innecesaria en aquellos procesos que responden rápidamente al movimiento de la válvula de control , y no puede ser usado en absoluto en procesos con ruido en la señal de medición , tales como caudal , ya que la acción derivativa en el controlador responderá a los cambios bruscos en la medición que el mismo observa en el ruido . Esto causará variaciones rápidas y grandes en la salida del controlador , lo que hará que la válvula esté constantemente moviéndose hacia arriba o hacia abajo , produciendo un desgaste innecesario en la misma .



La figura 14 muestra un acción combinada de respuesta proporcional , reset y acción derivativa para la medición de temperatura de un intercambiador de calor simulado que se desvía del valor de consigna debido a un cambio de carga . Cuando la medición comienza a desviarse del valor de consigna , la primera respuesta del controlador es una respuesta derivativa proporcional al régimen de variación de la medición que se opone al movimiento de la medición al alejarse del valor de consigna . La respuesta derivativa es combinada con la respuesta proporcional agregada , a medida que el reset en el controlador ve el error incrementarse , el mismo controla la válvula mas fuerte aún . La acción continúa hasta que la medición deja de cambiar , entonces la acción derivativa se detiene . Dado que existe aún un error , la medición continúa cambiando debido al reset , hasta que la medición comienza a retornar hacia el valor de consigna . Tan pronto como la medición comienza a moverse retornando hacia el valor de consigna , aparece una acción derivativa proporcional al régimen de cambio en la variación oponiéndose al retorno de la medición hacia el valor de consigna . La acción integral o reset continúa debido a que aún existe un error , a pesar de que su contribución disminuye con el error . Además , la salida debido al valor proporcional está cambiando . Así , la medición retorna hacia el valor de consigna . Tan pronto como la medición alcanza el valor de consigna y deja de cambiar , la acción derivativa cesa nuevamente y la salida proporcional vuelve al 50%. Con la medición nuevamente en su valor de consigna , no existen mas respuestas a variaciones debidas al reset . Sin embargo , la salida está ahora a un nuevo valor . El nuevo valor es el resultado de la acción de reset durante el tiempo en que la medición se alejó del valor de consigna , y compensa el cambio de carga que fue causado por la alteración original .

### 10.8. Conclusión .

Este artículo ha descrito las respuestas a controladores de tres modos cuando los mismos son usados en el comando de lazos realimentados de mediciones industriales . El lector deberá tener un claro concepto de los siguientes puntos .



1. Para alcanzar el control automático , el lazo de control deberá estar cerrado .
2. Para tener una lazo realimentado de control estable , el ajuste mas importante del controlador es la selección de la acción correcta , sea directa o inversa . La incorrecta selección de ésta acción hará que la salida del controlador sea inestable , y por lo tanto la elección correcta hará que la salida del controlador cambie de tal manera que el movimiento de la válvula se oponga a cualquier cambio en la medición detectada por el controlador .
3. El valor correcto de los ajustes de banda proporcional , reset , y tiempo derivativo dependen de las características del proceso , cabe consignar que en los controladores actuales dichos valores se pueden detectar en forma automática , ya que el controlador dispone de un modo en que produce alteraciones controladas , y dentro de ciertos límites establecidos previamente por el operario , en la salida se miden los resultados del proceso para una cierta cantidad de ciclos de alteración , en base a éste comportamiento puede detectar cuál es el mejor conjunto de ajustes para controlar un proceso mediante el software interno del aparato .
4. La función del modo reset (también llamado acción integral ) es para eliminar el offset . Si mucho valor de offset es usado es resultado será una oscilación de la medición cuando el controlador acciona la válvula de un extremo al otro . Si un valor muy bajo de reset es usado , el resultado será que la medición retorna al valor de consigna mas lentamente que lo posible .
5. El modo derivativo se opone a cualquier cambio en la medición . Una acción derivativa muy pequeña no tiene efecto significativo , una acción con valores muy altos provoca una respuesta excesiva del controlador y un ciclo en la medición



## 11. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ELECTRICOS Y ELECTRO-NEUMATICOS

La energía eléctrica (energía de trabajo o de mando) es generada, procesada y conducida por elementos específicos. Estos elementos para facilitar la claridad y el entendimiento en esquemas de distribución, se muestran como diagramas, de modo que con ellos se puedan instalar y mantener instalaciones de mandos. Pero el solo entendimiento de diagramas en esquemas de distribución no basta para interpretar los mandos y cuando haya fallas, para encontrarlas lo más rápido posible. Para ello se debe conocer su construcción, función y conexiones.

### 11.1. ELEMENTOS DE ENTRAA DE SEÑAL ELÉCTRICOS

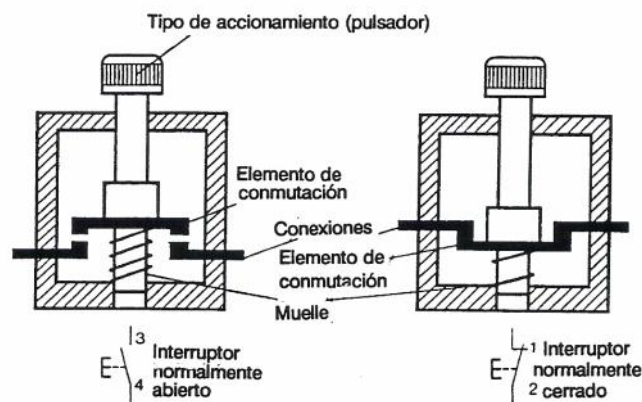
Estos elementos tienen la tarea de transmitir las señales eléctricas de los mas variados puntos de un mando (instalación) con diversos accionamientos y tiempos de función, al sector de procesamiento de señales. Si el mando de tales aparatos se hace a través de contactos eléctricos, se habla de mando de contacto, en vez de mando de sin contacto o electrónico. Se distinguen, por su función, los elementos de apertura, de cierre y alternos.

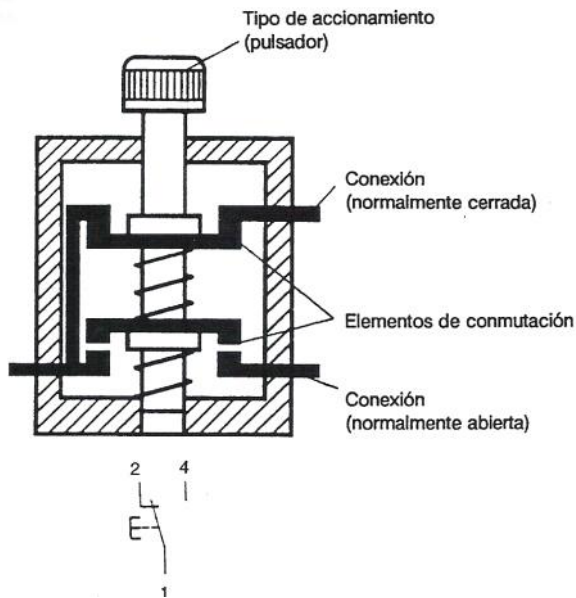
El accionamiento de estos elementos pueden ser manual, mecánico o por control remoto (energía eléctrica o neumática de mando). Otra distinción existe entre un pulsador (de palanca, de botón) toma al ser accionado, una posición de contacto, que dura tanto como el accionamiento sobre él. Al soltarlo regresa a su posición de reposo.

#### 11.1.1. Pulsador de Botón

Para que una maquina o una instalación se pueda poner en movimiento, se emplea un elementode entrada de señal. Un pulsador de botón es un elemento tal, que solo toma la posición de contacto deseada al ser accionado de continuo.

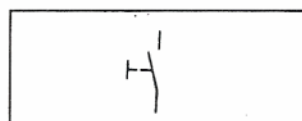
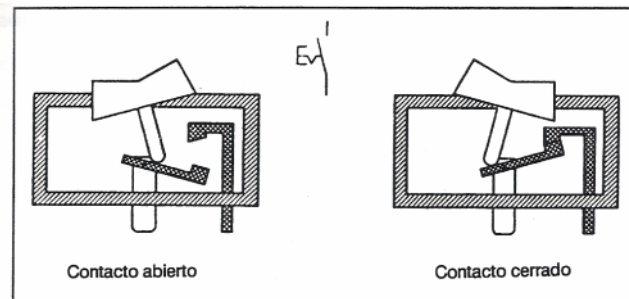
Funcionamiento: Al accionar el pulsador actúa el elemento de contacto móvil contra la fuerza del resorte, empleando una vez los bornes o terminales (cierre) y separándolos al ser soltado. Con ello, el circuito es cerrado o interrumpido, al momento de soltar el pulsador, el resorte se encarga de regresar el elemento a la posición de reposo. Al accionar pulsador se liberan los contactos del elemento de apertura y el circuito se interrumpe. En el elemento de cierre conectan los bornes o terminales y con ello se cierra el circuito eléctrico. La instalación de un pulsador se necesita cuando se deben iniciar carreras de trabajo se deben alcanzar ciertos transcurso de función por entradas de señales, o cuando se requiera un accionamiento continua por motivos de seguridad.



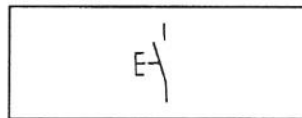


### 11.1.2. Interruptor de Botón

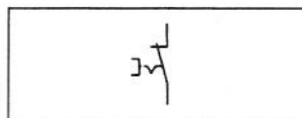
Estos interruptores son enclavados mecánicamente al primer accionamiento. En el segundo accionamiento se libera el enclavamiento y el interruptor regresa a la posición de reposo. El interruptor de botón, así como el pulsador ya descrito, están normalizados por la norma DIN 43 605 y tiene una construcción específica.



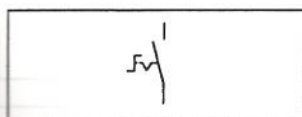
Interruptor normalmente abierto, por lo general de accionamiento manual



Interruptor normalmente abierto, accionado por presión manual



Interruptor de posiciones normalmente cerrado, accionamiento manual tirando



Interruptor de posiciones normalmente abierto, accionamiento manual girando



ENCENDIDO	11.1.3. Accionamiento:   (línea)
APAGADO	○ (Circulo)

O con las palabras encendido, apagado / On, Off / Ein, Aus. Esta marca puede encontrarse cerca o directamente sobre el botón. Para botones ubicados uno bajo el otro, el botón de apagado esta siempre abajo. La distinción por colores de los botones no esta prescrita. Si se toma alguna, el botón de peligro, generalmente es rojo.

#### 11.1.4. Detector de final de carrera

Con estos interruptores son detectadas posiciones finales muy especificas de partes mecánicas u otros elementos mecánicos. El punto de vista que rige la elección de dichos elementos de entrada de señal reside en el esfuerzo mecánico, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de contacto. También se distinguen los finales de carrera por la forma de contacto: Gradual o repentino. En el primero la apertura o el cierre de los contactos se hace a la misma velocidad que el accionamiento (propio para velocidades de arranque pequeñas). En el repentino, la velocidad de arranque no es significativa, pues en un cierto punto se da el contacto del pulsador de go'. El accionamiento de pulsador de limite puede ser por medio de una pieza constitutiva, como un botón o una palanca de rodillo.

### 11.2. Detector de final de carrera sin contacto

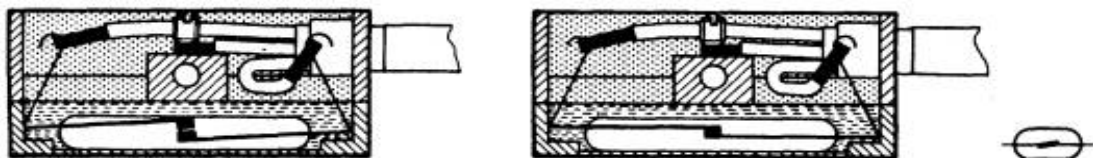
- 1) DETECTOR TIPO REED
- 2) DETECTOR SIN CONTACTO INDUCTIVO
- 3) DETECTOR SIN CONTACTO CAPACITIVO

#### 11.2.1. Detector tipo reed

Un contacto Reed está cableado y empotrado en una caja fundida a presión y en un zócalo de poliamida .Dicho contacto se compone de dos lengüetas, que se encuentran encerradas en un tubito de vidrio lleno de gas protector.

Cuando el émbolo con el imán permanente se acerca a las lengüetas de contacto, éstas son atraídas y se tocan repentinamente. Este contacto proporciona una señal eléctrica. Al retirar el émbolo, las lengüetas se desmagnetizan y vuelven a su posición final.

La velocidad de sobrepaso de ambos interruptores de aproximación depende de los elementos postconectados





Los detectores sin contacto pueden ser accionados magnéticamente. Son especialmente ventajosos cuando se deben hacer un gran número de contactos. También tienen aplicación cuando un interruptor de fin de carrera mecánico no cuenta con espacio suficiente para ser instalado, o cuando se dan ciertas influencias ambientales (polvo, arena, suciedad).

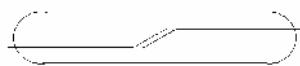
Funcionamiento: Al fluir una corriente suficientemente grande por la bobina, se eleva el campo y la acción del campo y del imán permanente obteniéndose la apertura del contacto. Se obtiene así un interruptor de cierre (contacto de reposo).

Los relevadores con contacto en gas inerte tienen una larga vida y no requieren servicio. Los datos característicos de un detector de proximidad de accionamiento magnético aparecen en la tabla inferior.

Se denominan contactos, sensor, detector, contacto reed o también contacto magnetosensible.

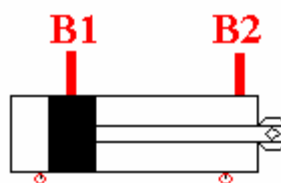
Es una ampolla de vidrio insertada en un bloque de resina sintética. Dentro de la ampolla hay un gas inerte, y dentro el contacto REED.

Todos los sensores se denominan en los circuitos con la letra B.



Sensor REED.

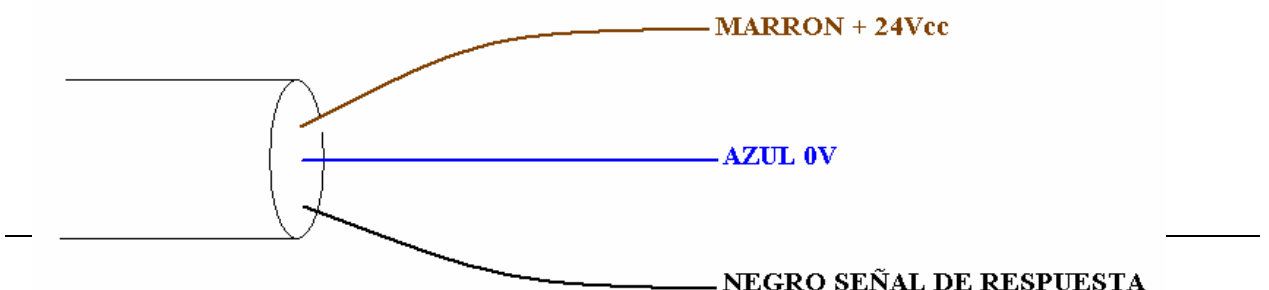
En el esquema lo representaremos de la siguiente manera:



### 11.3. REPRESENTACION ELECTRICA:

- 1.- Los que necesitan alimentación para funcionar.
- 2.- los que no necesitan alimentación eléctrica para funcionar.

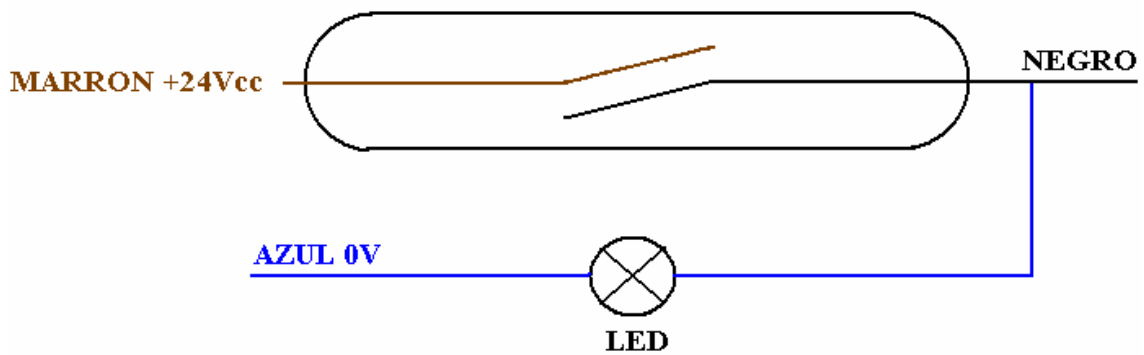
En este caso los sensores REED no necesitan alimentación eléctrica para funcionar.





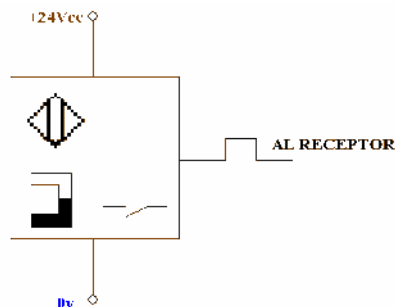


11.3.1. Funcionamiento:



Símbolo:

En el caso que el sensor tenga dos contactos, el contacto NO será de color negro y el



NC será de color Blanco.

Medio  
.....Campo Magnético

Forma Constructiva

Señalizador eléctrico para localizar posiciones,  
Sin contacto, mediante campo magnético.

Potencia Máxima de conexión

Corriente continua: 24 W  
Corriente alterna: 30 VA

Máxima corriente de conexión

1.5 A

Máxima tensión de conexión

220 V

Máxima chispa admisible

500 Vs

Resistencia interna

100 Amperes

Exactitud de contacto a repetir

+ - 0.1 mm

Frecuencia de conexión

max. 500 Hz.

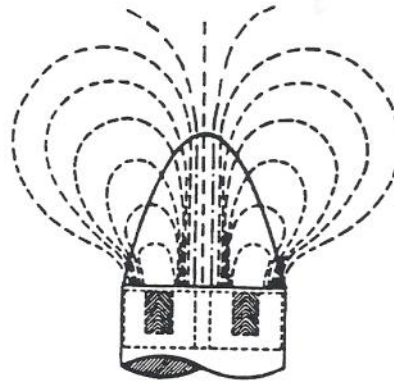


Tiempo de conexión	= 2 ms
Tipo de conexión (DIN 400 50)	JP 66
Rango de temperatura	-20 a +60° C    +10 a 120° C

#### 11.4. Sensores inductivos

En la práctica se deben requerir materiales móviles (piezas, etc.) en máquinas e instalaciones para ser contadas. Casi siempre se opta por no utilizar finales de carrera mecánicos o magnéticos. En el primer caso no alcanza la fuerza de accionamiento de la pieza para accionar al interruptor, mientras en el segundo caso, la conducción del elemento no se hace ya por cilindros, como para poder pulsar magnéticamente.

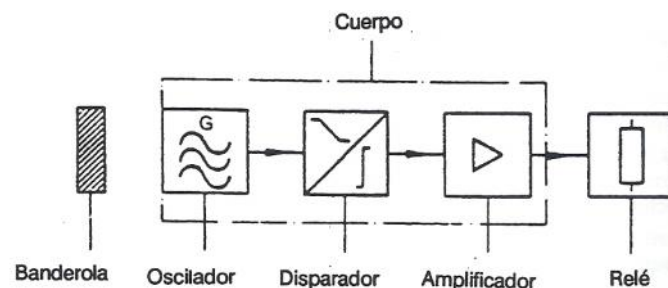
**Construcción:** Los sensores inductivos constan de un oscilador, un paso de aumento y un amplificador.



Campo magnético de un transmisor inductivo

**Función:** El oscilador genera con ayuda de su bobina oscilante, un campo alterno de alta frecuencia en forma de casquete que se desborda de la cara frontal del sensor.

Formas de trabajo: Según sea las necesidades, se pueden emplear sensores inductivos para sistemas con corriente alterna o corriente continua.



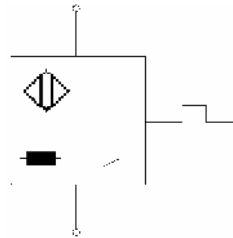
**Empleo:** con corriente alterna: estos interruptores por proximidad trabajan en rangos de 20 V a 250 V. La frecuencia de conexión alcanza cerca de 50 impulsos por segundo.



Captan o detecta solo metales y tendrá una distancia de captación que dependerá del diámetro del sensor.

La distancia de captación no es grande.

El símbolo es el siguiente:



### 11.5. Sensores Capacitivos

Los interruptores capacitivos actúan, a diferencia de los inductivos, sobre todos los materiales (aun no metálicos), cuyas propiedades dieléctricas provocan una variación de la cara activa.

Se crea un campo eléctrico. Capta todo tipo de materiales, vidrio, cartón, etc....

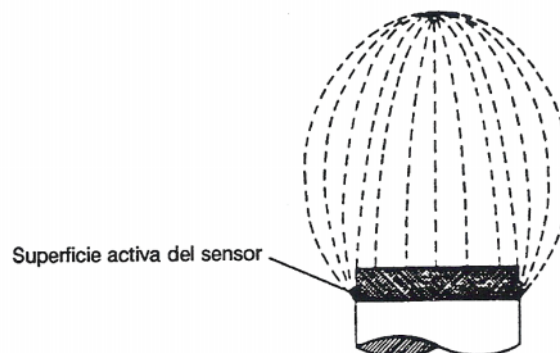
Tiene un pequeño tornillo para regular la sensibilidad de dicho sensor.

El símbolo es el siguiente:

Los detectores de proximidad inductivos son capaces de sustituir fácilmente a los interruptores mecánicos de final de carrera, aunque sus aplicaciones y su montaje exigen ciertos conocimientos técnicos. Por otro lado, la teoría y las aplicaciones prácticas de los detectores de proximidad capacitivos son mucho más complicadas, debiéndose tener en cuenta muchas diferencias más.

Para que funcionen debidamente, es absolutamente indispensable que se tengan conocimientos precisos sobre su funcionamiento y sobre las prescripciones para su montaje.

Los fallos de conmutación pueden producirse especialmente por humedad en la superficie activa.





Al igual que los iniciadores inductivos, los detectores de proximidad capacitivos también funcionan con un oscilador. No obstante, tratándose de sensores capacitivos normales, el oscilador no está activo constantemente.

Si se acerca un objeto metálico o no metálico a la superficie activa del sensor, aumenta la capacidad eléctrica entre la conexión con tierra y dicha superficie activa. Cuando se rebasa determinado valor, entonces empieza a excitarse el oscilador, el cual suele tener una sensibilidad regulable. Las oscilaciones son evaluadas por un amplificador. Los pasos consecuentes son iguales a los de los sensores inductivos. En consecuencia, las salidas funcionan con interruptores normalmente abiertos, normalmente cerrados o con una combinación de los dos, según la versión.

Para que responda el iniciador, basta con acercarse el medio que deberá ser detectado a la superficie activa del sensor. No es necesario que se produzca un contacto directo. El medio en cuestión deberá alcanzarse tanto más, cuanto menor sea su constante dieléctrica. Los medios que dispongan de una constante dieléctrica grande (agua, cemento) pueden ser detectados a través de capas delgadas (por ejemplo, a través de revestimientos aislantes de los sensores). Los metales tienen las mismas características que los medios constantes dieléctricas elevadas.

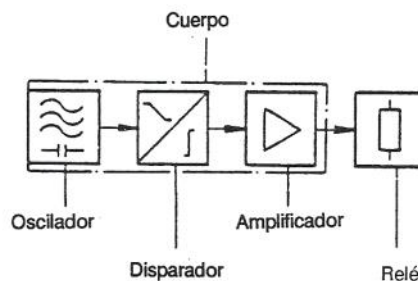
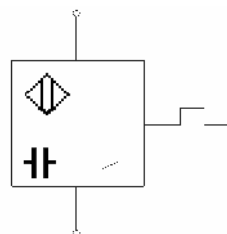


Diagrama de bloques de un sensor capacitivo



Los detectores de proximidad inductivos sólo responden cuando se les aproximan objetos metálicos o de muy buena conducción eléctrica. Los sensores capacitivos también reaccionan si se les acercan materiales aislantes con una constante dieléctrica superior a 1. En consecuencia, son ideales para ser usados como detectores de niveles de depósitos que contienen granulados, harina, azúcar, cemento, yeso o líquidos, tales como aceite, gasolina o agua. Además pueden ser utilizados también para el conteo de objetos metálicos y no metálicos, para la detección de orillos de cintas de plástico, de papel o de correas impulsoras.



Deberá ponerse cuidado en que, por razones climáticas, no se forme una película de humedad sobre el iniciador, ya que ésta provocaría su reacción. Los sensores inductivos son mucho menos sensibles a la humedad.

Si es inevitable recurrir a sensores capacitivos a pesar de que existe el problema de la humedad, es necesario evitar dicho depósito de humedad sobre la superficie activa del sensor mediante calefacción, irradiación de calor o ventilación con aire caliente.

Datos Técnicos:

Distancia max. deubicacion – S-	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Tensión	24V=+- 15%	80-250 V		
Ondulacion	Max. 5% U. Vera.	-----	-----	-----
Intensidad de carga	Max. 200mA	Max. 200mA	Max. 200mA	Max. 200mA
Tensión residual	<1.5 V	<7.5 V	<2.7 V	<7.5 V
Frecuencia de contacto	Max. 100 Hz.	Max. 10 Hz.	Max. 10 Hz.	Max. 10 Hz.
Rango de tem. de instalación	0 – 60° C	0 – 60° C	0 – 60° C	0 – 60° C
Tipo de proteccion	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67

### 11.6. SENSORES OPTICOS:

Los sensores se utilizan en distancias cortas y para distancias mas largas se utilizan las fotocélulas.

Los sensores sin contactos suelen emitir entre 30 hasta 100 veces más impulsos por unidad de tiempo que los detectores mecánicos. La cantidad de 5000 conmutaciones por segundo no son ya ninguna excepción (lo que corresponde a ca si 20 millones de conmutaciones por hora).

Las piezas mecánicas móviles se desgastan. Incluso los contactos de plata o de oro se desgastan. Si los procesos son rápidos, los interruptores de final de carrera mecánicos tienen una vida útil corta, debiéndoselos sustituir con frecuencia, lo que implica interrupciones de la producción con sus consecuentes costos. La vida útil de los iniciadores sin contactos es determinada únicamente de la vida útil de sus elementos constructivos, la que suele ser extremadamente larga.

El iniciador opto-electrónico reacciona sin contacto directo frente a todo tipo de materiales, como por ejemplo vidrio, madera, plásticos, láminas, cerámica, papel,



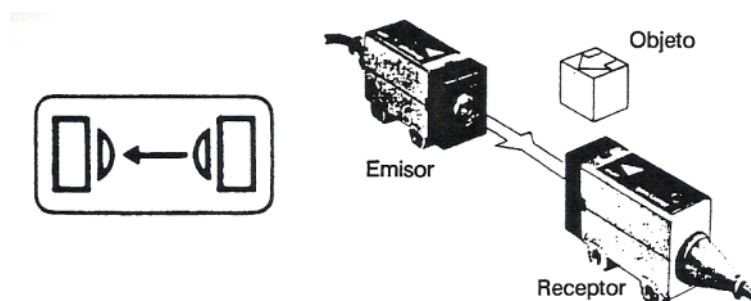
líquidos y metales. El detector de proximidad óptico emite una luz cuya reflexión varía en función del material. De este modo es factible seleccionar materiales que producen reflexiones diferentes. Este tipo de detectores funciona sin problemas a través de cristales o líquidos y, al igual que todos los detectores de proximidad, es insensible a las vibraciones, estanco al agua y no se desgasta. Otras posibles aplicaciones son la detección de piezas de dimensiones muy pequeñas, medición de niveles de llenado, detección en zonas expuestas al peligro de explosión, etc..

Los módulos semiconductores son "opto-electrónicos" si emiten señales luminosas (mediante diodos luminosos, por ejemplo), si reciben señales luminosas (por ejemplo fotodiodos o fototransistores) o si transforman señales luminosas en señales eléctricas (por ejemplo fotocélulas o fotoelementos).

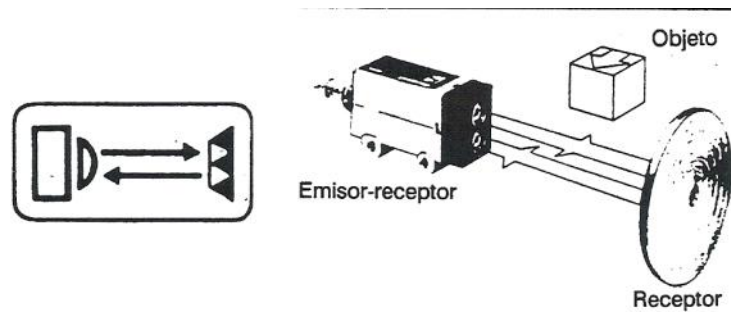
En un sensor óptico tenemos un emisor y un receptor.

Pueden distinguirse los siguientes tipos de detectores de proximidad ópticos:

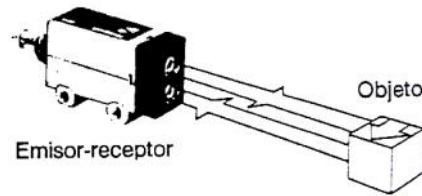
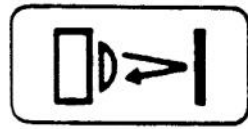
a) Barreras de luz con emisor y receptor separados (BL emisor/receptor).



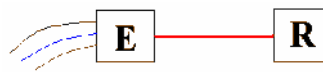
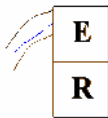
b) Barreras de reflexión, compuestas de emisor y receptor incorporados en una sola caja, y de un reflector.



c) Detectores de luz de reflexión; al igual que las anteriores, están compuestas de emisor y receptor incorporados en una sola caja, aunque funcionan con distancias más cortas que las barreras con reflector, ya que utilizan como "reflector" al objeto que detectan.



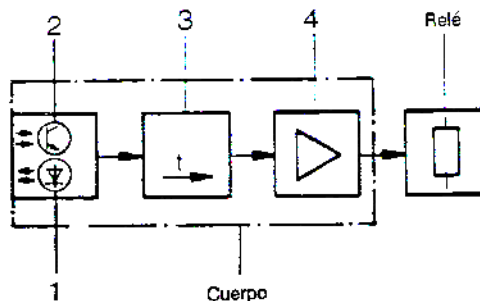
Los hay con el emisor y el receptor en el mismo Cuerpo.



También llevan ajuste de sensibilidad.

El sensor está constituido por un diodo luminoso (1), un fototransistor, un ejemplo de sincronización (3) y por un amplificador (4). El diodo luminoso emite destellos de luz infrarroja. Si se produce una reflexión, la luz es captada por el fototransistor incorporado. El elemento de sincronización procesa la señal recibida y actúa sobre la salida a través de un amplificador.

El amplificador del receptor es selectivo (para luz infrarroja), de modo que las ondas de luz diferentes no tienen influencia alguna. Conectando un cable conductor de luz apropiado al detector de proximidad opto-electrónico es factible" por ejemplo. controlar \_ paso de materiales en lugares inaccesibles o en zonas de temperaturas altas (máx. + 200°C). Se sobreentiende que también hay mas versiones. por ej. ejemplo con fotodiodos en vez de fototransistores.





## 11.7. SENSORES ULTRASONICOS.

Se suelen utilizar como sensores de todo o nada.

Detecta todos los objetos con precisión milimétrica, sean líquidos, sólidos, granulares, de color, transparentes u opacos, de día o de noche. Con este principio se provee una gran precisión en distancias de hasta 10 metros, considerando un medio lleno de polvo o condiciones de suciedad extrema.

Cómo trabaja el sensor ultrasónico: Emite un pulso ultrasónico y usa el primer eco reflejado por el objeto en cuestión para calcular la distancia. De esa forma los ultrasónicos permiten establecer un control continuo de posición o nivel de llenado.

No se afecta por condiciones de operación, pues aún en las más severas condiciones de operación, los ultrasónicos son totalmente confiables sin necesidad de mantenimiento. Y para temperaturas de  $-25$  hasta  $70^{\circ}\text{C}$ . Un sonar no puede verse afectado fácilmente, ya sea porque este sucio, por vibración, luz externa, sonido externo o por cambio de colores. Y es que existen sensores para cada trabajo, para la industria de aguas residuales, construcción de máquinas, industria automotriz, la serie de sensores ultrasónicos de proveen el sensor correcto para cada aplicación de automatización en la industria.

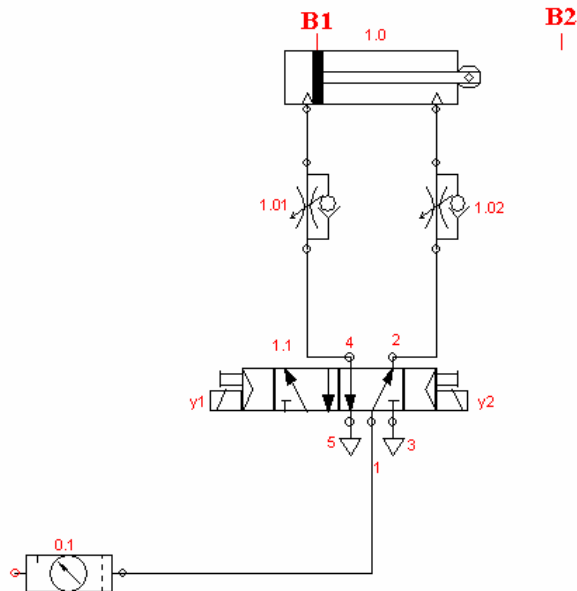
La tecnología de estos sensores ultrasónicos varía: los sensores en dos diferentes versiones: con salida digital o analógica. El primero se utiliza comúnmente para valores críticos de nivel de tanques o detección de personas en una puerta, por ejemplo. La variante con salida analógica permite medición continua de distancia. Toda la serie de sensores sonares puede integrarse a la red AS-interface. Además podemos utilizar el software SONPROG para programarlos desde una PC.





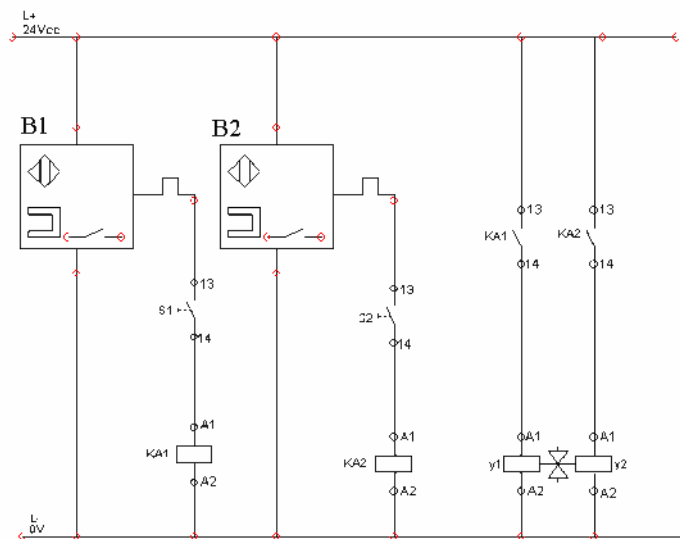
### 11.8. CONEXIONADO DE LOS SENSORES:

Resolución de un circuito con sensores:  
Circuito Neumático



Avance: Si 1.0 esta a menos y pulsador de avance.  
Retroceso: Presencia de arandela y pulsador.

Circuito eléctrico:





### 11.9. DESEMPEÑOS DE LA TENSIÓN CONTINUA:

Estos interruptores de acercamiento están diseñados para intensidades de cerca de 10 V. Hasta 30 V. La frecuencia de interrupciones alcanza cerca de 200 impulsos/seg.

Datos técnicos:

Distancia nominal a temperatura ambiente	4mm +- 10 %	4mm +- 10 %
Variación de la distancia sobre la temperatura	+ - 20 %	+ - 20 %
Rango de tensión	90 a 250Va Ca	90 a 250 V a CA
Frecuencia de la red	50/60 Hz.	50/60 Hz.
Rango de temperaturas	-25 a +70°C	-25 a +70°C
Histéresis sobre temperatura	<-15 % de Sn.	<-15 % de Sn.
Corriente residual utilizada a 220 V	<- 3.0 mA	<- 3.0 mA ef
Corriente residual utilizada a 110 V	<- 1.5 % de Sn.	<- 1.5 % mA ef
Tensión residual	<- 8.5 V con carga máxima	<- 8.5 con carga máxima
Carga de arranque a 220 V AC	200 VA	200 VA
Carga constante a 220 V AC 100% ED	40 VA	40 VA
Carga de arranque a 110 V CA	100 VA	100 VA
Carga constante a 110 V CA	20 VA	20 VA
Intensidad mínima de carga 5 mA (puesta de función del aparato)		
Posición de contacto	cerrado	Cerrado
Tipo de protección	IP 67	IP 67

#### 11.9.1. CONEXIÓN DE REPOSOS PARA TENSIÓN CONTINUA 5-24 V

Si en el empleo normal la carga debe ser conectada al polo negativo o al positivo, se instala un interruptor de acercamiento con reposo NPN o PNP, respectivamente. Al cambiar la polaridad de las conexiones se destruye al elemento eléctricamente (transistor). Con interruptores de protección se puede lograr una seguridad respecto a la polaridad durante la conexión.



### 11.9.2. DETECTOR DE PROXIMIDAD DE PRECISION

Estos son indicadores cuya cara interruptora activa esta protegida lateralmente. Esto ocurre ya sea mediante una envolvente metálica sobre la longitud total o envolventes de plásticos para protección interna.

### 11.9.3. DETECTOR DE PROXIMIDAD SIN PRECISION DE INSTALACIÓN

Un detector de proximidad no requiere de precisión al instalarse cuando para contener su numero de identificación establecido se debe dejar una zona libre de materiales que puedan afectar a esta especificación.

## 12. ELEMENTOS ELECTRICOS PARA PROCESAMIENTO DE SEÑALES

### **12.1. Amplificador de presión (de una etapa)**

Muchos de los elementos que hemos enseñado, tales como detectores de paso, detectores de proximidad, etc., trabajan con bajas presiones. Por lo tanto, las señales deben ser amplificadas.

El amplificador de presión es una válvula distribuidora 3/2, dotada de una membrana de gran superficie en el émbolo de mando.

Para mandos neumáticos que trabajan con baja presión y que tienen una presión de mando de 10 a 50 kPa (0,1 a 0,5 bar), se emplean amplificadores simples.

En la posición de reposo, el paso de P hacia A está cerrado. El conducto de A está en escape hacia R. A P puede aplicarse la presión normal (de hasta 800 kPa/8 bar). Al dar una señal X, la membrana recibe directamente presión. El émbolo de mando invierte su movimiento, y abre el paso de P hacia A. Esta señal obtenida en A se emplea para accionar elementos que trabajan con presiones altas. Al desaparecer la señal X, el émbolo de mando cierra el paso de P hacia A; el conducto A se puede poner en escape a través de R. Este amplificador no necesita alimentación adicional.

### **12.2. Relevadores:**

Anteriormente se empleaban los relevadores o reles principalmente en la técnica a control remoto como amplificadores. En la practica los relevadores deben llenar ciertos requisitos:

- \*No requerir de servició
- \*Numero de contactos elevado
- \*Contacto tan pequeño como intensidades y tensiones relativamente altas.
- \*Alta velocidad de funcionamiento, para obtener tiempos de contactos corto

#### 12.2.1.a.1. ¿Que es un relevador?

Los relevadores son elementos constructivos que hacen contactos y controles con cierto gasto de energía. Los relevadores son empleados para procesar señales. Se pueden utilizar como interruptores electromagnéticos para rendimiento específico del contacto.

#### 12.2.1.a.2. Funcionamiento:

Al inducir una tensión en la bobina fluye corriente eléctrica por el devanado, se genera un campo magnético, por el que la armadura es atraída hacia el núcleo de la bobina.



La armadura es atraída hacia el núcleo de la bobina. La armadura misma esta unida mecánicamente a contactos que son abiertos o cerrados. Esta condición de contacto dura tanto como la tensión dura. Al quitar la tensión la armadura es llevada a su posición original con ayuda de un resorte.

#### 12.2.1.a.3. VENTAJAS

- \*Ajuste sencillo para diferentes tensiones de servicio
- \*Independencia extensa térmica en su contorno
- \*Resistencia relativamente alta entre los contactos de trabajo conectados
- \*Pueden ser conectados varios circuitos eléctricos independientes.

Puesto que todas estas características positivas de los relevadores son deseadas y completamente cumplidas por ellos, el relevador seguirá ocupando su lugar en la electrotécnica como elemento interruptor. Sin embargo, el relevador manifiesta como todo aparato algunas desventajas.

#### 12.2.1.a.4. DESVENTAJAS

- \*Roce de los contactos por arco de luz o por oxidación.
- \*Gran volumen contra transistores.
- \*Ruidos al hacer contacto.
- \*Velocidad de contacto limitada de 3 ms – 17 ms.
- \*Influjos de suciedad (polvo) en los contactos.

### 13. ELECTROIMÁN DE CORRIENTE CONTINUA:

#### 13.1. CONSTRUCCIÓN:

El núcleo de un electroimán de corriente continua es siempre de hierro dulce en una sola masa. De este modo se logra una constitución sencilla y robusta. Las eventuales pérdidas de calor dependen solo de la resistencia ohmica de la bobina y de la intensidad. El núcleo masivo de hierro da una conducción optima para el campo magnético. Con ello, ningún entrehierro que haya quedado tiene influencia sobre el calentamiento.

#### 13.2. CONEXIÓN DE ELECTROIMANES DE C. D.:

La intensidad se eleva lentamente después de conectado el electroimán de C. D. A la constitución del campo magnético sigue por la inductividad de la bobina, la generación de una tensión contraria, que actúa en contra de la existente. Por ello se explica la atracción frenada (lenta) de los electroimanes de corriente directa (continua).

#### 13.3. DESCONEXION DE IMANES DE C. D.:

Puesto que al conectar un aparato de inducción crece el campo magnético, se puede generar una tensión inductiva que sea múltiplo de la tensión de la bobina. Esta tensión tan alta puede así mismo exponer al aislante del devanado, por arco de luz, conduciendo a cargas de contacto muy fuertes. Como contraparte se pueden añadir un "borrador de chispas". Paralelamente a la inductividad  $L$  se añade, por ejemplo, una resistencia  $R$ , con la que se puede neutralizar la energía acumulada en el imán, al momento de desconectar. De cualquier manera, todas las medidas de borrado de chispa tienen como consecuencia una prolongación de tiempo de desconexión, paralelamente al interruptor  $S$  se conecta una resistencia ohmica. La resistencia a



colocar debe ser de un buen tamaño, pues si se elige una muy pequeña dará fuerza extra al interruptor. En paralelo con la bobina **L** se encuentran la resistencia **R** y el condensador **C**, conexión que tiene la ventaja fundamental de que los relevadores con diversos contactos no necesitan medios para eliminar las chispas en cada uno de estos contactos.

#### **13.3.1.a.1. VENTAJAS:**

- \*Trabajo y conexión suaves.
- \*Fácil de conectar.
- \*Poca potencia de conexión.
- \*Potencia sostenida baja.
- \*Máxima vida útil aproximada.  $100 \times 10^6$
- \*Silencioso

#### **13.3.1.a.2. DESVENTAJAS:**

- \*Sobrecargas al desconectar.
- \*Eliminación de chispas obligada.
- \*Alta carga de contacto
- \*Unificador de dirección necesario, cuando solo se dispone de tensión alterna.
- \*Tiempos de contactos muy largos.

### **13.4. ELECTROIMANES DE CORRIENTE ALTERNA:**

#### **13.4.1. CONSTRUCCIÓN:**

La armadura y el yugo del imán de corriente alterna son de hojas laminadas. Junto con los residuos en el devanado de cobre existe también residuos de hierro. Son marcados como residuos y pérdidas en corrientes de Foucault e histéresis. Para mantenerlas lo mas reducidas posible se emplea el núcleo laminado. A pesar de todo, existe en una instalación de imanes de corriente alterna un calentamiento excesivo.

### **13.5. CONEXIÓN DE ELECTROIMANES DE CORRIENTE ALTERNA:**

Después de conectar un imán de C. A. Entra una intensidad **I** al que depende de la resistencia aparente **Z** (Pérdidas) de la resistencia del devanado **R** y de la inductividad **L**. La fuerza de atracción es proporcional a la intensidad **I** incrementada. Gracias a ello se logran tiempos de conexión relativamente cortos.

#### **13.5.1. VENTAJAS:**

- \*Tiempos de conexión cortos.
- \*Alta fuerza de atracción.
- \*Casi nunca se requiere de eliminación de chispas.
- \*No es necesario un convertidor a C.A

#### **13.5.2. DESVENTAJAS DE IMANES DE C.A.**

- \*Gran esfuerzo mecánico.
- \*Fuertes calentamientos cuando existen entrehierros, con alto consumo de tensión.
- \*Numero de contactos limitado y dependiente de la carrera
- \*Ruidos huecos (gruñidos).
- \*Sensible a sobrecarga, carga baja y obstáculos mecánicos.



### 13.6. ELECTROIMÁN DE CORRIENTE CONTINUA EN TENSIÓN ALTERNA:

Puesto que la tensión alterna varía de dirección 120 veces por segundo en una frecuencia de 60 Hz., se genera en el núcleo de hierro dulce una tensión de Foucault, que puede alcanzar valores muy altos.

- La fuerza de atracción del relevador se pierde, por que los valores de la tensión varían entre cero y los mas altos.
- Debido a la inducción se crea una corriente de Foucault (el campo magnético variable releva a la corriente), que crea un alto calentamiento, mismo que puede dañar al devanado.

### 13.7. ELECTROIMÁN DE CORRIENTE ALTERNA EN TENSIÓN CONTINUA:

En electroimanes de corriente alterna se conjunta la resistencia  $R$  de la resistencia ohmica del devanado y de la resistencia inductiva  $L$ . En una instalación de este tipo no existe ninguna resistencia inductiva con tensión continua y debería ser sustituida. La situación de tal resistencia podría lograrse por una parte con una resistencia equivalente  $R$ , o con una disminución de la tensión. En la practica, estas medidas se vuelven muy voluminosas en cuanto a conexiones.

## 14. CONVERTIDOR DE SEÑAL NEUMÁTICO-ELÉCTRICO

La automatización progresiva en los diferentes ramos de la industria exige una combinación de la neumática y la electricidad. Como elemento de unión entre el mando neumático y el elemento de mando eléctrico se necesita el convertidor neumático-eléctrico.

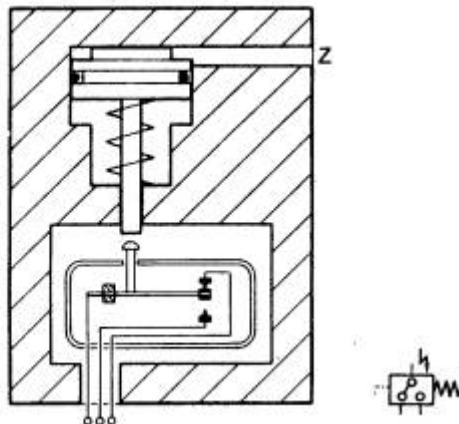
Convertidor de señal

La combinación más simple es un interruptor final de carrera eléctrico, accionado por medio de un cilindro neumático de simple efecto.

Al aplicar aire comprimido al cilindro de simple efecto, éste conmuta el interruptor final de carrera. Los dos elementos están montados en un bloque. Según la conexión, el interruptor final de carrera puede emplearse como contacto normalmente abierto, normalmente cerrado o como conmutador.

La escala de presiones de esta combinación es de 60 a 1000 kPa (0,6 a 10 bar).

Para baja presión existen elementos especiales (con otro bloque), que trabajan con una presión de reacción de 10 kPa ó 0,05 kPa (0,1 ó 0,0005 bar), respectivamente.





## 15. CONTACTOR NEUMÁTICO

El contactor neumático se compone de:

- Cámara de conexiones (parte eléctrica)
- Cilindro de simple efecto (parte neumática)
- Embolo de mando

Las señales provenientes de mandos neumáticos pueden usarse para accionar directamente los contactores. Estos contactores convertidores de señal se pueden incorporar directamente en el mando neumático.

Estos contactores se utilizan para accionar elementos eléctricos (electroválvulas, acoplamiento electromagnético), vigilar neumáticamente piezas en la fabricación, desconectar Motores de accionamiento (detector de paso, detector de aproximación).

Mando o inversión de motores eléctricos:

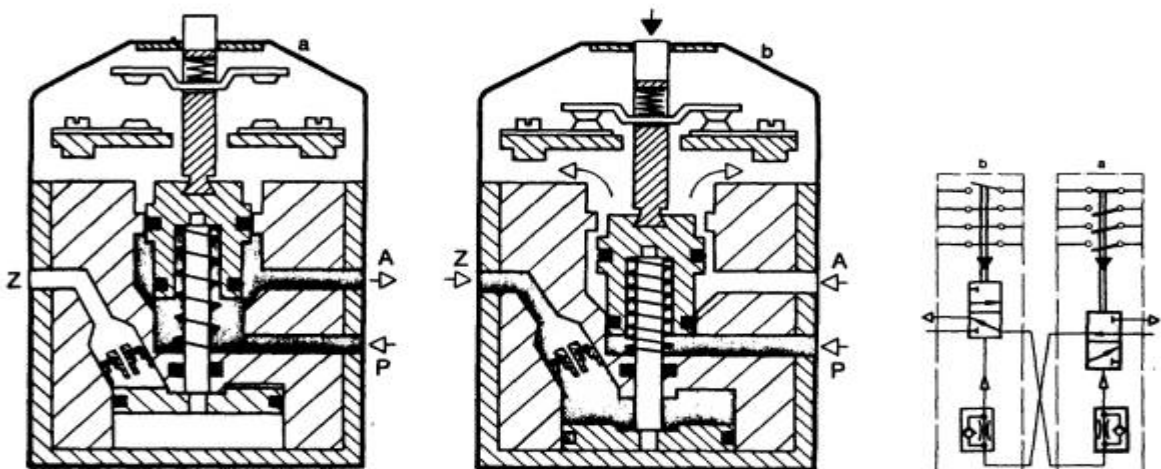
Para invertir motores eléctricos o en casos de aplicación similares se utilizan pares de contactores reversibles. Al aplicar esta combinación es necesario asegurarse de que los contactos de ambos no estén nunca cerrados simultáneamente. Cuando un contactor está accionado, evita mediante un bloqueo neumático el accionamiento del otro contactor.

Funcionamiento:

Cuando en la entrada Z aparece una presión de mando (150-800 kPa/1,5-8 bar), el aire comprimido actúa sobre el cilindro de simple efecto.

En la cámara de conexiones se cierran los contactos. Para el bloqueo del otro contactor, el émbolo situado en el cilindro de simple efecto cierra el paso de aire de P hacia A.

Al disminuir la presión en Z, el cilindro de simple efecto abre los contactos y se dispone nuevamente de paso de P hacia A.



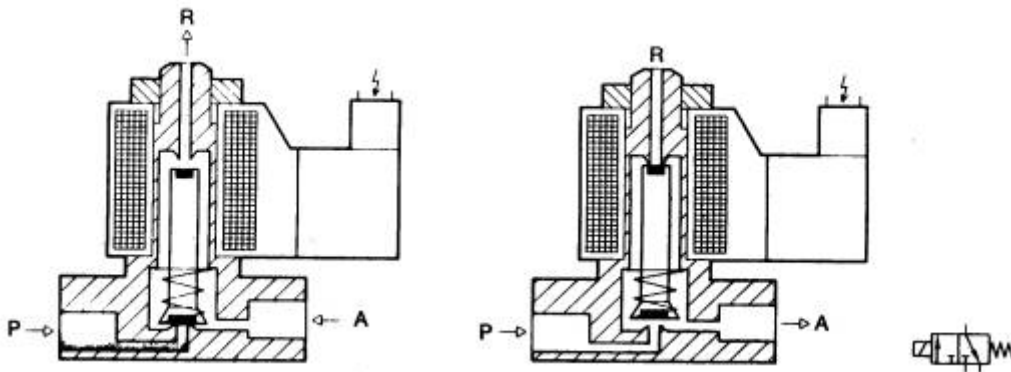


### 15.1. Electroválvulas (válvulas electromagnéticas)

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

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

Figura Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)



Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas, ver figura 100 . Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, una válvula 3/2 tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes.

- 3 = Número de Puertos
- 2 = Número de Posiciones

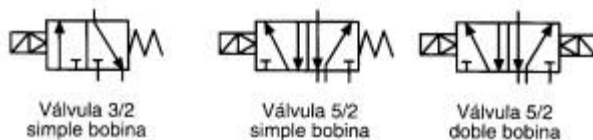


Figura - Símbolos de válvulas eléctricas



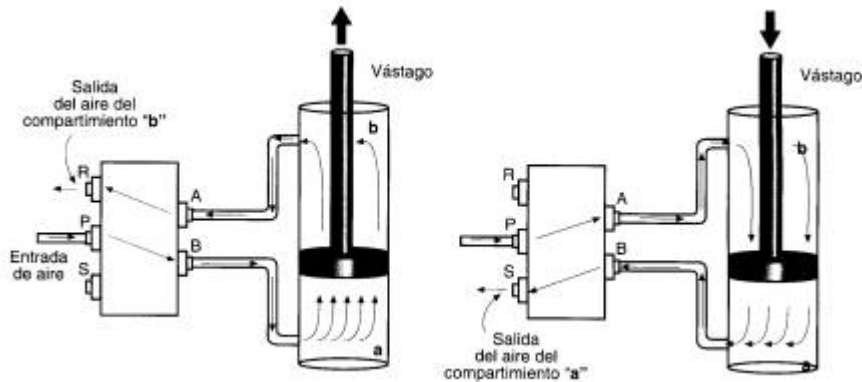


Figura - Rutas del fluido con una válvula de 5/2 . Observe que este tipo de válvulas es apta para cilindros de doble efecto .

En la figura 100a podemos apreciar la simbología utilizada para representar los diferentes tipos de válvulas eléctricas. Veamos el significado de las letras utilizadas en los esquemas, figura :

- P (Presión). Puerto de alimentación de aire
- R, S, etc. Puertos para evacuación del aire
- A, B, C, etc. Puertos de trabajo
- Z, X, Y, etc. Puertos de monitoreo y control

En la figura 100b aparece la ruta que sigue el aire a presión con una válvula 5/2 y un cilindro de doble efecto. La mayoría de las electroválvulas tienen un sistema de accionamiento manual con el cual se pueden activar sin necesidad de utilizar señales eléctricas. Esto se hace solamente en labores de mantenimiento, o simplemente para corroborar el buen funcionamiento de la válvula y del cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.

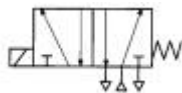


Figura - Válvulas proporcionales. Permiten regular el caudal que pasa a través de ellas .

## 15.2. Electroválvulas de doble solenoide.

Existen válvulas que poseen dos bobinas y cuyo funcionamiento es similar a los flip-flops electrónicos. Con este sistema, para que la válvula vaya de una posición a la otra basta con aplicar un pequeño pulso eléctrico a la bobina que está en la posición opuesta. Allí permanecerá sin importar que dicha bobina siga energizada y hasta que se aplique un pulso en la bobina contraria. La principal función en estos sistemas es la de "memorizar" una señal sin que el controlador esté obligado a tener permanentemente energizada la bobina.

Válvulas proporcionales. Este tipo de válvulas regula la presión y el caudal a través de un conducto por medio de una señal eléctrica, que puede ser de corriente o de voltaje, figura 100c . Su principal aplicación es el control de posición y de fuerza, ya que los



movimientos son proporcionales y de precisión, lo que permite un manejo más exacto del paso de fluidos, en este caso del aire.

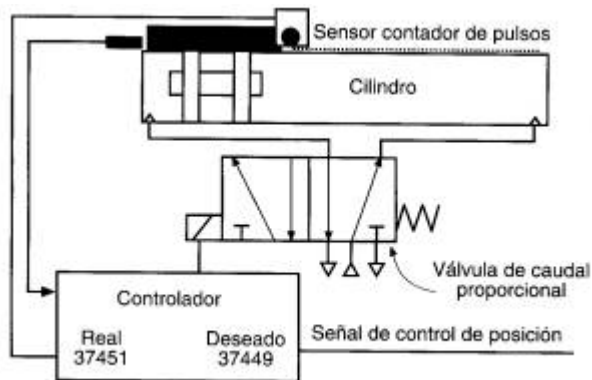


Figura 100d - Control de lazo cerrado con válvulas proporcionales. Por medio de un dispositivo de procesamiento se puede ubicar un actuador en puntos muy precisos .

Por medio de una válvula proporcional podemos realizar un control de posición de lazo cerrado, figura 100d, donde el actuador podría ser un cilindro, el sensor un sistema óptico que envía pulsos de acuerdo a la posición de dicho cilindro, y el controlador un procesador que gobierne el dispositivo en general. El número de impulsos se incrementa a medida que el pistón se desplaza a la derecha y disminuye cuando se mueve a la izquierda.

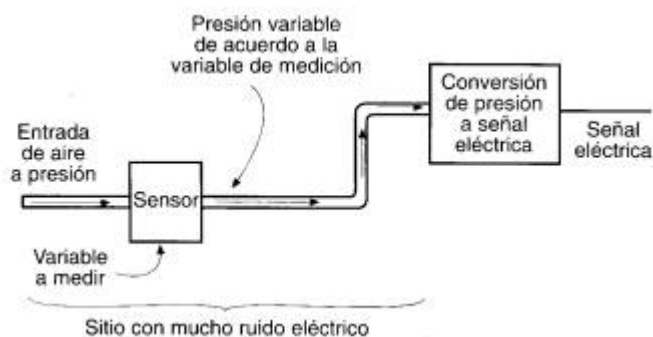


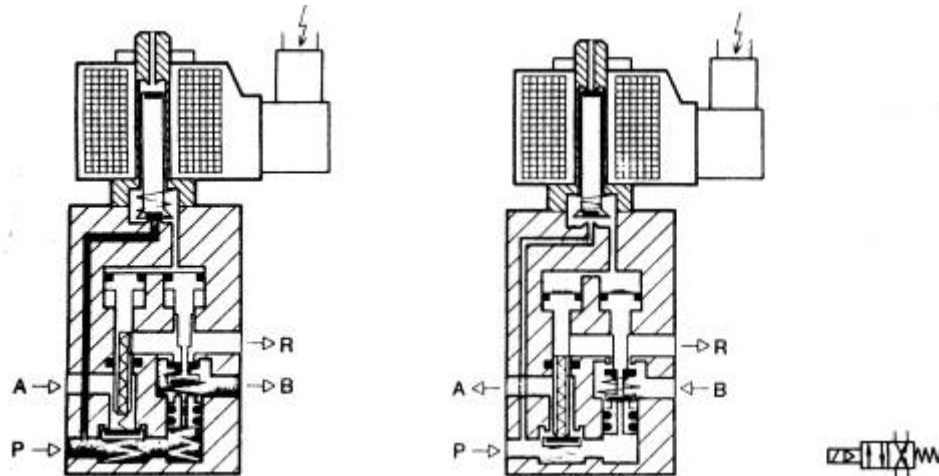
Figura 100e - Transmisión de señales por medios neumáticos. Cuando, en el sitio donde se mide la variable física, el ruido eléctrico o el peligro de explosión no permiten el uso de cableado, podemos transmitir señales por medios neumáticos para que sean convertidas al modo eléctrico en lugares distantes.

La señal enviada por el controlador hacia la válvula proporcional depende de la cantidad de pulsos, que a la vez indican la distancia que falta para alcanzar la posición deseada. Cada vez que la presión del aire, la temperatura o cualquier otro parámetro de perturbación ocasione un cambio de posición, el controlador tendrá la capacidad de hacer pequeños ajustes para lograr la posición exacta del cilindro.

Al conectar el imán, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene solapo; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servopilotaje (312, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático.

Figura: Válvula distribuidora 4/2 (válvula electromagnética y de mando indirecto)



### 15.3. Funcionamiento:

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapo). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

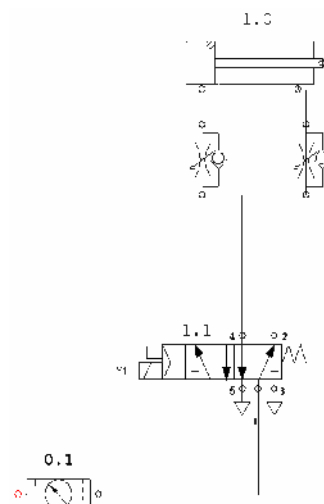
Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles.

## 16. ELECTRONEUMÁTICA

El control de las válvulas va ser eléctricamente.

Las válvulas son servoaccionadas ya que necesitaríamos gran poder de los imanes y con el servo que significa ayuda no necesita una gran tensión, si no que el propio aire es abierto por la bobina y acción del la válvula.

La neumática, digamos propiamente dicha solo se queda para la parte de fuerza y el circuito de mando será eléctrico.



El circuito electroneumático lo podemos controlar con :

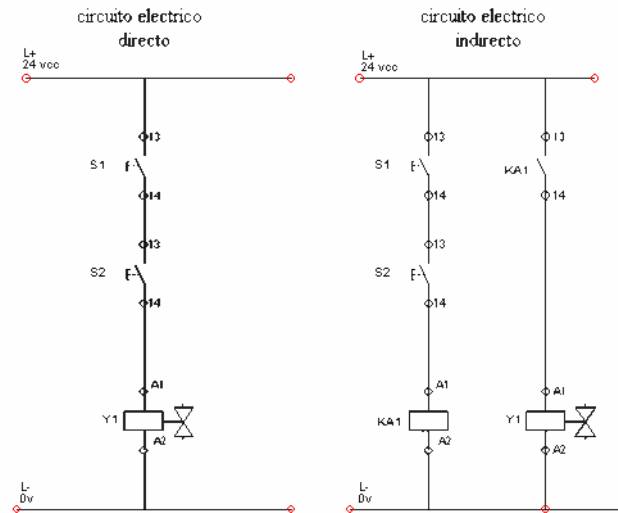
- Técnicas de Relés.
- Microprocesador ( $\mu$ p) o micro controlador ( $\mu$ c).



- PLC. ( Autómatas)
- Etc...

### 17. TECNICAS DE RELES:

Para nombrar a la bobina de la electrovalvula será "y" y para diferenciar con el resto de las bobinas irá seguido de un numero.



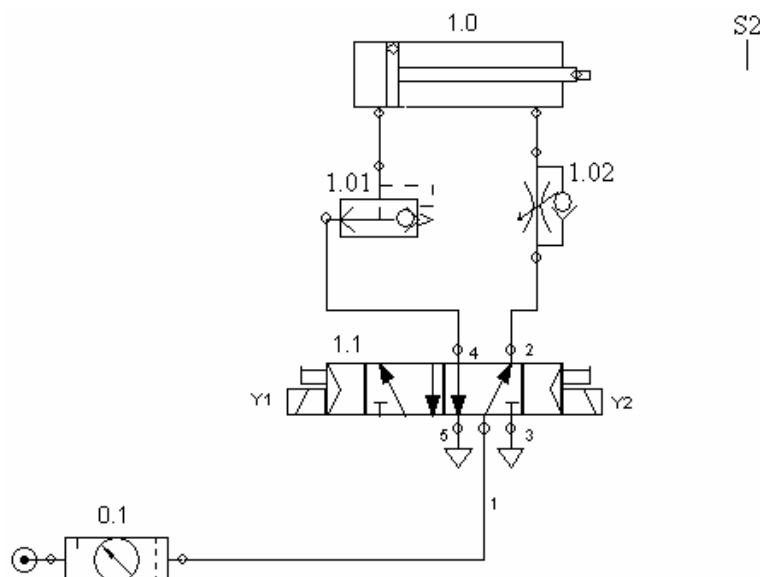
### 18. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE:

Primero haremos el circuito de fuerza (Neumático) y posteriormente el circuito de mando.

Ejemplo:

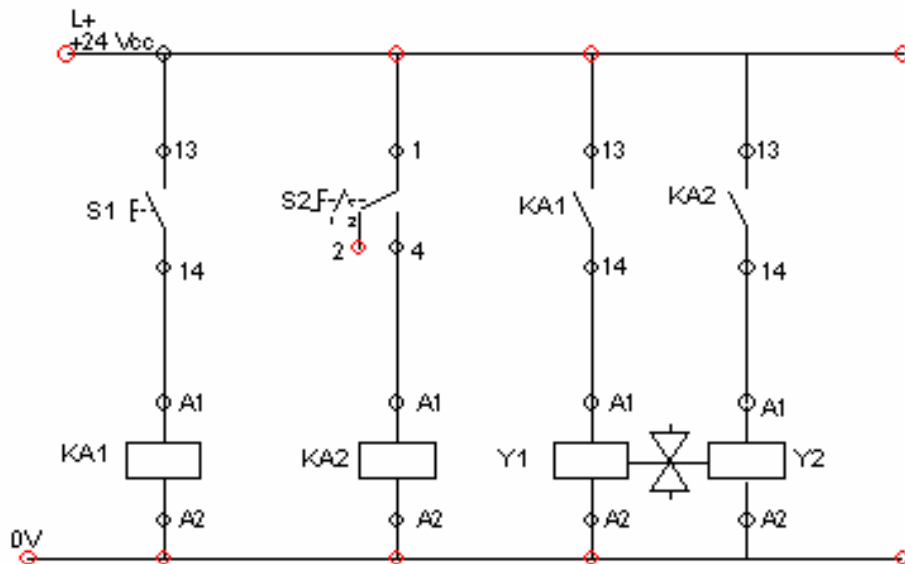
Un elemento de trabajo tiene que hacer el desplazamiento de un material. El avance será lento y el retroceso será rápido cuando alcance la posición extrema. El inicio será con pulsador.

Circuito Neumático:





Circuito eléctrico:



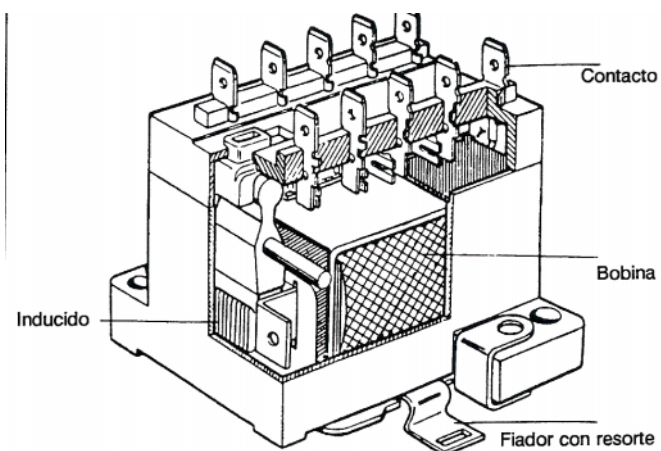
## 19. RELES

Antes, los relés(x) eran utilizados principalmente como amplificadores en la técnica de la telecomunicación. En la actualidad, los relés son utilizados en máquinas y equipos como elementos de control y regulación. Un relé A debe cumplir con determinados requisitos prácticos:

- . Sin necesidad de mantenimiento
- . Elevadas frecuencias de conmutación
- . Conmutación de corrientes y tensiones muy pequeñas y, también, relativamente altas
- . Velocidad de trabajo alta, es decir, tiempos mínimos de conmutación

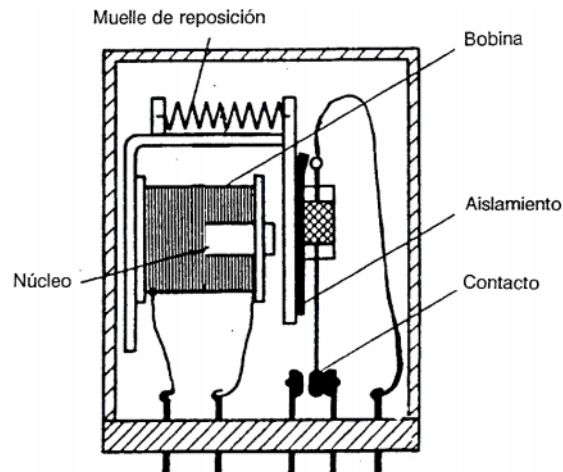
¿Qué es un relé?

Los relés son elementos constructivos que conmutan y controlan con poca energía. Los relés son utilizados principalmente para el procesamiento de señales. Un relé puede ser descrito como un conmutador de rendimiento definido y accionado electromagnéticamente.



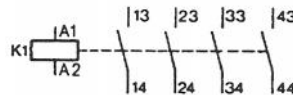


### 19.1. Relés de corriente continúa:



Conectando tensión a la bobina, fluye una corriente que crea un campo magnético que desplaza al inducido hacia el núcleo de la bobina. El inducido, por su parte, está provisto de contactos mecánicos que pueden abrir o cerrar. El estado descrito se mantiene mientras esté aplicada la tensión. Al interrumpirla, el inducido vuelve a su posición normal por acción de un muelle.

Para simplificar la lectura de los esquemas eléctricos, se utilizan símbolos para los relés.



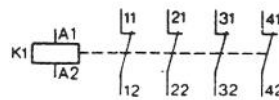
Los relés son denominados K1, K2, K3 ...

Las conexiones eléctricas (en la bobina) se llaman A1 y A2.

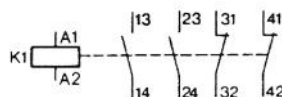
El relé tiene cuatro contactos normalmente abiertos, tal como lo demuestra claramente el símbolo.

Asimismo, también se utilizan los números 13 23 33 43  
14 24 34 44

La primera cifra se refiere a la numeración de los contactos. La segunda cifra (en el ejemplo siempre 3/4) nos indica que se trata de contactos normalmente abiertos.



Este símbolo muestra un relé con cuatro contactos normalmente cerrados. También en este caso se recurre a una numeración correlativa y las cifras 1/2 nos indica que se trata de contactos normalmente cerrados.





Si se necesitan contactos diferentes, se utilizan relés que tienen una combinación de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.

La identificación por cifras es muy útil en la práctica ya que facilita considerablemente la conexión de los relés.

En la era de la electrónica, los relés siguen teniendo gran importancia en el mercado por diversas razones.

- . Fácil adaptación a diversas tensiones de trabajo
- . Insensibilidad térmica frente al medio ambiente. Los relés funcionan fiablemente a temperaturas entre 353 K (80°C) hasta 233 K (-40°C).
- . Resistencia relativamente elevada entre los contactos de trabajo desconectados. . Posibilidad de activar varios circuitos independientes entre sí. . Presencia de una separación galvánica entre el circuito del mando y el circuito principal.

Todas estas propiedades positivas de los relés se cumplen efectivamente en la práctica, por lo que puede afirmarse que seguirán ocupando un lugar importante en la electrotécnica. No obstante, el relé también tiene desventajas.

#### Desventajas

Desgaste de los contactos por arco voltaico u oxidación. . Necesidad de más espacio que los transistores.

Ruidos al conmutar.

Velocidad de conmutación limitada de 3 ms hasta 17 ms. . Interferencias por suciedad (polvo) en los contactos.

Para elegir un relé se recurre a fichas técnicas que incluyen todos los valores de importancia, tales como corriente, tensión, potencia, conmutaciones, etc.

Tiempo de respuesta	aprox. 8-22 ms según excitación
Tiempo de desconexión	aprox. 2-20 ms
Conmutaciones máx	aprox. 15 por segundo
Tensiones de trabajo	3,6,12,24,36,48,60,110,220, 240 V $\sim$ 3,4,6,8,12,16,24,36,48,60,90,135,200 V $\equiv$
Tensión de comprobación	2000 V $\sim$ ef.
Potencia de trabajo	1,0 - 1,5 W $\equiv$ / 2,0 - 2,2 W $\sim$
Carga máx. de la bobina	3 W/ 3,4 VA
Vida útil mecánica	100 millones de conmutaciones
Contactos	2 ó 3 contactos alternantes
Cap. máx. de conmutación	200 V $\sim$ / 6A de carga óhmica

En la práctica se utilizan tanto relés de corriente continua como de corriente alterna, por lo que intentaremos establecer cuáles son las características de cada uno.



## 19.2. Reles de corriente alterna:

- Se componen de un conjunto de chapas para evitar pérdidas de las corrientes parásitas.  
Aparte de las pérdidas que se producen en el bobinado de cobre, también se producen pérdidas en el hierro. Estas pérdidas son calificadas de pérdidas por corrientes parásitas y por histéresis. Con el fin de dichas pérdidas se mantengan en niveles mínimos, se recurre a un núcleo de chapas laminadas superpuestas, pero, a pesar de ello, las bobinas de c.a. se calientan considerablemente.

### Ventajas

Tiempos de conmutación breves

Gran fuerza de tracción

Por lo general no es necesaria una extinción de chispas

No hay necesidad de un rectificador de c.c.

### Desventajas

Considerables esfuerzos mecánicos

. Mayor calentamiento si la holgura se mantiene a pesar de una elevada absorción de corriente

. Menos durabilidad (conmutaciones)

. Cantidad limitada de conmutaciones en función de la carrera

. Zumbido

. Sensible a sobrecargas y a inhibiciones mecánicas

### Bobina de corriente continua conectada a corriente alterna

Dado que la corriente alterna cambia de dirección 100 veces por segundo si la frecuencia es de 50 Hz, se origina una corriente parasitaria en el núcleo de hierro que puede alcanzar valores bastante elevados.

1. La fuerza de tracción del relé se pierde porque la tensión oscila entre los valores máximos y el valor cero.

2. La inducción provoca una corriente parasitaria (la inversión de la polaridad del campo magnético genera corriente), por lo que se produce un fuerte calentamiento. Este calor puede causar daños al devanado.

### Bobina de corriente alterna conectada a corriente continua

En este caso, la resistencia  $R$  es el resultado de la resistencia del devanado más la resistencia inductiva  $L$ . Al conectar a corriente continua no se produciría una resistencia inductiva, por lo que ésta debería ser sustituida. Tal sustitución podría realizarse mediante el acoplamiento de una resistencia previa  $R$  o mediante una disminución de la tensión. No obstante, dichas soluciones serían demasiado complicadas en la realidad práctica; en consecuencia es recomendable escoger el relé con el tipo de corriente adecuada recurriendo a las fichas técnicas respectivas.

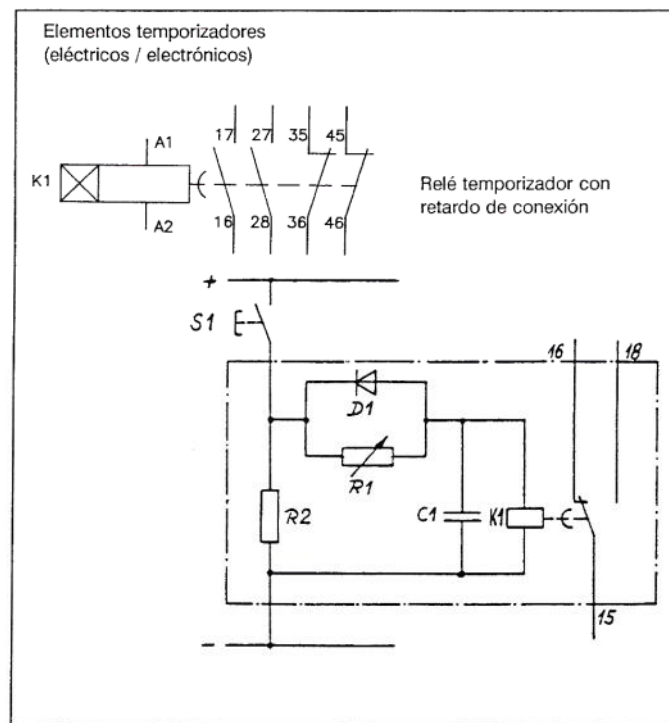




### 19.3. Relés temporizadores

Este tipo de relés tiene la función de desconectar o conectar contactos en un circuito acoplados detrás de los interruptores normalmente cerrados o abiertos. Estos relés efectúan dicha conexión o desconexión después de un tiempo determinado y ajustable

#### 19.3.1. Relé temporizado, con retardo a la conexión



Accionando S1 fluye una corriente por una resistencia regulable R1 hacia el condensador C1. El diodo D1, acoplado en paralelo, no permite el paso de corriente en esa dirección. Por la resistencia de descarga R2 también fluye una corriente, que en esta fase aún no tiene importancia. El relé conmuta cuando el condensador alcanza la tensión de respuesta del relé K1. Al soltar S1 se interrumpe el circuito eléctrico y el condensador se descarga rápidamente a través del diodo D1 y la resistencia R2. En consecuencia, el relé pasa inmediatamente a su posición normal. La resistencia R1 permite regular la corriente de carga del condensador y, en consecuencia, el tiempo que transcurre hasta que se alcanza la tensión de respuesta de K1. Si se ajusta una resistencia elevada fluye una corriente pequeña, con lo que el tiempo de retardo es largo. Si, por lo contrario, es pequeña la resistencia R1, entonces fluye mucha corriente siendo correspondientemente breve el tiempo de retardo.

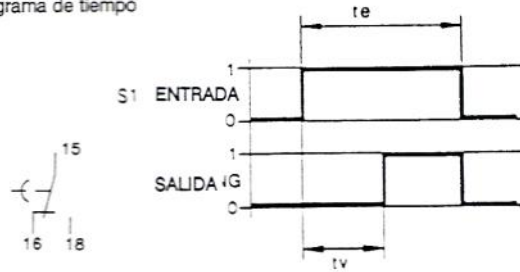
La resistencia de descarga evita un cortocircuito al accionarse S1.

#### Diagrama de funcionamiento

El diagrama de funcionamiento que muestra los estados de las señales indica claramente que después de accionarse el pulsador S1 primero tiene que transcurrir el tiempo  $t$  que se haya ajustado para que sea excitado el relé

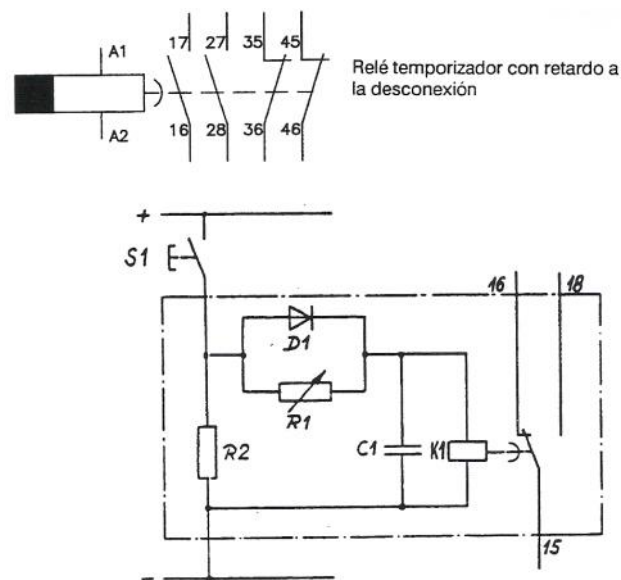


Diagrama de tiempo



Tv= tiempo del retardo ajustado  
Te= tiempo de la señal de entrada

### 19.3.2. Relé temporizador con retardo a la Desconexión



#### Funcionamiento

Accionando S1 fluye la corriente a través del diodo D1 hacia el condensador C1 y el relé K1. El relé conmuta inmediatamente.

La corriente que fluye a través de la resistencia R2 carece de importancia;

Al soltar el pulsador S1 se interrumpe el circuito. Entonces puede descargarse el condensador C1 por la resistencia regulable R1 y la resistencia R2 ya que el diodo D1 bloquea.

La resistencia R1 permite regular la corriente de descarga y, en consecuencia, el tiempo que transcurre hasta que desconecta el relé.

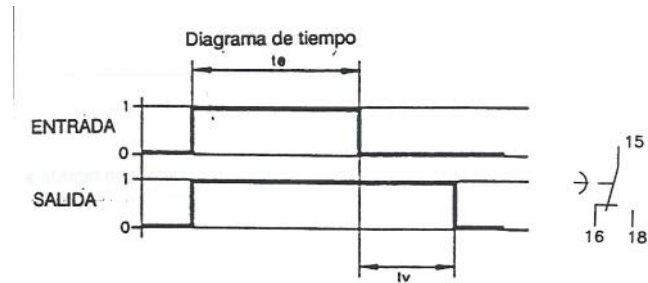
Siendo grande la resistencia fluye una corriente de descarga pequeña, con lo que es largo el tiempo de retardo hasta que desconecta el relé. Si, por lo contrario, es pequeña la resistencia R1 fluye mucha corriente de descarga, con lo que el tiempo de retardo es correspondientemente breve.

La resistencia de descarga R2 evita un cortocircuito al accionarse S 1.



### Diagrama de funcionamiento

El diagrama de funcionamiento muestra claramente que al soltar el pulsador S1 primero tiene que transcurrir el tiempo de retardo  $t$  que se haya ajustado, y solo entonces desconecta el relé K1.



$t_v$  = tiempo de retardo ajustado

$t_e$  = tiempo de la señal de entrada

## DIFERENCIAS DE LAS BOBINAS DE ALTERNA O CONTINUA DE LAS ELECTROVALVULAS

### 20. CONDICIONES PARA TRABAJAR CON ELECTRONEUMATICA

1. Realizar el circuito neumático.
2. Comprobar el circuito neumático con aire comprimido a baja presión (2-3 bares).
3. Ajustar los sensores.
4. Realizar el circuito eléctrico.

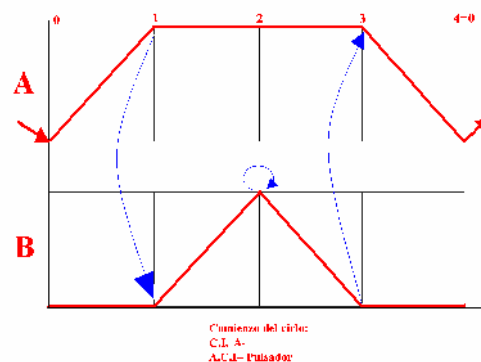
### 21. METODO PARA ELIMINAR SOBREEXPOSICIONES DE SEÑALES.

Este método es caro pero nunca falla.

EJEMPLO:

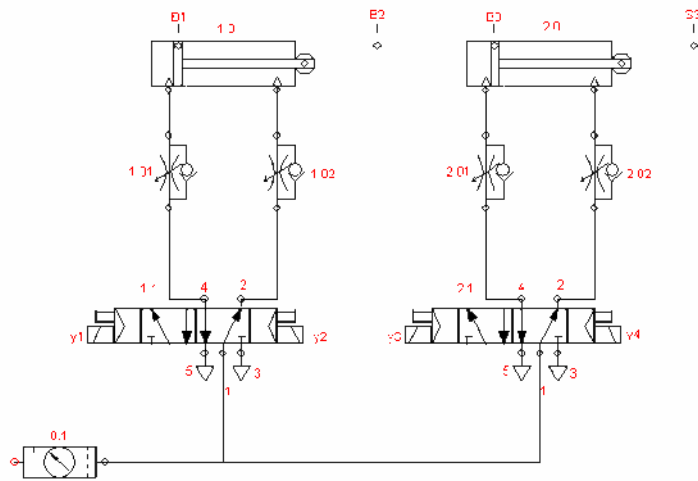
**A+B+B-A-**

- 1º Resolver diagrama de pasos.
- 2º Implementar el diagrama de mando.
- 3º Realizar el esquema neumático.
- 4º Realizar el esquema eléctrico.
- 1º y 2º.- Diagrama de pasos y diagrama de mandos:

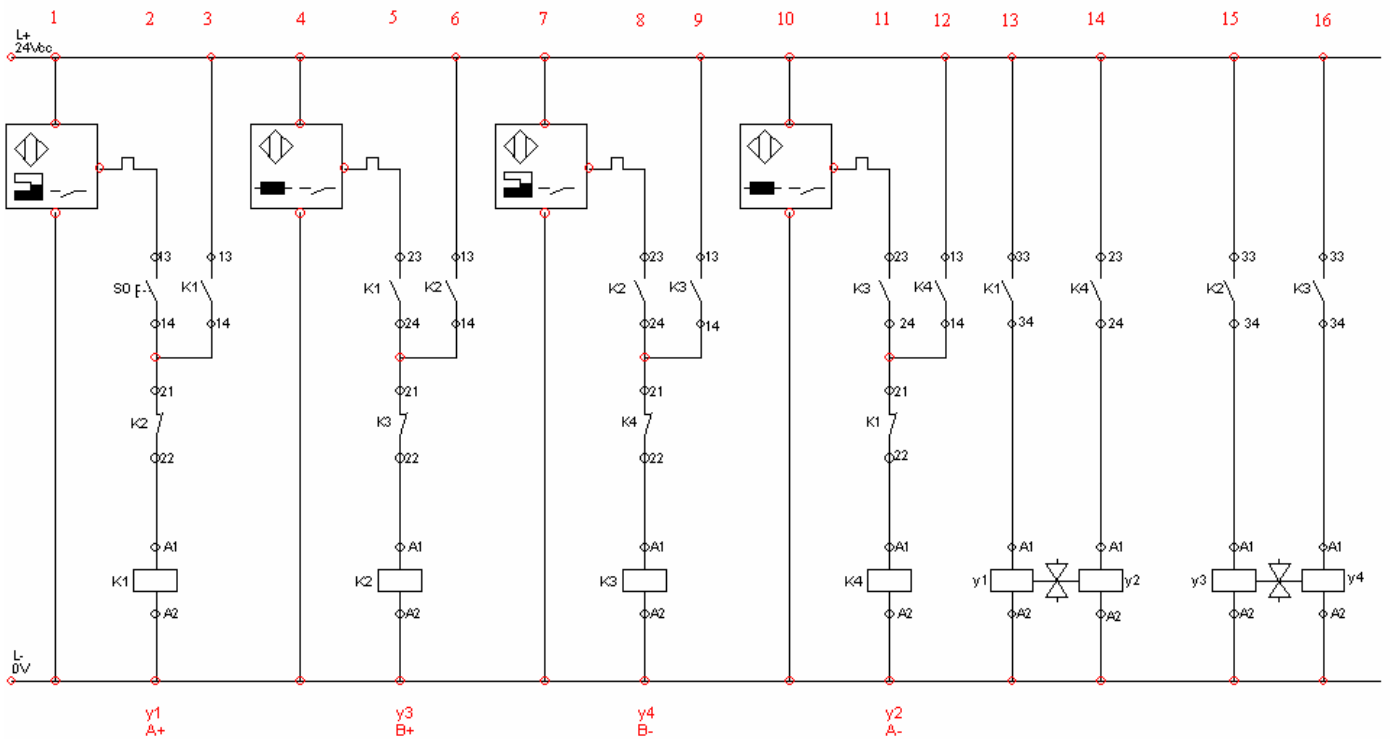




3º. -Circuito neumático:



4º.- Circuito eléctrico:



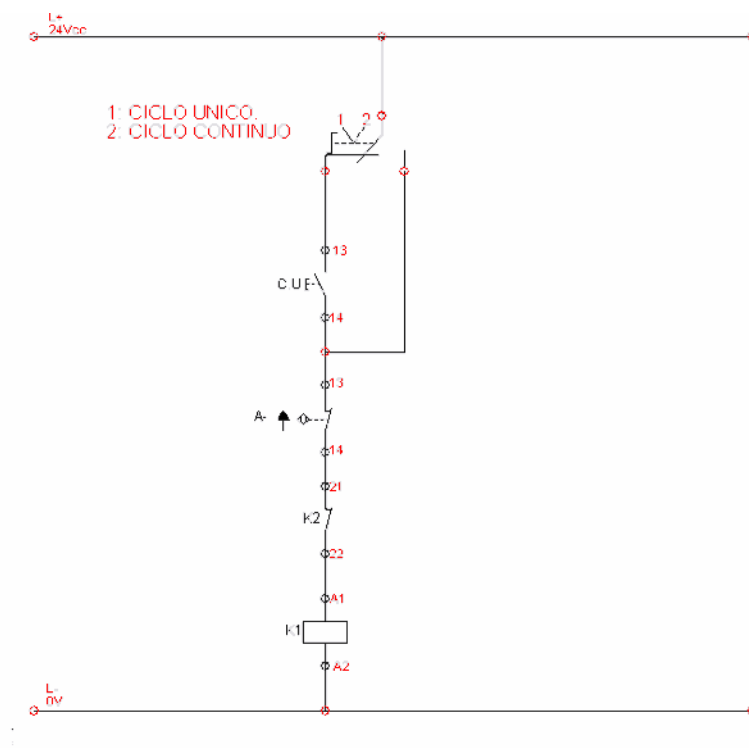


## OBSERVACIONES:

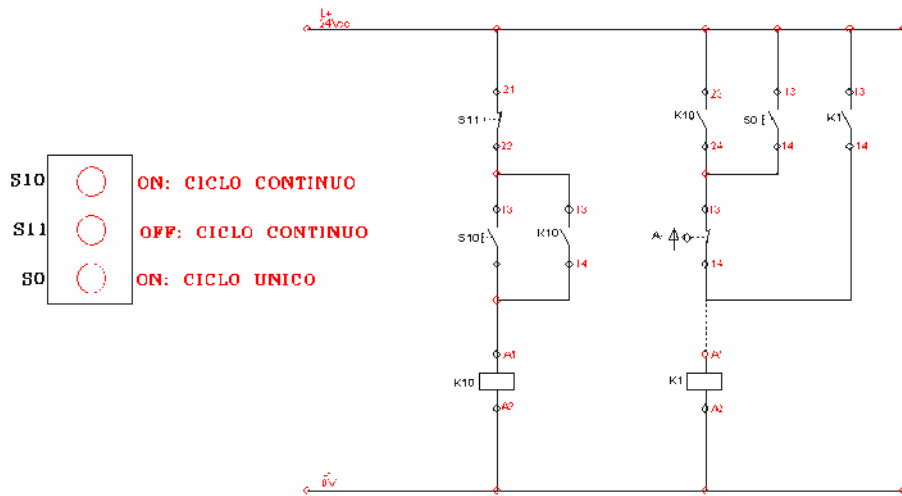
- Con este método, además podemos señalar cada paso de la maquina así podremos localizar alguna avería que tenga la maquina.
- La forma de hacer este método es seguir el diagrama paso a paso, y haciéndonos preguntas, si se ha realizado el paso anterior pues lo anulamos. De esta manera vamos anulando los pasos ya realizados y evitamos la sobreexposición de señales, ya que las válvulas son biestables.
- Otra posibilidad sería que en la columna 11 quitar K1 y en la línea 12 quitar la autoalimentación.
- Otra posibilidad sería en la columna 11 utilizar el pulsador S1 doble o sea que tenga doble cámara (un contacto abierto y otro cerrado).

## 22. METODO PARA HACER CICLOS (AUTOMATICOS, MANUAL, PASO A PASO...)

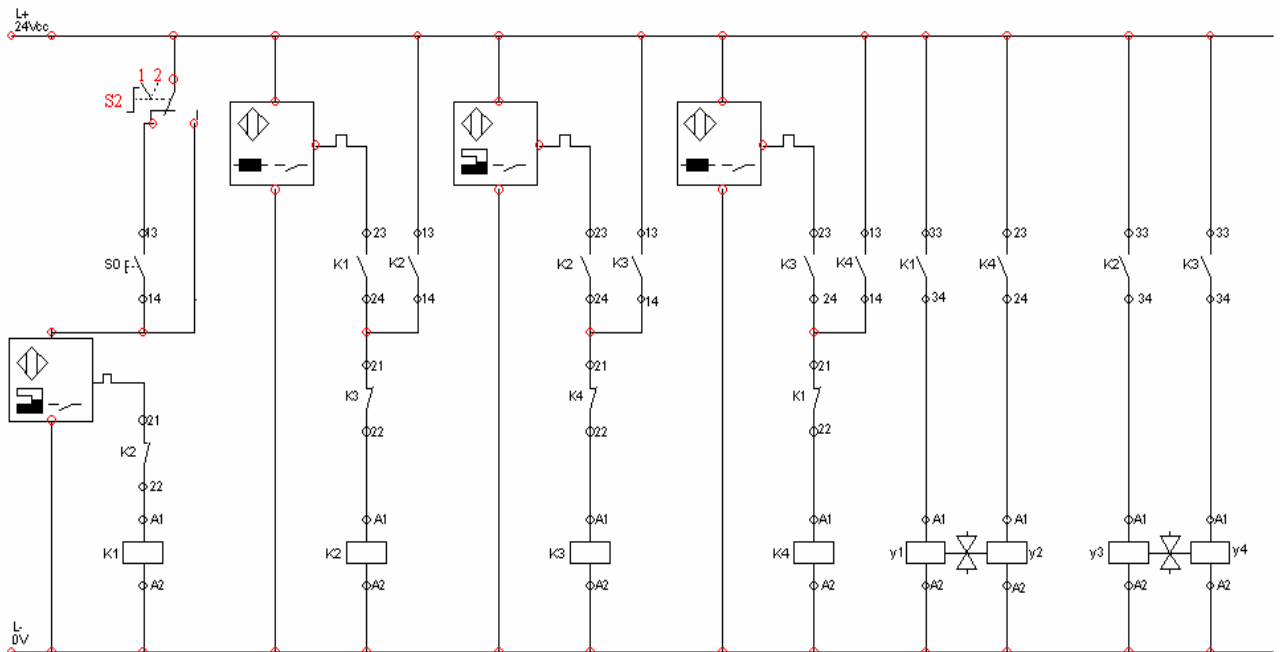
Una de las formas de hacerlo sería mediante conmutadores pero no se suelen hacer debido a las posibles paradas de emergencia por corte de corriente. Pero la forma este método con conmutador sería el siguiente:



Otra de las formas sería con una botonera:



### 23. CIRCUITO ELECTRICO CON CICLO UNITARIO Y CICLO CONTINUO (EJERCICIO ANTERIOR)

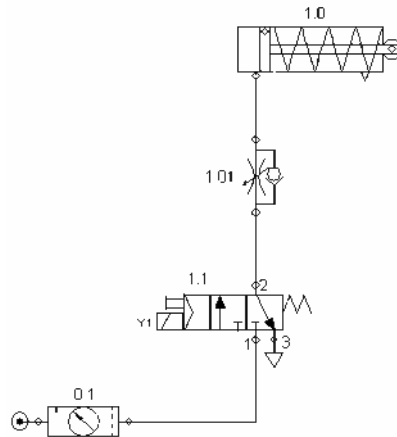




## 24. PRACTICAS

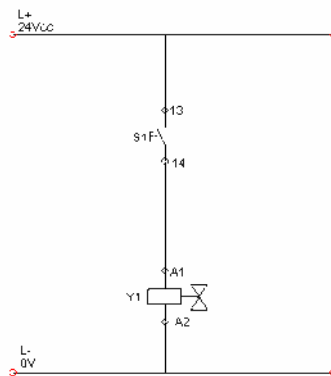
### 24.1. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE SIMPLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO DIRECTO)

CIRCUITO NEUMATICO (DE FUERZA):



CIRCUITO ELECTRICO (DE MANDO):

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO:



- Que pulsando un pulsador excitara a la bobina del rele de la válvula y así accionar el acusador lineal de simple efecto.
- Que al dejar de pulsar el pulsador la electro válvula volverá al estado iniciar gracias a un resorte y a su vez el actuador lineal de simple efecto vaya a menos.



## RELACION DE MATERIAL.

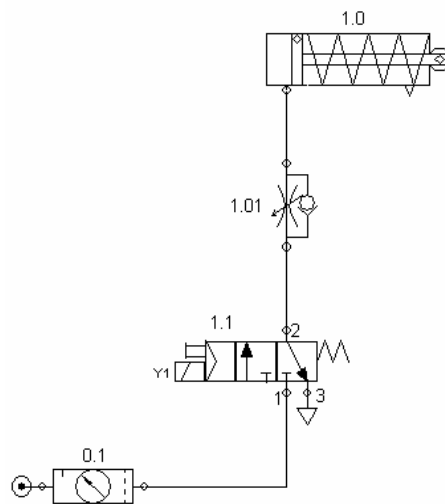
- Un cilindro de simple efecto.
- Una electroválvula de 3/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Una válvula de estrangulamiento con antirretorno.
- Un pulsador.
- Cable eléctrico.

## OBSERVACIONES.

La tensión con la que trabajamos con esta electroválvula es de 24V de corriente continúa.

### 24.2. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE SIMPLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO INDIRECTO)

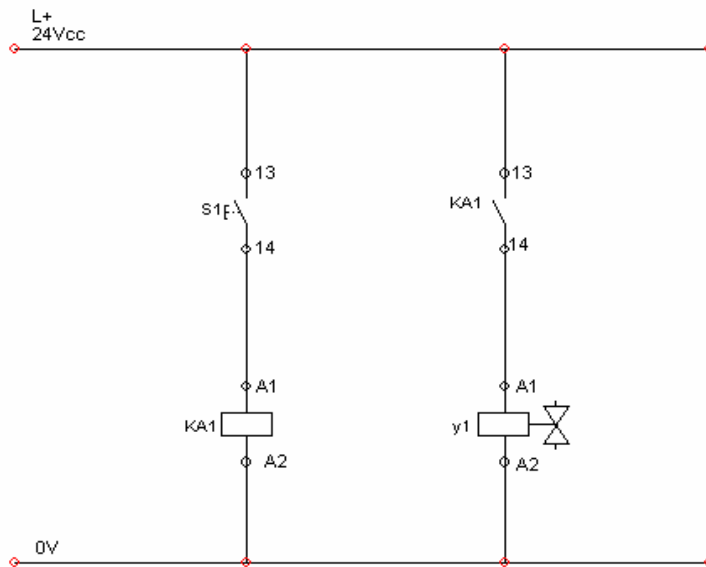
CIRCUITO NEUMATICO (DE FUERZA):







## CIRCUITO ELECTRICO (DE MANDO):



## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO:

- Que pulsando un pulsador excitara a la bobina de un rele auxiliar.
- Que cuando este rele auxiliar este excitado, se cerrara su contacto auxiliar NO y alimentara de corriente al rele de la electroválvula.
- Que al dejar de pulsar el pulsador el rele volverá a su estado normal y el contacto auxiliar se abrirá cortando el paso de la corriente y la electroválvula volverá al estado inicial y a su vez el actuador lineal de simple efecto volverá a menos.

## RELACION DE MATERIAL:

- Un actuador lineal de simple efecto.
- Una válvula de estrangulación con antiretorno.
- Una electroválvula 3/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Un pulsador.
- Un rele auxiliar.
- Cable eléctrico.
- Fuente de alimentación de 24Vcc.

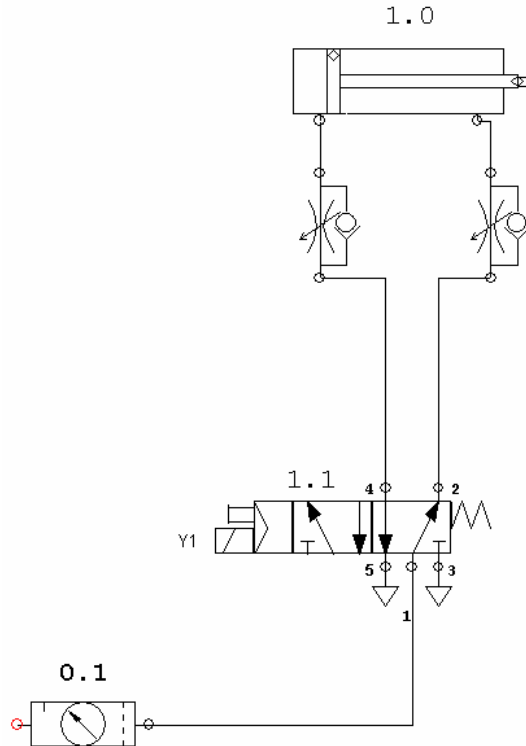
## OBSERVACIONES:

Esta sería la forma más técnica y utilizada para realizar los montajes electroneumáticos, a través de los relés auxiliares, ya que con estos relés se practican las condiciones y a la electroválvula directamente el contacto de dicho relé.

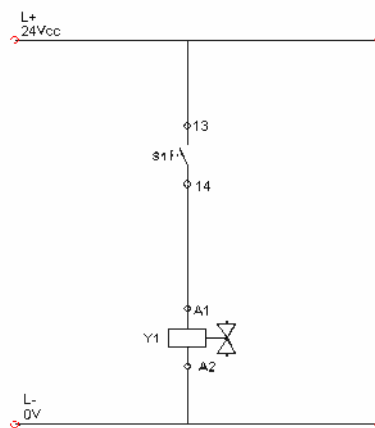


### 24.3. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO DIRECTO)

ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA):



ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO:

- Que pulsando un pulsador excitara a la bobina del rele de la válvula y así accionar el actuador lineal de doble efecto.



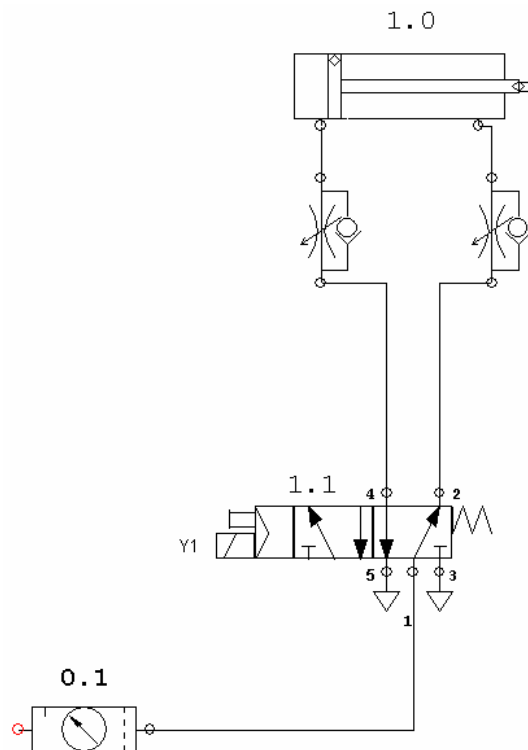
- Que al dejar de pulsar el pulsador la electroválvula volverá al estado iniciar gracias a un resorte y a su vez el actuador lineal de doble efecto vaya a menos.

#### RELACION DE MATERIAL:

- Actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulación con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Un pulsador.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.

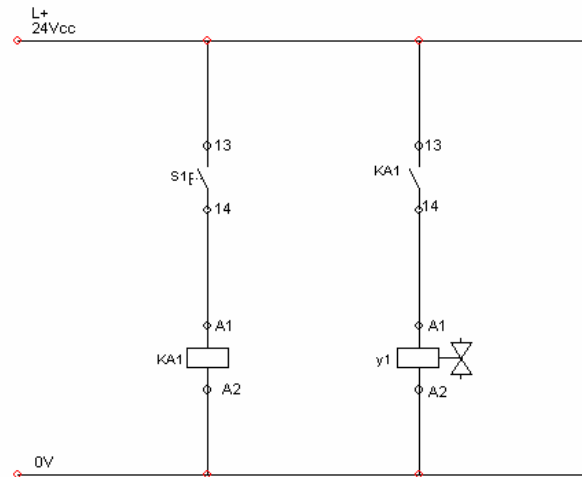
#### 24.4. REALIZA EL MONTAJE DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO MEDIANTE UNA ELECTROVALVULA. (MANDO INDIRECTO)

##### ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)





## CIRCUITO ELECTRICO (DE MANDO)



### CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO:

- Que pulsando un pulsador excitara a la bobina de un rele auxiliar.
- Que cuando este rele auxiliar este excitado, se cerrara su contacto auxiliar NO y alimentara de corriente al rele de la electroválvula.
- Que al dejar de pulsar el pulsador el rele volverá a su estado normal y el contacto auxiliar se abrirá cortando el paso de la corriente y la electroválvula volverá al estado inicial y a su vez el actuador lineal de simple efecto volverá a menos.

### RELACION DE MATERIAL:

- Un actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulación con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Un pulsador.
- Un rele auxiliar.
- Cable eléctrico.
- Fuente de alimentación de 24Vcc.

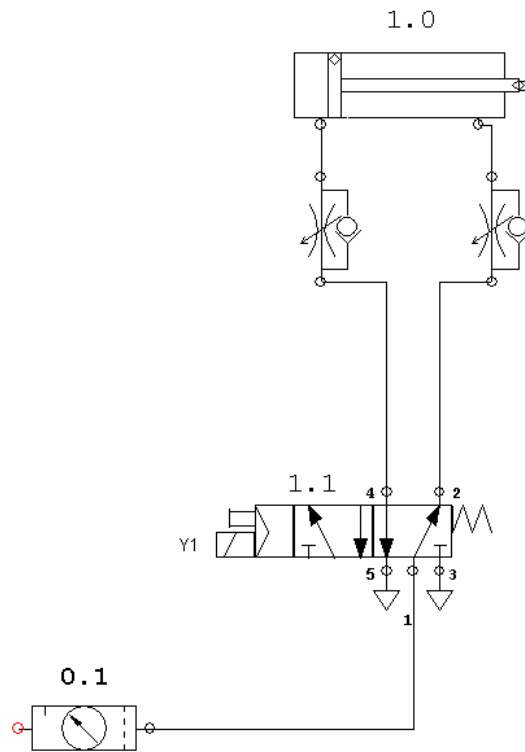
### OBSERVACIONES:

Esta sería la forma más técnica y utilizada para realizar los montajes electroneumáticos, a través de los reles auxiliares, ya que con estos reles se practican las condiciones y a la electroválvula directamente el contacto de dicho relé.



## 24.5. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCION AND.

ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)



ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO):

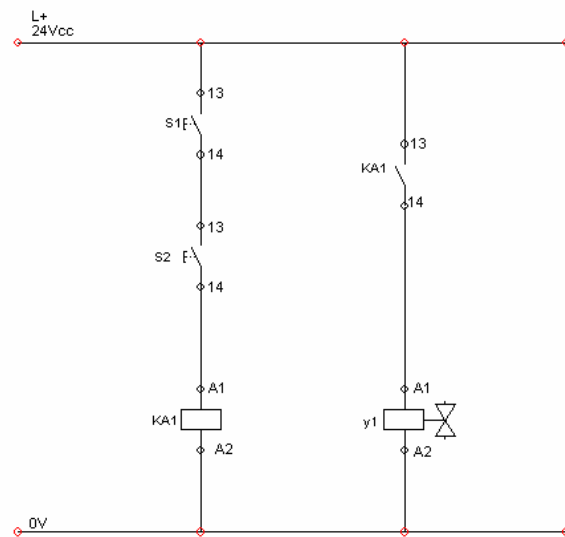


TABLA DE LAVERDAD		
S1	S2	y1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1



## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

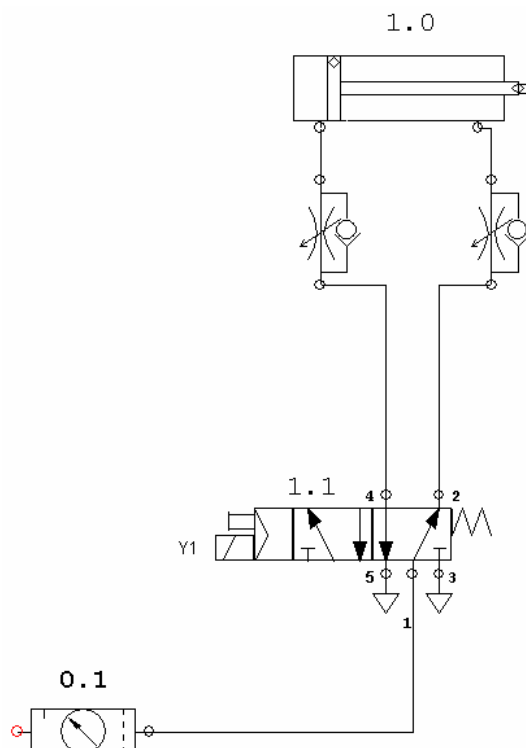
- Que para que el actuador lineal de doble efecto vaya a mas se deben de pulsar simultáneamente los dos pulsadores. (S1 y S2).
- Que si dejamos de accionar uno de los pulsadores, el actuador lineal de doble efecto vaya a menos.
- Que si solo pulsamos uno de los dos pulsadores el actuador lineal de doble efecto se quede en posición de reposo (que no actúe).

## RELACION DE MATERIAL.

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Dos pulsadores.
- Un rele auxiliar.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.

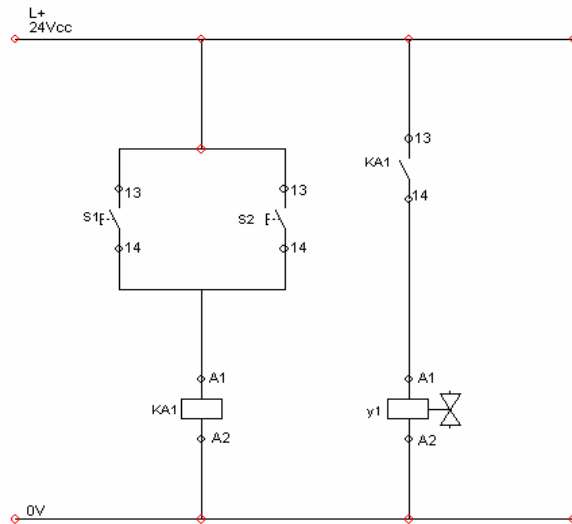
## 24.6. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCION OR.

### ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)





## ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



S1	S2	y1
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

- Que para que el actuador lineal de doble efecto vaya a mas se pulse un pulsador (S1).
- Que para que el actuador lineal de doble efecto vaya a mas se pulse el otro pulsador (S2).
- Que si pulsamos los dos pulsadores simultáneamente el actuador lineal de doble efecto vaya a más.
- Que si dejamos de pulsar el pulsador S1 el actuador lineal vaya a menos.
- Que si dejamos de pulsar el pulsador S2 el actuador lineal vaya a menos.
- Que cuando hayamos pulsado los dos pulsadores a la vez, para que el actuador lineal vaya a menos se deben de haber dejado de pulsar los dos pulsadores.

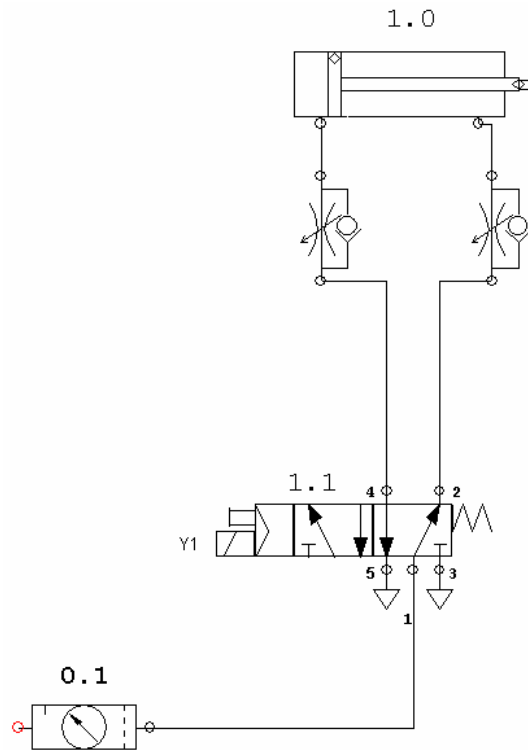
## RELACION DE MATERIAL.

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Dos pulsadores.
- Un rele auxiliar.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.

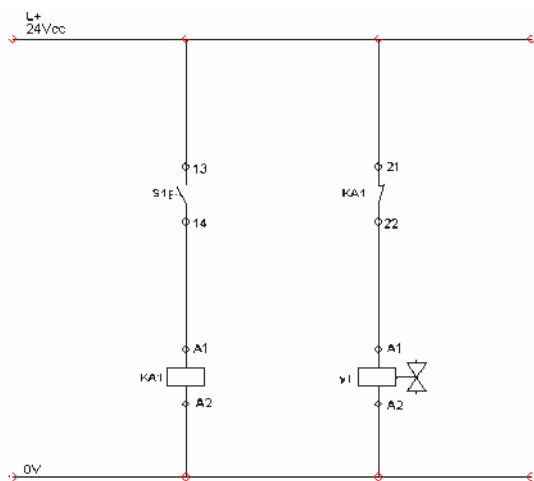


## 24.7. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCION NOT (NEGACION)

ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)



ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



S1	y1
0	1
1	0





## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

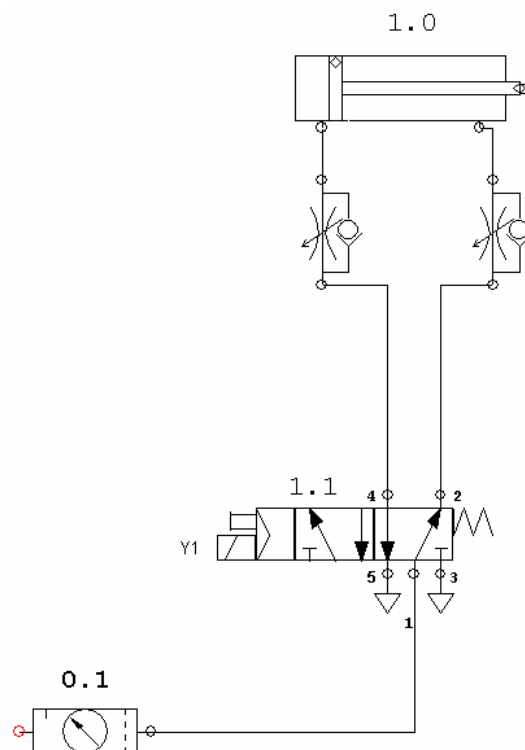
- Que si no pulsamos el pulsador el actuador lineal ira a mas.
- Que si pulsamos el pulsador e actuador lineal irá a menos.

## RELACION DE MATERIAL.

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Un pulsador de conexión.
- Un rele auxiliar.
- Una fuente de alimentación.
- Cable eléctrico.

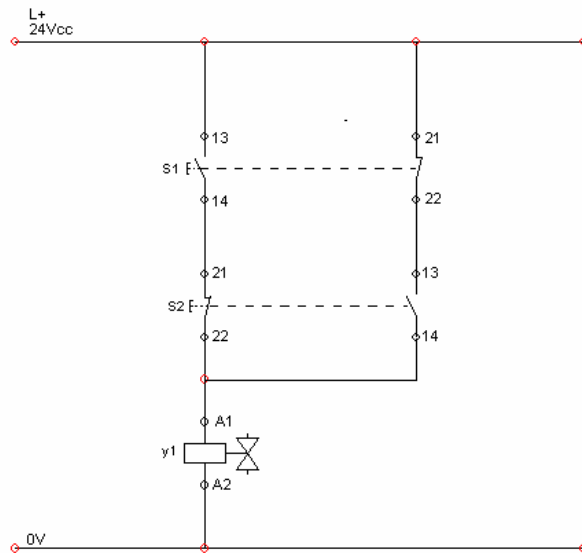
## 24.8. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FUNCION XOR

### ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)





## ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



S1	S2	y1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Que pulsando uno solo de los pulsadores el actuador lineal vaya a más.
- Que si pulsamos los dos pulsadores a la vez el cilindro se quede en menos.

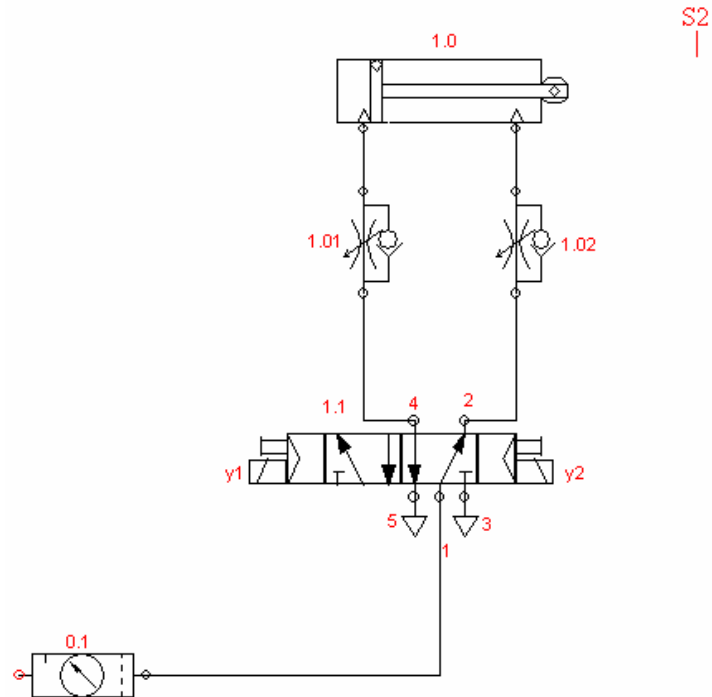
## RELACION DE MATERIAL.

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible
- Dos pulsadores con doble cámara, uno NO y otro NC.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.

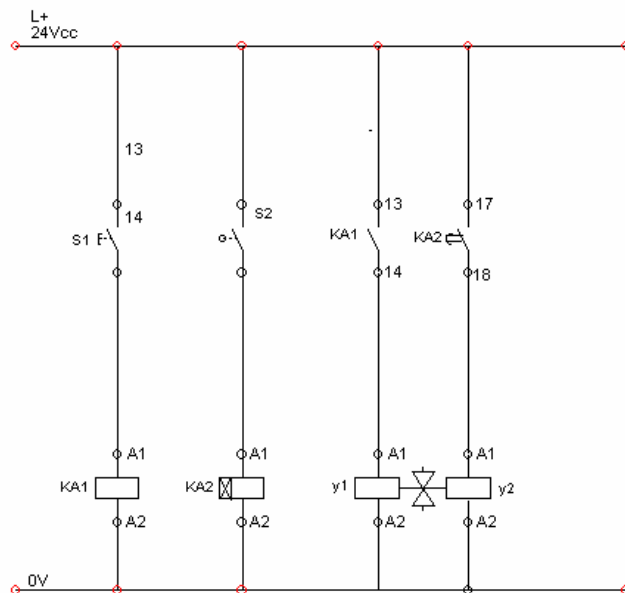


## 24.9. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO CON UN TEMPORIZADOR.

### ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)



### ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



### CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Que cuando pulsemos el pulsador S1 el actuador lineal vaya a más.
- Que cuando el actuador lineal llegue al final de su carrera pulse el final de carrera S2 y esté a más hasta que pase 5sg.
- Pasado este tiempo que el actuador lineal vaya a menos.

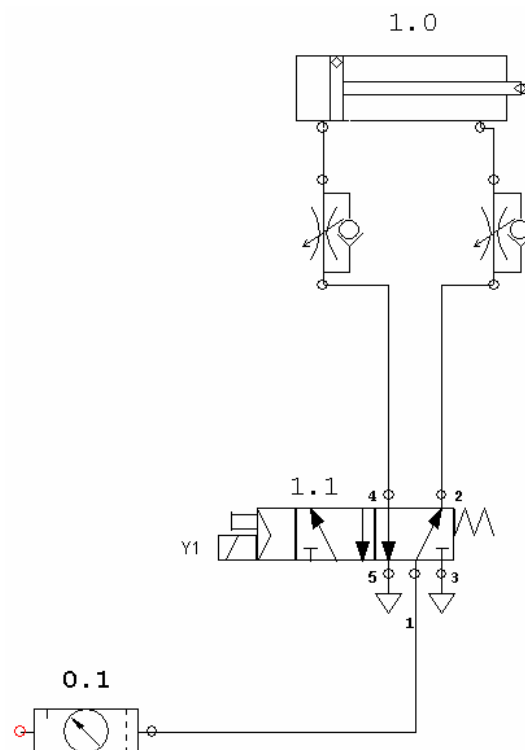


## RELACION DE MATERIAL.

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Un pulsador de conexión.
- Un final de carrera.
- Un rele auxiliar.
- Un rele temporizador.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.

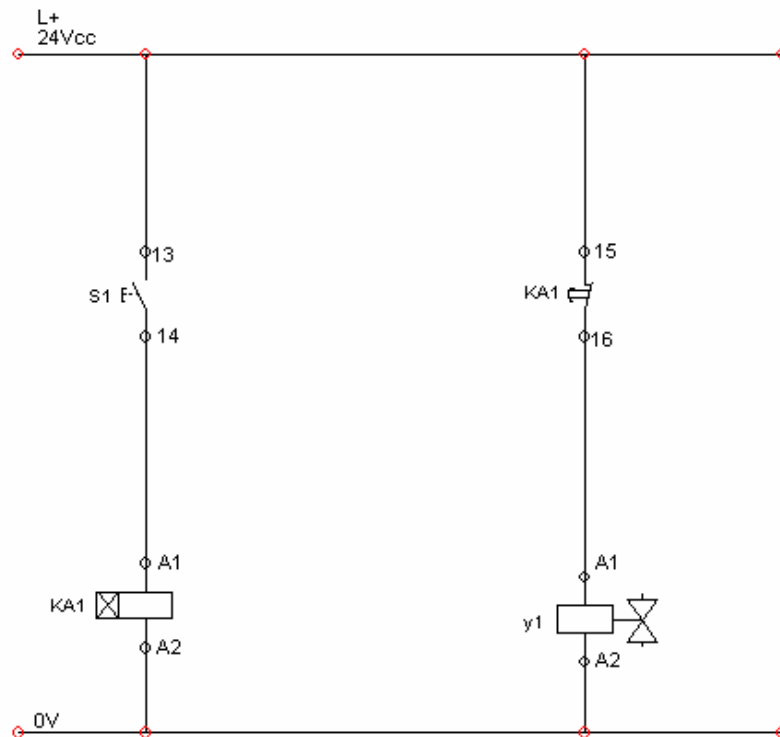
### 24.10. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO. FLANCO ASCENDENTE.

#### ESQUEMA NEUMÁTICO (DE FUERZA)





## ESQUEMA ELECTRICO (DE MANDO)



### CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

- Que cuando se pulse el pulsador S1 el actuador lineal vaya a más.
- Que cuando pasar un tiempo el actuador lineal vaya a menos.

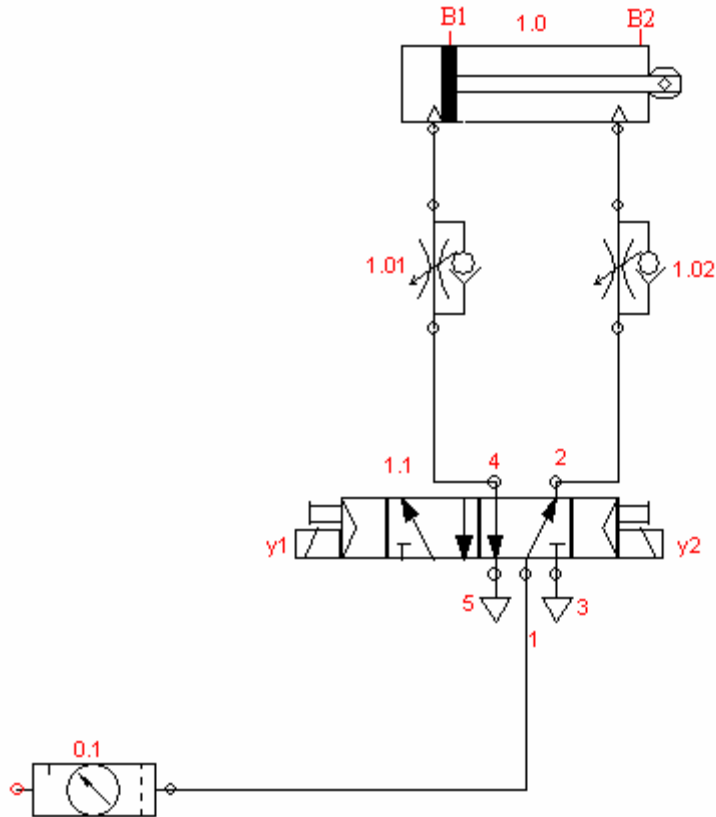
### RELACION DE MATERIAL

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible
- Un pulsador de conexión.
- Un rele de temporización.
- Una fuente de alimentación.
- Cable eléctrico.

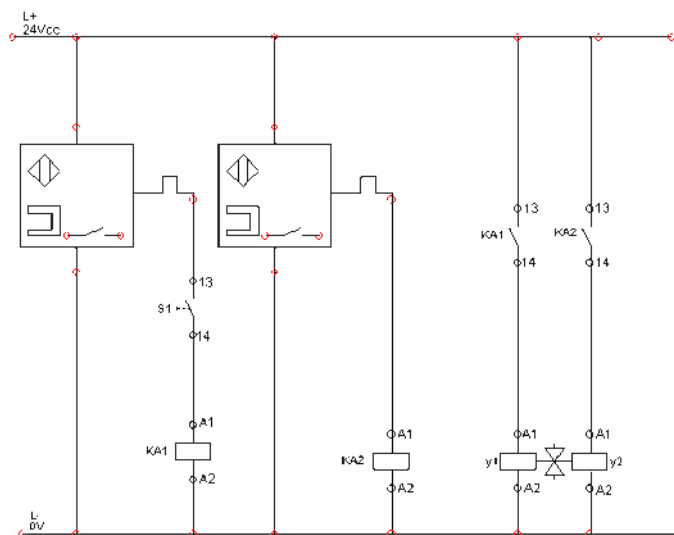


## 24.11. MANDO DE UN ACTUADOR LINEAL DE DOBLE EFECTO CON SENSORES REED.

ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA):



CIRCUITO ELECTRICO (DE MANDO)





## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

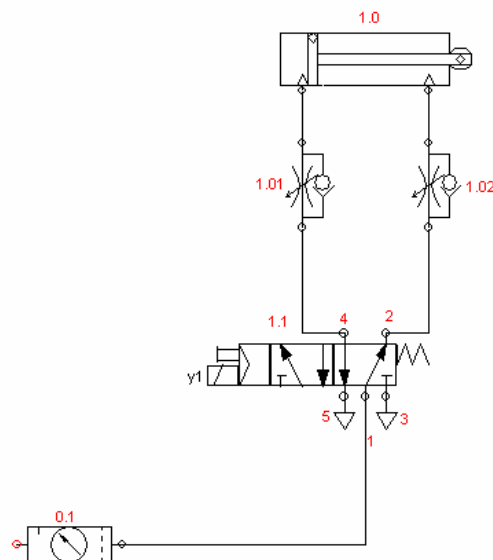
- Que cuando pulsemos el pulsador S1 y el sensor reed detecte que el cilindro este a menos, salga el cilindro.
- Que cuando haya terminado la carrera vuelva a menos.

## RELACION DE MATERIAL

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible
- Dos sensores tipo REED.
- Dos relés auxiliares.
- Un pulsador de conexión.
- Una fuente de alimentación.
- Cable eléctrico.

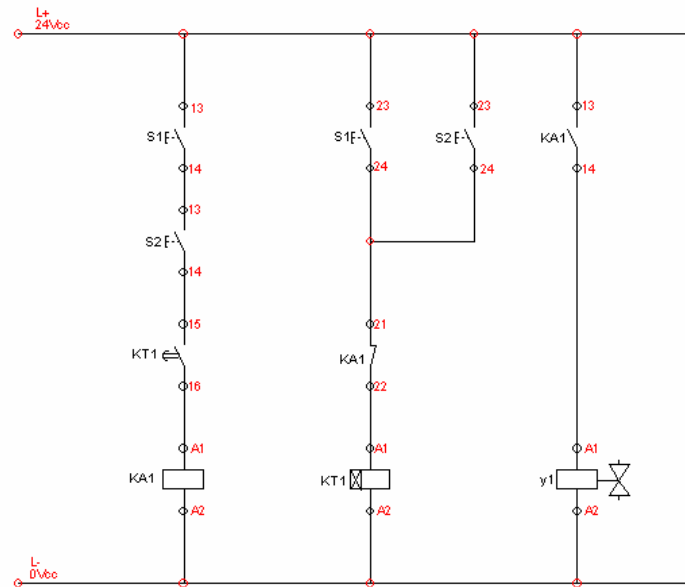
## 24.12. MANDO BIMANUAL DE SEGURIDAD

### ESQUEMA NEUMATICO (DE FUERZA)





## CIRCUITO ELECTRICO (DE MANDO)



### CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

- Que el actuador lineal de doble efecto vaya a más cuando se pulsen simultáneamente los dos pulsadores.
- Que si pulsamos un pulsador y el otro lo pulsamos después del tiempo que hemos programado el cilindro no vaya a más.
- Que si el actuador lineal de doble efecto está a más y soltamos cualquiera de los dos pulsadores el actuador lineal de doble efecto vaya a menos.

### RELACION DE MATERIAL

- U actuador lineal de doble efecto.
- Dos válvulas de estrangulamiento con antirretorno.
- Una electroválvula 5/2 vías.
- Una unidad de mantenimiento.
- Tubería flexible.
- Dos pulsadores dobles NO. (doble cámara).
- Un relé auxiliar.
- Un relé auxiliar temporizado a la conexión.
- Una fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Cable eléctrico.





## 25. BIBLIOGRAFÍA

Autor: H. Meixner, E. Saber.-ntroducción a la Electroneumática – Festo S.A.

Autor: Dipl. Ing. Rolf Balla – Training Neumático Compendio 2 Electroneumatica – Mannesmann – Rexroth

Páginas en internet

[www.festo.com.ar](http://www.festo.com.ar)

[www.micro.com.ar](http://www.micro.com.ar)

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

[www.schneider-electric.com.ar](http://www.schneider-electric.com.ar)

<http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-control-secuencial.html>

[www.air.irco.com](http://www.air.irco.com)

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

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

[www.inforargentina@kaeser.com](http://www.inforargentina@kaeser.com)

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

[http://tecnologia.mendoza.edu.ar/trabajos\\_profesores/buscella-control/Apuntes](http://tecnologia.mendoza.edu.ar/trabajos_profesores/buscella-control/Apuntes)