

2

2 Ejem.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ARAGON"

**SISTEMAS NEUMATICOS PARA LA AUTOMATIZACION  
DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A  
PEDRO GPE. GARCIA ORTIZ

SN. JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

SISTEMAS NEUMATICOS PARA LA AUTOMATIZACION  
DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

INDICE	Pag.
Introducción .....	3
CAPITULO I AIRE COMPRIMIDO .....	5
1.1 Principios Físicos del Aire .....	7
1.1.1 Composición .....	7
1.1.2 Leyes de los Gases .....	7
1.2 Características del Aire Comprimido .....	9
1.3 Producción del Aire Comprimido .....	11
1.3.1 Clasificación de los Compresores .....	11
1.3.1.1 Compresores de émbolo .....	12
1.3.1.2 Compresores de Pistón Rotativo .....	13
1.3.1.3 Turbo-compresores .....	15
1.4 Elección del Compresor .....	17
1.5 Red del Aire Comprimido .....	17
1.5.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería Princi- pal y tipos de Tubería .....	21
CAPITULO II ELEMENTOS NEUMATICOS .....	28
2.1 Elementos de Trabajo .....	28
2.1.1 Cilindros de Simple Efecto .....	28
2.1.2 Cilindro de Doble Efecto .....	29
2.1.3 Diferentes tipos de Cilindros para los -- más variados usos .....	30
2.1.4 Características de los Cilindros de Sim- ple y Doble Efecto .....	35
2.1.4.1 Fuerza .....	35
2.1.4.2 Consumo de Aire .....	38
2.1.4.3 Selección del Vástago .....	40
2.1.5 Motores Neumáticos .....	42

	Pag.
2.2 Elementos de Control .....	46
2.2.1 Válvulas de Vías .....	46
2.2.1.1 Tipos de Accionamientos de las Válvulas Vías .....	49
2.2.1.2 Válvulas de Bloqueo .....	52
2.2.1.3 Válvulas de Presión .....	55
2.2.1.4 Válvula de Flujo .....	57
2.3 Circuitos Básicos .....	57
2.4 Simbología Neumática .....	68
<b>CAPITULO III SISTEMAS DE AUTOMATIZACION .....</b>	<b>74</b>
3.1 Representación Esquemática de los Movimientos ...	76
3.2 Sistema de Automatización Intuitivo con Base Tec- nológica .....	82
3.3 Sistema de Automatización Cascada .....	90
3.4 Sistema de Automatización Paso a Paso .....	95
3.5 Comparación de las Ventajas y Desventajas de los tres métodos .....	102
<b>CAPITULO IV EJEMPLOS PRACTICOS .....</b>	<b>110</b>
Estudio Económico .....	110
<b>CAPITULO V MANTENIMIENTO .....</b>	<b>136</b>
5.1 Compresores .....	136
5.2 Red de Distribución .....	137
5.3 Elementos Neumáticos .....	139
5.4 Desarrollo del Mando .....	144
5.4.1 Detección de Averías .....	148
5.5 Unidad de Mantenimiento .....	150
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>152</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>154</b>

## INTRODUCCION

Debido a la situación por la que actualmente estamos - atravesando, no sólo en México, sino, en todo el mundo es - indispensable que los procesos de fabricación se vayan mejo - rando al ritmo que exige el desarrollo de la tecnología. Pa - ra mejorar estos procesos es indispensable la automatiza- - ción de los mismos.

El progreso tan acelerado que ha existido en la automa - tización en estos últimos años ha tenido considerable reper - cusión en las técnicas de mando.

En toda la industria en general se han realizado, y lo - continúan haciendo, automatismos para aumentar su producti - vidad pero desgraciadamente la forma de obtener el mando de - estos automatismos se basa en la experiencia o en la intuic - ción de la persona encargada de desarrollar el automatismo, - sin seguir un método o secuencia para obtener una solución - más rápida y convincente.

Este trabajo esta dirigido precisamente a difundir los - sistemas neumáticos de automatización que son: Método Sev - cuencial Intuitivo, Cascada y Paso a Paso.

A pesar de que la electricidad se conoció y se utilizó - mucho antes que la neumática, no únicamente para realizar - trabajo sino también para llevar a cabo el control, este tí - po de energía aún no se conoce a la perfección.

Hasta hace algún tiempo no existía un sistema definido - para llevar a cabo el control de una automatización con --- - energía eléctrica, fue precisamente con la ayuda de los sis - temas neumáticos de automatización que se consiguió obtener - un sistema de automatización eléctrico. Ya que trabajar con - aire comprimido y mangueras es mucho más objetivo y entendi - ble que trabajar con energía eléctrica y alambres porque -- - con el aire comprimido podemos darnos cuenta, al conectar o - desconectar una manguera, si existe o no aire y qué sentido - tiene el flujo, cosa que es difícil con la energía eléctri - ca.

De cualquier manera es importante mencionar que la neumática no es siempre la mejor alternativa. Para la realización de un automatismo es indispensable analizar los diferentes tipos de energía para llevar a cabo el trabajo y el control tratando de utilizar la que más ventajas presente de acuerdo a nuestras circunstancias de trabajo, y así obtener un automatismo lo más eficaz posible.

Si observamos la maquinaria moderna que ha llegado del extranjero podemos darnos cuenta que en ellas intervienen diferentes tipos de energía. seguramente los fabricantes de esta maquinaria hacen un análisis de este tipo para determinar qué energía han de utilizar y en qué parte del proceso.

## CAPITULO I AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas de entre las conocidas por el hombre y aprovechada para reforzar sus recursos físicos.

Muchos de los principios de la tecnología moderna ya eran utilizados por el hombre primitivo. Por ejemplo la primera aplicación del aire comprimido consistió en el soplado de las cenizas para reavivar el fuego. El aire empleado había sido "comprimido" en los pulmones, a los que podemos -- considerar como un compresor natural. Pero el compresor humano resultó inadecuado por completo. Cuando el hombre comenzó a fundir metales (3000 años A.C.) como oro, cobre, estaño y plomo en su forma pura y más adelante reduciendo sus óxidos, que constituían los materiales en bruto en las primeras metalurgias cuando se comenzaban a construir objetos metálicos. Para alcanzar las temperaturas necesarias superiores a los 1000°C se necesitaba un compresor más potente; éste también lo suministraba la naturaleza en el viento que se comprimía contra una colina y ascendía por sus laderas. Los orfebres egipcios y sumerios inventaron un método más convincente y seguro para la producción del aire comprimido que ellos necesitaban para fundir los metales nobles. Empleaban un tubo-soplete, al igual que hacen sus colegas de hoy. Este soplete es adecuado para sus necesidades, pero naturalmente resulta insuficiente si se quiere fundir un volumen elevado de metal.

El primer compresor mecánico, el fuelle manual, fue inventado aproximadamente 3000 años A.C. y el fuelle de pie se empezó a emplear aproximadamente 1500 años A.C.. Sucedió esto cuando la aleación del cobre y estaño para obtener bronce se había convertido en un proceso estable de producción.

Los fuelles accionados con el pie por medio de una rue

da de molino, se emplearon durante los dos mil años siguientes, hasta en 1762 en que comenzaron a ser reemplazados -- por el cilindro soplante, inventado por John Smeaton, que -- era accionado por una rueda de un molino. Como la capacidad de los hornos de fundición continuó aumentando, los -- fuelles convencionales comenzaron a resultar inadecuados y el cilindro de Smeaton aunque de construcción tosca, era -- una solución. Pero hasta que John Wilkinson inventó una ta -- ladradora para hacer cañones capaz de tornear interiores -- con un mecanizado de precisión, fue posible la fabricación de máquinas soplantes.

Los fuelles y las primeras máquinas soplantes, así co -- mo los posteriores compresores, se empleaban para suminis -- trar una corriente de aire de combustión a los hornos de -- fundición y también en la ventilación en trabajos bajo tie -- rra. La ventilación se hacía necesaria debido a que la gan -- ga se extraía calentando con fuego los muros de la mina y -- enfriándolos después con agua. En otras palabras el empleo de aire comprimido estuvo a lo largo de milenios, limitado a la extracción y fundición de metales, aunque las bombas -- de vacío y los compresores fueron empleados ya en el siglo XVII por los alquimistas en sus experimentos siguiendo el -- ejemplo de los antiguos primeros griegos como Ktsibios.

Pero la irrupción verdadera y generalizada de la neu -- mática en la industria no se inicia sin embargo, hasta que -- llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automati -- zación y racionalización en el desarrollo del trabajo.

A pesar de las oposiciones iniciales, debidas en la -- mayoría de los casos a desconocimiento y falta de forma -- ción, fueron ampliándose los diversos sectores de aplica -- ción. De tal manera que en la actualidad ya no se concibe -- una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que se utilicen aparatos de aire a -- presión en las ramas industriales más variadas.

## 1.1 Principios Físicos del Aire

### 1.1.1. Composición.

El aire es un gas incoloro, insípido e inodoro. Es una mezcla de gases. La masa total de aire en la atmósfera se calcula de unos  $15.17 \times 10^{17}$  Kg. Algo menos que la millonésima parte de la masa del planeta.

La composición del aire permanece relativamente constante al menos hasta unos 25 Km. de altura.

Sin embargo, el aire en nuestra atmósfera, no sólo contiene gases, sino también humedad y partículas sólidas como polvo, arena, hollín y cristales salinos.

Siendo el aire una mezcla y no una combinación química sus componentes se pueden separar. Normalmente esta separación se realiza enfriándolo hasta  $-196^{\circ}\text{C}$ . A esta temperatura sus componentes se separan por destilación fraccionada.

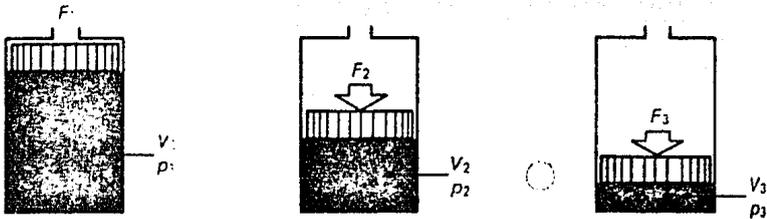
### 1.1.2. Leyes de los Gases.

Toda materia se compone de moléculas que permanecen en movimiento constante, manteniéndose unidas por la fuerza de cohesión. En los sólidos las moléculas están fuertemente unidas y ordenadas de tal manera (estructura en red) que la fuerza de cohesión es muy fuerte. Por esta causa los sólidos tienen forma propia y son consistentes. En un líquido, las moléculas están tan cerca como en los sólidos aunque no presentan estructura en red siendo por ello su fuerza de cohesión más débil. Las moléculas tienen más movilidad, cambiando sus características el líquido toma la forma del recipiente que lo contiene y su superficie tiende a ser plana y horizontal respondiendo a la fuerza de gravedad. En un gas las moléculas están separadas y se mueven libremente porque su fuerza cohesiva es mucho menor. Por lo tanto, un gas se expande y se mezcla con otros gases que están presentes.

El comportamiento de los gases perfectos ó mezclas de los mismos, sigue un conjunto de leyes, dentro de las más importantes tenemos:

- Ley de Boyle. Esta ley dice que, a temperatura constante el volumen de un gas varía en relación inversa a la presión.

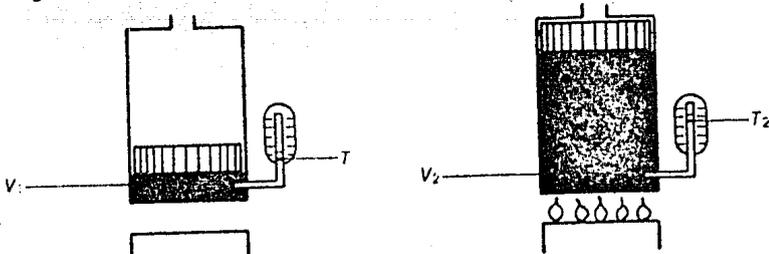
Figura 1



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{cte.} \quad \text{ó} \quad V_2/V_1 = F_1/P_2 = \text{cte.}$$

- Ley de Charles. Aquí se expresa que el volumen de un gas, a presión constante, está en relación directa con la temperatura absoluta.

Figura 2



$$V_2/V_1 = T_2/T_1 = \text{cte.} \quad \text{ó} \quad V_1/T_1 = V_2/T_2 = \text{cte.}$$

- Ley de Gay Lussac. También conocida como ley de Amonton, dice que la presión de un gas, a volumen constante, varía en relación directa con la temperatura absoluta.

$$P_2/P_1 = T_2/T_1 = \text{cte} \quad \text{o} \quad P_1/T_1 = P_2/T_2 = \text{cte.}$$

## 1.2. Características del Aire Comprimido.

La explicación del proceso tan rápido de expansión de la neumática, en tan corto plazo, se justifica por el hecho de no disponer de otro medio más simple y racional para resolver los problemas de automatización.

A continuación se enlistan algunas de las características más importantes que han hecho este avance tan rápido con la técnica neumática para la automatización.

**Abundante:** Como medio está disponible para su compresión de manera ilimitada, gratuitamente en cualquier lugar.

**Transporte:** El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por canalizaciones, incluso a grandes distancias.

**Almacenable:** El aire comprimido puede ser almacenado en depósitos, e incluso puede ser transportado en recipientes. De tal manera que no es necesario que el compresor permanezca trabajando continuamente.

**Temperatura:** El aire comprimido es poco sensible a las variaciones de la temperatura, mantiene su fiabilidad incluso a temperaturas extremas.

**Antideflagrante:** No son necesarias las instalaciones antideflagrantes, ya que no existen riesgos de explosión ni de incendio incluso en ambien

tes peligrosos.

Limpio: Es un medio muy limpio y puede ser utilizado en todo tipo de industrias.

Construcción de los elementos: La concepción de los diferentes elementos es simple y de construcción sencilla ya que no trabajan a altas presiones.

Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido que permite la obtención de velocidades de trabajo muy elevadas.

Regulable: Las velocidades y fuerzas son regulables de una manera continua y sin escalonamientos.

Sobrecargas: Los elementos de trabajo neumático son utilizados hasta su parada completa (motores neumáticos) sin riesgos de sobrecarga.

Sin embargo, para determinar con precisión el campo de utilización de la neumática es necesario conocer también las características adversas.

Preparación: El aire comprimido debe ser tratado, antes de su utilización. Es preciso eliminar las impurezas y humedad, ya que de lo contrario ocasiona un desgaste prematuro de los componentes.

Compresible: Debido a la compresibilidad, no es posible obtener, en los elementos de trabajo, velocidades lentas y uniformes.

Fuerza: Debido a que no se trabaja a presiones elevadas, podemos obtener fuerzas de 3,000 a 3,500 Kg.

Escapes: Cuando el aire ha realizado su trabajo se envía a la atmósfera, ocasionando ruidos, que en algunos casos resulta molesto. Pudiéndose reducir por medio de silenciadores.

Costo: El aire comprimido es una fuente de energía, relativamente cara, pero este elevado costo se compensa con el buen rendimiento y la facilidad de implantación.

### 1.3 Producción del Aire Comprimido.

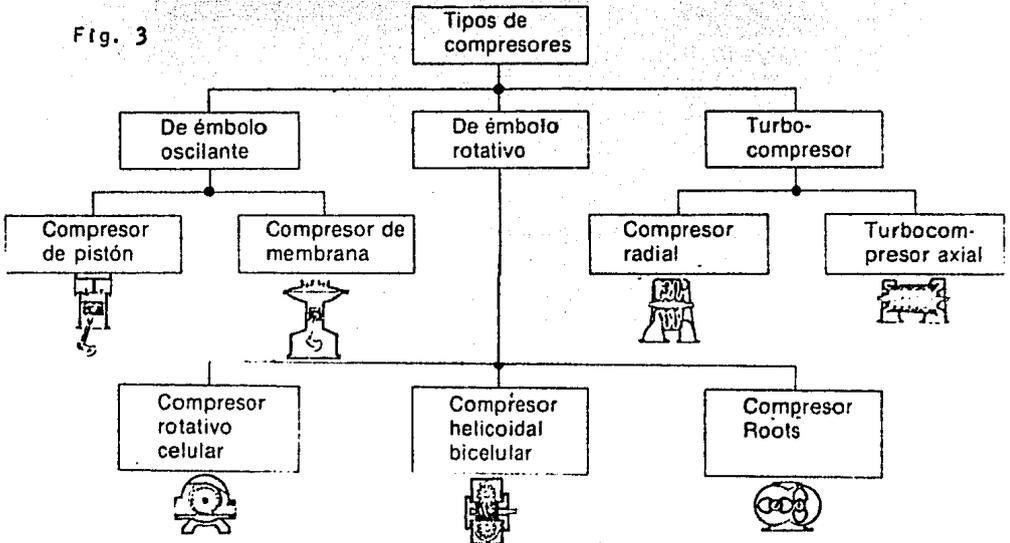
Las máquinas con las que obtenemos el aire comprimido son los compresores. Estos elementos aspiran el aire ambiente (a presión atmosférica) y lo comprimen hasta -- conferirle una determinada presión.

Existen diversos tipos de compresores, así como toda una teoría de cálculo, que no se va a exponer en este trabajo, ya que el propósito de éste, es el aprovechamiento del aire mismo pero a la salida del compresor. Sin embargo a continuación se expone someramente, los diferentes tipos de compresores, resaltando las características más importantes de cada uno de ellos.

#### 1.3.1. Clasificación de los Compresores

Los compresores los podemos dividir en tres grupos, los cuales a su vez tienen subgrupos como se muestra a continuación.

Fig. 3



### 1.3.1.1. - Compresores de émbolo.

En este tipo la compresión se obtiene por la admisión de aire en un recinto hermético, en donde en seguida se le reduce en volumen.

#### - Compresor de émbolo de dos etapas.

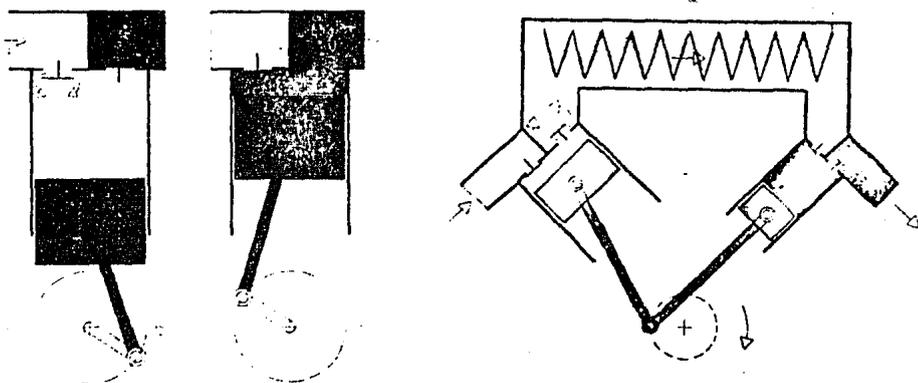
Es el tipo de compresor más difundido.

Para obtener aire a presiones elevadas, es necesario disponer de varias etapas de compresión. El aire aspirado se comprime por un primer pistón, seguidamente se refrigera y vuelve a introducirse a un segundo pistón, el volumen de la segunda cámara de compresión es más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor que exige una refrigeración intermedia.

Los compresores de pistones pueden ser refrigerados por aire o por agua.

Fig. 4 a) Compresor de émbolo

b) Compresor de émbolo de dos etapas.



#### - Compresores de membrana.

Este tipo forma parte del grupo de compresores

res de pistón. Una membrana separa el pistón de la cámara de trabajo; el aire no tiene contacto con las piezas móviles por lo tanto está exento de aceite.

Estos compresores son muy apropiados para la industria farmacéutica, alimenticia y química.

### 1.3.1.2. - Compresor de pistón rotativo.

Este tipo de compresor consiste en un pistón que está animado de un movimiento rotativo. El aire es comprimido por la continua reducción de su volumen en un recinto hermético.

### - Compresor rotativo multicelular.

En el interior de una carcasa cilíndrica -- provista de un par de orificios, uno de entrada (de un tamaño normal) y otro de salida (de menor tamaño) se encuentra un rotor dotado de ranuras. Cuando el rotor gira las paletas son oprimidas contra la pared interior de la carcasa debido a la fuerza centrífuga, y debido a la excentricidad antes mencionada, el volumen que existe entre paleta y paleta sufre una disminución con un consiguiente aumento de presión.

Fig. 5

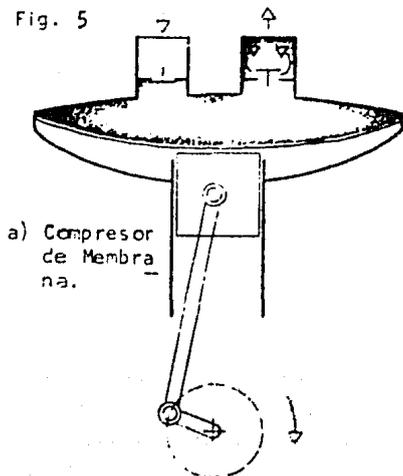
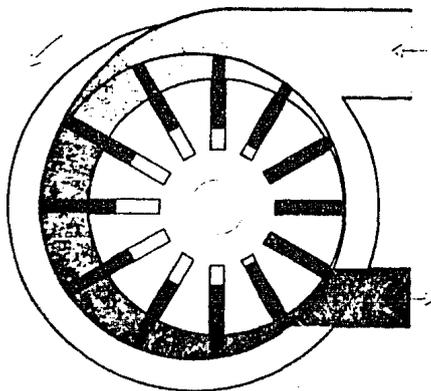


Fig. 6 b) Compresor rotativo Multicelular.

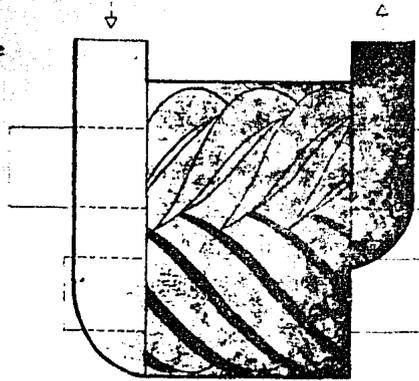


- Compresor de tornillo.

Este tipo de compresor consta de una carcasa dentro de la cual existe un par de tornillos helicoidales que engranan entre sí. Los perfiles de estos tornillos, uno concavo y el otro convexo hacen que el aire aspirado, a presión atmosférica, sea transportado a la salida; donde se deposita en un recinto hermético con un determinado volumen. Entre más aire entre a este volumen obtendremos una mayor presión. Fig. 7

Fig. 7

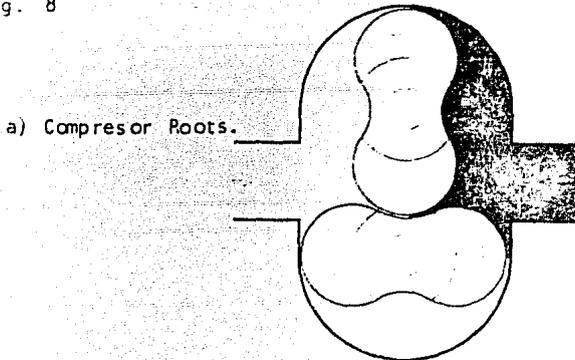
a) Compresor de Tornillo.



- Compresor roots.

Este consta de un par de lobúlos en el interior de una carcasa y su funcionamiento es muy similar al del compresor mencionado anteriormente, es decir, en él no se lleva una compresión en sí, sino sólo es un transporte de aire y la compresión se consigue debido a la resistencia que presenta un receptor a la salida del mismo. Fig. 8

Fig. 8

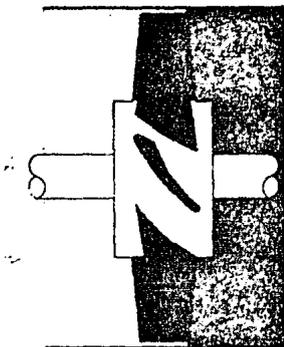


### 1.3.1.3. Turbocompresores.

Estos compresores trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos y son muy convenientes para proporcionar grandes caudales aunque no a altas presiones. Existen dos tipos de Turbocompresores, y son Turbocompresor Axial y Turbocompresor Radial. Ambos tienen un funcionamiento muy similar, el cual se describe a continuación. Fig. 9

La velocidad de circulación del aire es acelerada por un juego de alabes en movimiento, montados en un eje. La energía cinética obtenida con este proceso es posteriormente convertida en una energía estática de presión.

Fig. 9 a) Axial



b) Radial

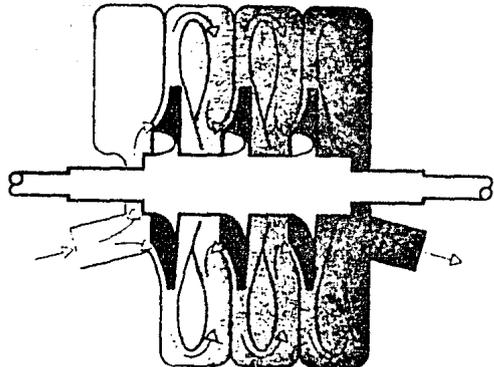
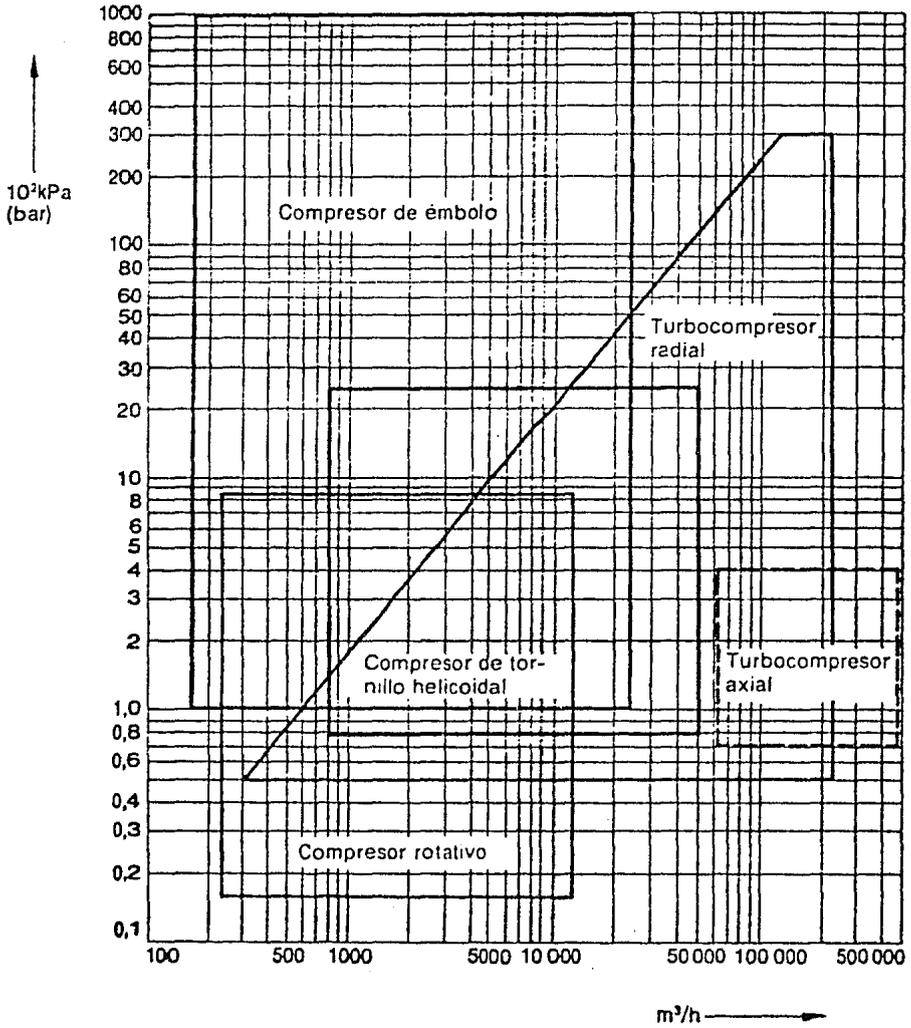


Fig. 10 Diagrama Caudal Presión.



#### 1.4. Elección del Compresor.

Las factores más importantes que se deben analizar al seleccionar un compresor son: La presión y el caudal.

La mayoría de los fabricantes de compresores ofrecen su equipo con determinadas características en cuanto a presión y caudal, de este equipo nosotros podemos seleccionar el que más nos convenga de acuerdo a nuestras necesidades.

En forma práctica podemos recurrir a la gráfica de la fig.10 en donde dependiendo de los parámetros de selección (presión y caudal) se puede determinar el tipo de compresor a utilizar.

En términos generales puede decirse que cuando se requieran grandes volúmenes de aire a presiones bajas se elegirá un compresor del grupo de los Turbocompresores. Y para presiones grandes con relativamente poco caudal se recurrirá a los compresores de émbolo.

Sin embargo de acuerdo a la gráfica de la fig. 10 existen varias zonas en las que las características de presión y caudal pueden ser satisfechas por dos o más tipos de compresores. Para determinar qué tipo elegir se recomienda analizar los gastos de explotación, mantenimiento y la facilidad de disponer de piezas de refacción; una vez realizado este estudio, se adquirirá aquel compresor que a igualdad de presión y volumen de aire, ofrezca más facilidades en su explotación, aunque, en principio su costo sea mayor.

#### 1.5 Red de Aire Comprimido.

Para proyectar la red de distribución en una instalación de aire comprimido, debemos primero, estudiar to-

das las aplicaciones del aire a presión para así desarrollar un plano donde se sitúen los puntos de consumo, también es necesario analizar el lugar para emplazamiento de la sala de compresores y depósito

Haciendo hincapié en que una planificación bien estudiada ahorra en montaje, muchas horas de mano de obra especializada y además permite obtener un mejor servicio de la instalación.

Una vez establecidos los puntos de consumo, para completar el diseño de la instalación basta tener en cuenta los siguientes principios:

a) Trazado de la red según la configuración del edificio y las actividades que se desarrollan dentro de la planta industrial.

b) Tendido de la tubería de modo que, sistemáticamente se elijan las distancias más cortas y procurando que las conducciones sean lo más cortas posibles, para lo cual hay que evitar siempre que se pueda, innecesarios cambios de dirección, codos dobles, curvas, piezas en "T", desviaciones y reducciones de sección.

c) Montaje siempre aéreo de la red de tuberías, -- pues así se consigue una mejor inspección y un buen mantenimiento. Normalmente se cuelga o suspende de los techos o paredes del edificio, con ello se facilita la disposición de las bajadas de servicio y los puntos de drenaje. La tubería subterránea o enterrada, o tendida por el suelo, es de lo menos práctico que hay, pues dificulta las tareas de mantenimiento sin la posibilidad de hacer conexiones en ampliaciones, además no se puede purgar correctamente, almacenando humedad.

d) Si por circunstancias de fuerza mayor, hubiese que colocar las tuberías en alguna galería de servicio, se procurara que no se estorben, por otra parte por medidas de seguridad se evitará que se establezca contacto con cables eléctricos.

e) Al montar las conducciones, se procurará sujetar las de tal manera que cuando se produzcan fluctuaciones de temperatura, puedan desarrollar las variaciones longitudinales sin tensiones ni deformaciones. La consecuencia de una sujeción defectuosa o de montaje poco cuidadoso, es la formación de compás y sifones, con la consiguiente bolsa de agua.

f) No deben hacerse nuevas tomas o salidas de aire en tuberías existentes sin comprobar antes si sus diámetros son suficientes para una cantidad adicional de aire comprimido.

g) Las tuberías principales deben ser ampliamente dimensionadas para poder atender la demanda de aire sin pérdida excesiva de presión y estar ligeramente inclinadas (de 1 a 2%) en el sentido del flujo del aire, a fin de que el agua que se condense drene en la misma dirección que tiene el aire comprimido, colocando en el extremo de la tubería un ramal de bajada provisto de una purga manual o automática para evacuar el agua acumulada.

h) Colóquense siempre llaves de paso en los ramales principales y secundarios, con el objeto de que se puedan revisar las tuberías o hacer nuevas derivaciones de las mismas sin necesidad de esperar que se produzca un tiempo de parada o de tener que dejar fuera de servicio a los compresores.

i) Cuando se tiene un cambio de pendiente o de dirección, debe preverse una toma para colocar una purga, para que el agua no quede estancada.

j) Las tomas de aire para bajadas o tuberías de servicio no deben hacerse nunca en la parte inferior de la tubería sino por la parte superior a fin de evitar que el agua condensada, que circula, pueda ser recogida por efecto de la gravedad y llevada a los distintos equipos neumáticos conectados. Debe preverse un grifo de purga en su final.

k) Es conveniente atender los problemas de humedad

estudiando si es necesario un secado total o parcial del ai  
re.

l) La disposición de las purgas será por la parte inferior de las tuberías y en los puntos bajos de la instalación.

m) Utilizar la unidad de mantenimiento en cada --  
circuito neumático.

### 1.5.1. Cálculo del Diámetro de Tubería y Tipos de Tubería.

#### Cálculo del Diámetro.

Quando se transporta un fluido a través de una tubería se produce inevitablemente, una pérdida de presión que se traduce en consumo de energía y por tanto un aumento en los costos de explotación.

La disminución de presión se produce por rozamiento de los tubos rectos y por las resistencias debidas a variaciones de dirección de los conductos, así como por las resistencias individuales de estos últimos.

Para tratar de eliminar al máximo este conjunto de pérdidas es necesario dimensionar correctamente la tubería. Desde el punto de vista explotación, no existe ningún riesgo en que una tubería se sobredimensione la caída de presión, en este caso será menor y la tubería funcionará como depósito de aire. El costo adicional como consecuencia de un cierto aumento de la dimensión es insignificante comparado con los gastos que pueden originarse si la red tuviera que renovarse al cabo de algún tiempo.

El cálculo del diámetro de la tubería la podemos realizar de una manera teórica, mediante la siguiente fórmula:

$$AP = \frac{\beta}{RT} \cdot \frac{v^2}{D} \cdot L \cdot P$$

En donde:

AP = Caída de presión

P = Presión (bars)

R = Constante del gas equivalente a 2927 para el aire.

D = Diámetro interior de la tubería (mm)

$\beta$  = Coeficiente de resistencia.

- T = Temperatura absoluta  
 L = Longitud de tubería  
 v = Velocidad del aire en (m/seg)

Despejando en diámetro tenemos:

$$D = \frac{\beta}{RT} \cdot \frac{v^2}{AP} \cdot L \cdot P$$

Sin embargo existe un nomograma en el que se puede encontrar el diámetro que se busca de una manera mucho más rápida, teniendo los siguientes datos:

- L = Longitud de tubería (m)  
 Q = Gasto o caudal del aire (l/seg)  
 P = Presión de trabajo (bars)  
 AP = Pérdida de carga o caída de presión (bars)

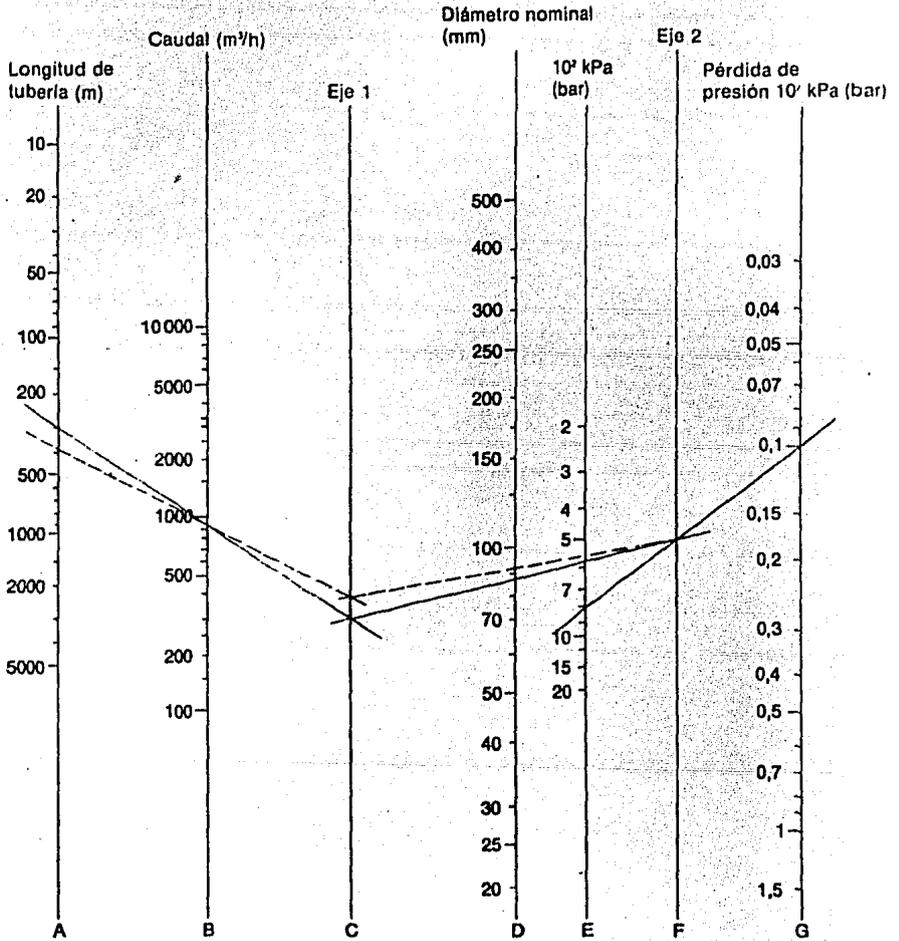
A continuación a manera de explicación se realizará un ejemplo con los siguientes datos:

- L = 300 mts.  
 Q = 930 l/seg  
 P = 8 bars  
 ΔP = 0.1 bars

Sobre el nomograma de la fig. 11 se localizan todos estos datos. Posteriormente se unen por medio de una línea recta los valores localizados en las columnas A y B. Esta línea se prolonga hasta intersectar la columna C en el punto c. Después se unirán con otra línea recta los puntos localizados en las columnas E y G. Esta línea recta intersectará la columna F en el punto f. Finalmente se deberán unir los puntos c y f de sus correspondientes columnas C y F, -- por una línea recta que cortará la columna D en el valor del diámetro que buscamos.

Fig. 11

## Nomograma (diámetro de tubería)



Tomado del manual de neumática de FMA Pokorny, Francfort

Entonces:

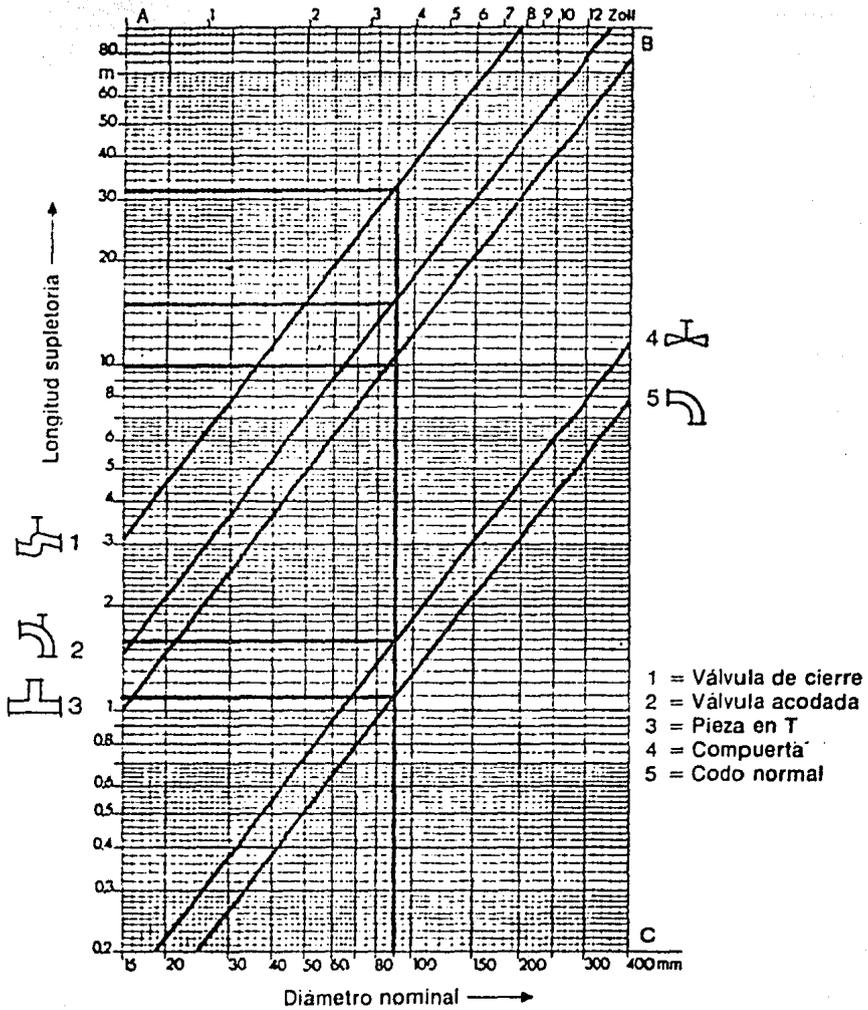
$$D = 89 \text{ mm.}$$

Una instalación de tubería presenta normalmente: codos, tes y diferentes tipos de válvulas; obstáculos que también producen una pérdida de presión suplementaria. A efectos de cálculo y con el objeto de encontrar un resultado rápido, con una aproximación aceptable, basta añadir a la longitud propia de la tubería que estamos proyectando, un suplemento de longitud de tubería que compense la pérdida de presión ocasionada por dichos elementos. En la gráfica de la fig. 12 podemos encontrar la longitud equivalente en pérdidas de los dispositivos más usados en la práctica.

Una vez conocida la longitud suplementaria se suma a la longitud real para corregir el diámetro de la tubería que hemos encontrado.

Fig. 12

Nomograma (longitudes supletorias)



### - Tipos de Tuberías.-

Para el transporte de aire comprimido desde el depósito hasta los lugares de utilización, se emplea una red de conducciones bajo el nombre genérico de Tuberías.

Se pueden considerar tres tipos de Tuberías:

- Tubería Principal
- Tuberías Secundarias
- Tuberías de Servicio

#### • Tubería Principal.

Se denomina Tubería Principal, a la línea de aire que sale del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire. Debe tener la mayor sección posible y prever un margen de seguridad en cuanto a ampliaciones futuras de fábrica, y por consiguiente, a un aumento central de compresores.

La velocidad máxima, del aire recomendable en este tipo de tuberías es de 8 m/seg.

#### - Tuberías Secundarias.

Son las que toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las áreas de trabajo y de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal de aire que transportan será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ellas se derivan. También es conveniente prever alguna ampliación al calcular su diámetro.

#### • Tuberías de Servicio o Bajadas.

Son las que alimentan a los equipos neumáticos. Llevan los enchufes rápidos y las mangueras de aire, así como la unidad de mantenimiento.

Se deben dimensionar conforme al número de salidas o tomas, procurando que no se coloquen más de dos o tres enchufes rápidos en cada una de ellas.

## CAPITULO II ELEMENTOS NEUMATICOS.

Mediante la utilización de los Elementos Neumáticos podemos obtener la automatización de los más variados procesos industriales. Claro está, esto lo podemos obtener sólo mediante la combinación de dichos elementos. Debido a que éstos se utilizan con gran frecuencia, a continuación se detallan las características más importantes de ellos.

Los Elementos Neumáticos, los podemos dividir en dos grupos; que son: Elementos de Trabajo y Elementos de Control.

### 2.1. Elementos de Trabajo.

Los elementos de trabajo (cilindros y motores neumáticos) son los órganos motrices y su misión es la de generar un movimiento lineal o giratorio.

Este trabajo lo desarrollan mediante la transformación de la energía potencial, energía a presión, en energía mecánica.

Estos elementos los podemos dividir en tres grupos:

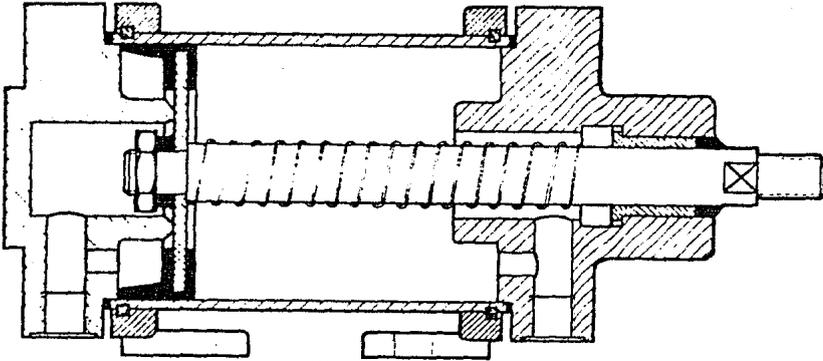
#### 2.1.1. - Cilindros de Simple Efecto.

Estos elementos desarrollan trabajo en un sólo sentido, ya que tienen un único orificio para el suministro del aire comprimido y así cumplir con su trabajo al desplazar el vástago del mismo en un determinado sentido, en sentido contrario no es necesario la utilización del aire a presión, el retroceso se lleva a cabo mediante la acción de una fuerza externa o la utilización de un muelle. Este muelle está diseñado de tal manera que el retroceso sea lo más

rápido posible pero sin desarrollar trabajo alguno.

Para los cilindros de simple efecto con retroceso por resorte, desde el punto de vista comercial, existe una limitación de la carrera. Esta limitación es que la carrera máxima, en este tipo de cilindros es de 100 mm.

Fig. 13 Cilindro de Simple Efecto.

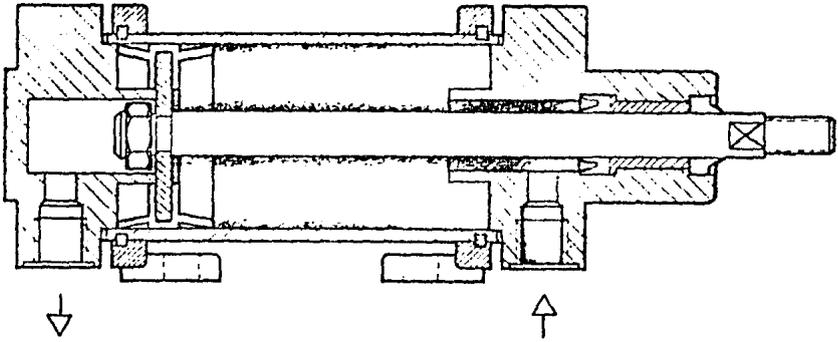


### 2.1.2. - Cilindros de Doble Efecto.

Con estos cilindros podemos realizar trabajo en ambas direcciones, es decir, podemos aprovechar los movimientos tanto en el avance como en el retroceso; ya que cuentan con dos orificios de alimentación de aire comprimido. Al suministrar aire por uno de ellos, el otro se debe conectar a la atmósfera, con esto se obtiene un movimiento ya sea de avance o de retroceso, para obtener el movimiento contrario se procede a la inversa. Este tipo de cilindros no requiere de resorte alguno ya que ambos utilizan aire a presión. Por tanto se puede decir que no tiene limitación en la carrera pero sin embargo esta limitación sí existe, porque para carreras muy grandes se presentan pandeos en el vástago.

Comercialmente existen cilindros de doble efecto con carreras máximas de dos metros.

Fig. 14 Cilindro de Doble Efecto.



### 2.1.3. Diferentes tipos de Cilindros para los más variados usos.

#### - Cilindros de Embolo.

La estanqueidad se logra con un material flexible (perbunano) que recubre el pistón metálico o de material plástico. Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro.

En la segunda ejecución aquí mostrada, el muelle realiza la carrera de trabajo; el aire comprimido hace retornar el vástago a su posición inicial. Aplicación: frenos de camión y trenes. Ventajas: frenado instantáneo en cuanto falla la energía.

Fig. 15

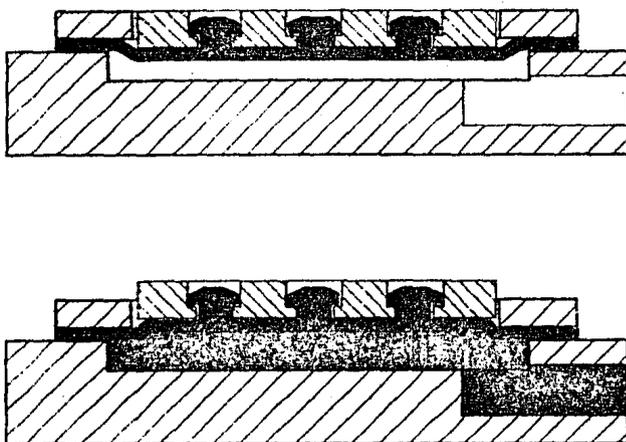


- Cilindros de Membrana,

Una membrana de goma plástica o metal reemplaza aquí el émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana. No hay piezas que se deslicen; se produce un rozamiento únicamente por la dilatación del material.

Aplicación: se emplea en la construcción de dispositivos y herramientas, así como para estampar, remachar y fijar en prensas.

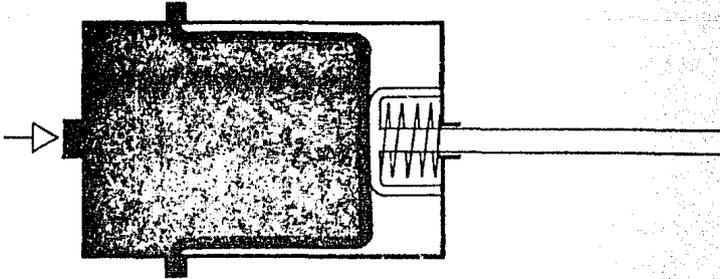
Fig. 16 Cilindro de Membrana.



- Cilindros de Membrana Arrollable.

La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores. También se emplea una membrana, que cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago. Las carreras son mucho más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm). El rozamiento es mucho menor.

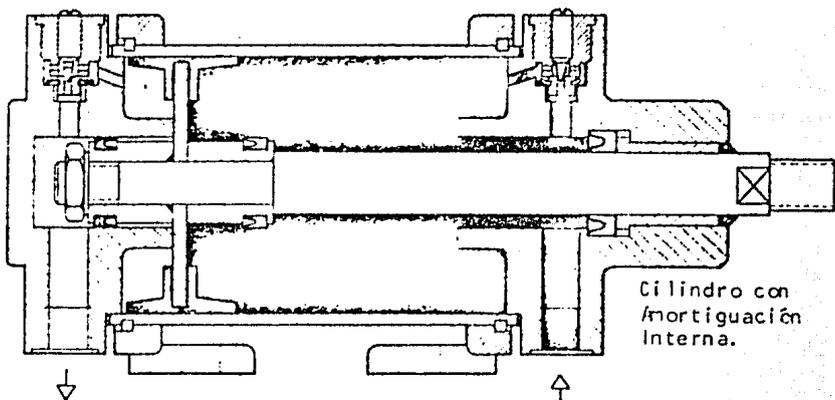
Fig. 17 Cilindro de Membrana Arrollable.



#### - Cilindros con Amortiguación Interna.

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, y con el objeto de evitar un choque brusco y daños se utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, el émbolo amortiguador corta la salida directa del aire exterior. En cambio, se dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable.

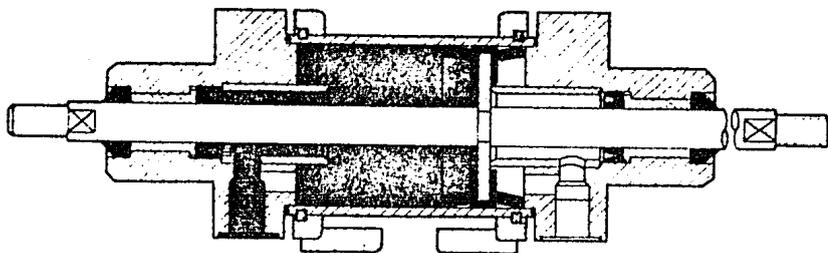
El aire comprimido se contrae aún más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobrepresión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas antirretorno y de estrangulación montadas (sección de escape pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula antirretorno.



- Cilindros de Doble Vástago.

Este tipo de cilindro tiene un vástago corriendo hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, - porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre estos dos permanece constante. Por eso estos cilindros pueden -- absorber también cargas laterales. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre del vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales).

Fig. 19 Cilindro de Doble Vástago

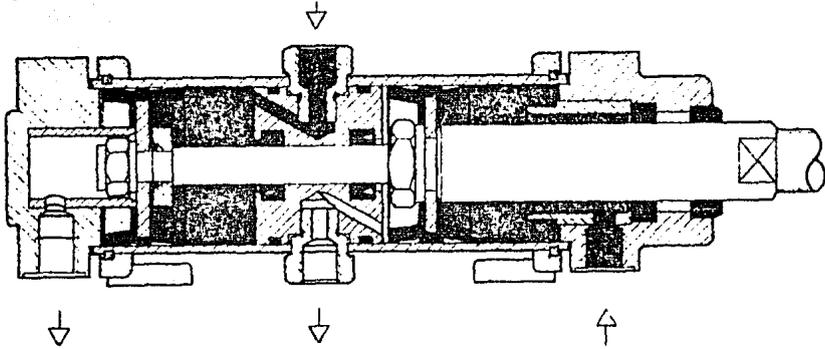


- Cilindros Tándem.

Está constituido por dos cilindros de doble

efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal del mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio determinado, no siendo posible utilizar cilindros de un diámetro mayor.

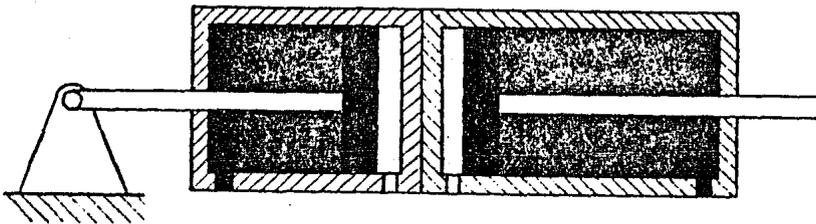
Fig. 20 Cilindro Tándem.



- Cilindro Multiposicional.

Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Estos elementos están acoplados como muestra el esquema. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro. En el caso de dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones.

Fig. 21 Cilindro Multiposicional.

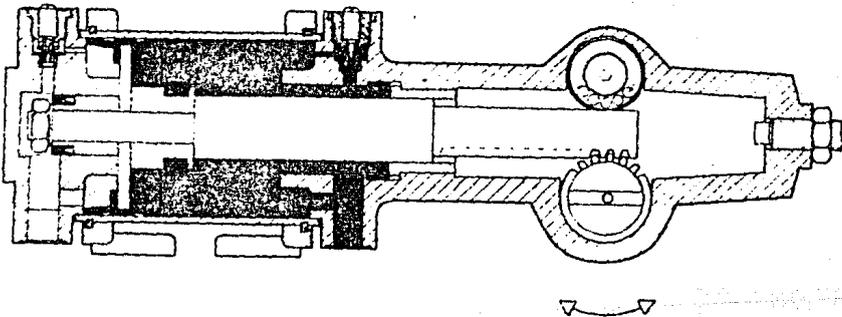


### - Cilindros de Giro

En esta ejecución de cilindro de doble efecto el vástago tiene acoplada una cremallera que acciona el piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $290^\circ$ , hasta  $720^\circ$ . Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste.

Los accionamientos de giro se emplean para voltear piezas, doblar tubos metálicos, regular acondicionadores de aire, accionar válvulas de cierre, válvulas de tapa, etc.

Fig. 22 Cilindro de Giro.



#### 2.1.4. Características de los Cilindros de Simple y Doble Efecto.

##### 2.1.4.1. Fuerza.

La fuerza que se obtiene en el vástago de los cilindros depende directamente del diámetro del émbolo y de la presión del aire utilizado. Entre mayor sea este diámetro o el valor de la presión, mayor será la fuerza. De esto

podemos deducir que:

$$\text{Fuerza} = \text{Area} \times \text{Presión}$$

Es necesario tener en cuenta también las fuerzas de fricción entre el émbolo y la camisa del cilindro, y el vástago con el cojinete (estopero). En la práctica estas fuerzas tienen valores de entre un tres y un diez % de la fuerza calculada.

a) Cilindros de Simple Efecto.

En este caso además de descontar la fuerza de fricción se debe restar también la fuerza del resorte.

Entonces:

$$F_a = P \cdot A - F_f - F_R$$

$$F_a = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{4} - F_f - F_R$$

b) Cilindros de Doble Efecto.

Como en estos cilindros no existe resorte, no es necesario descontar ninguna fuerza de este tipo pero si es preciso tomar en cuenta que las fuerzas para el avance y el retroceso son diferentes.

$$F_a = P \cdot A - F_f$$

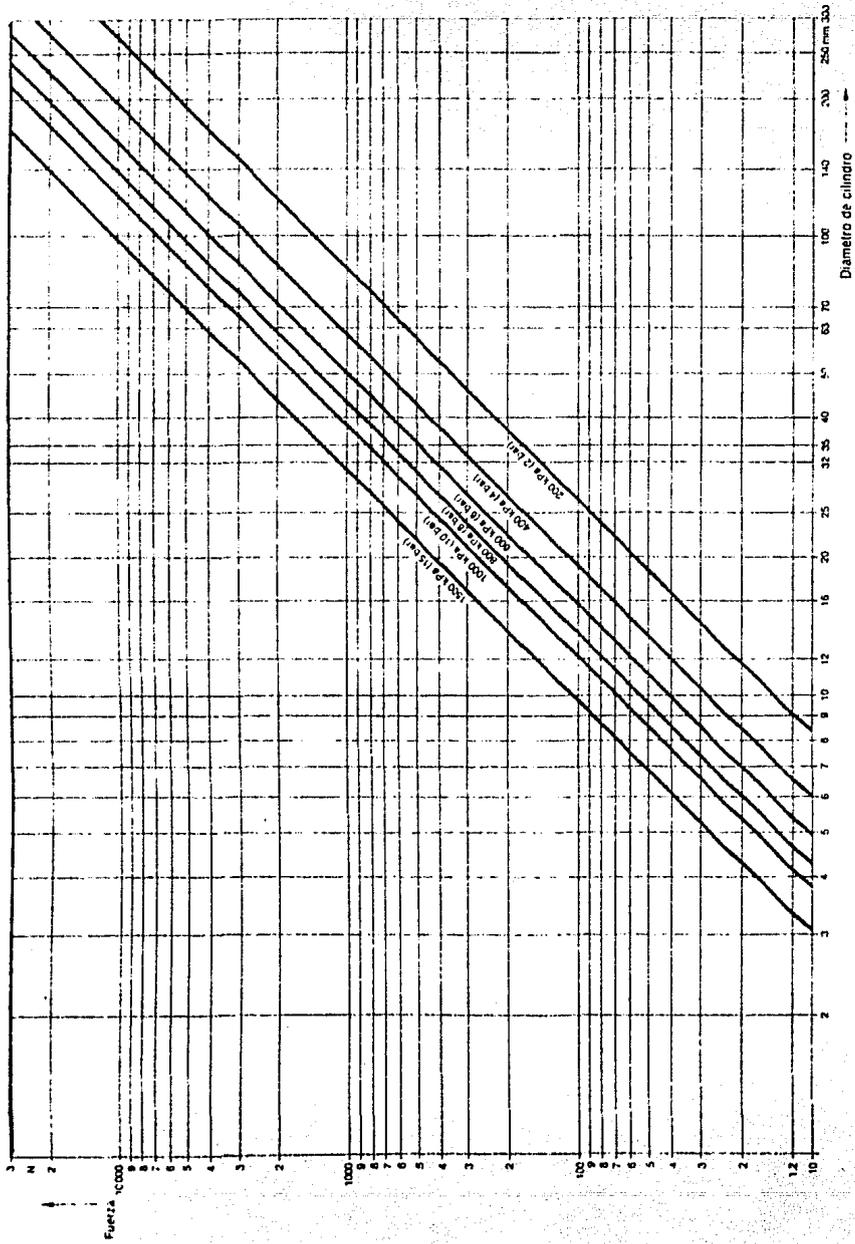
$$F_r = P(A - A_0) - F_f$$

$$F_a = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{4} - F_f$$

$$F_r = \frac{P \cdot \pi (D^2 - d^2)}{4} - F_f$$

Fig. 23

Diagrama Presión-Fuerza



$F_a$  = Fuerza en el avance  
 $F_r$  = Fuerza en el retroceso  
 $F_f$  = Fuerza de fricción  
 $F_R$  = Fuerza del resorte  
 $D$  = Diámetro del émbolo  
 $d$  = Diámetro del vástago  
 $A$  = Area del émbolo  
 $A_o$  = Area del vástago  
 $P$  = Presión de aire

En la práctica no se acostumbra obtener la fuerza mediante esta fórmula. Lo que normalmente se hace es recurrir a tablas que proporcionan los diferentes fabricantes de este equipo en las que incluso ya están calculadas las fuerzas de fricción  $F_f$ . Esta tabla tiene la forma como la que se ilustra en la fig. 23

#### 1.4.2. Consumo de Aire.

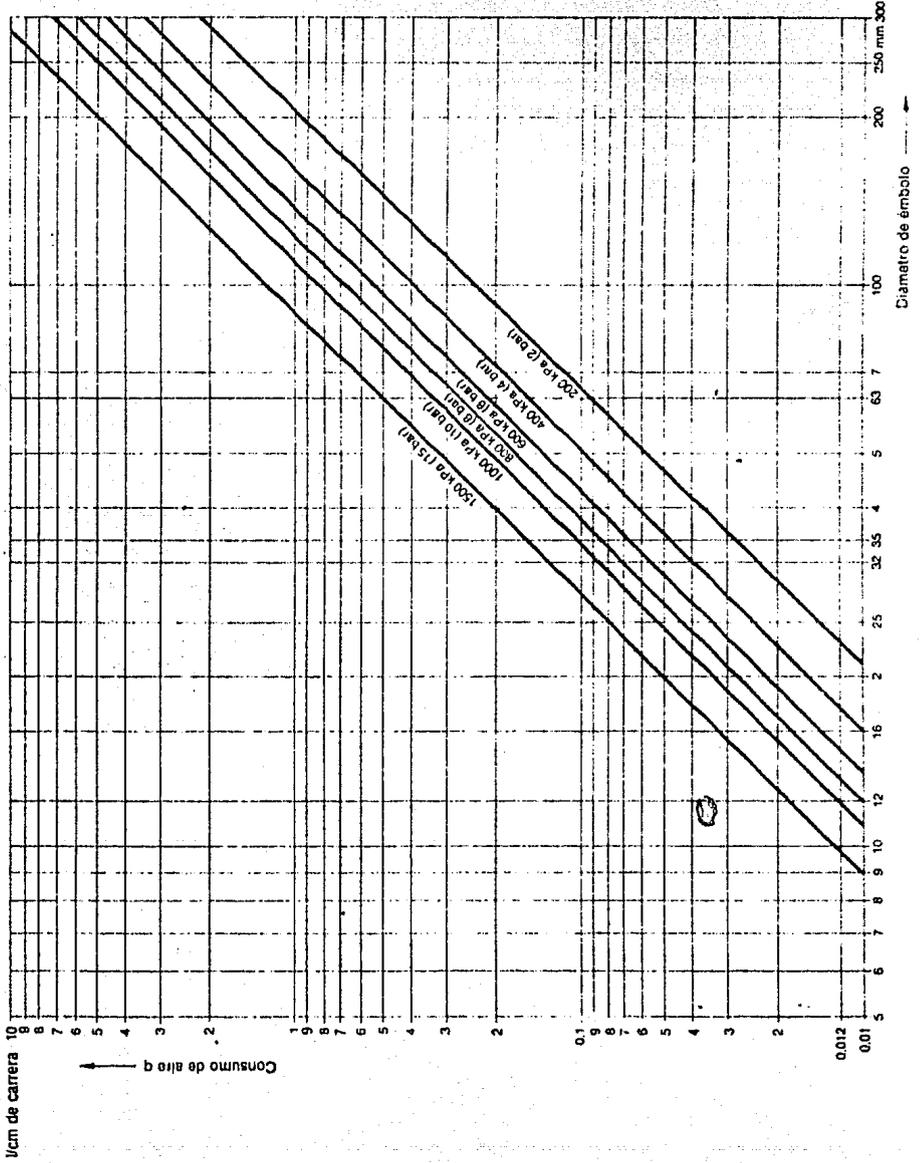
Es de gran importancia conocer el consumo de aire de los diferentes elementos de trabajo. Es necesario conocer este consumo, por ejemplo para determinar la capacidad del compresor ya que para conocer la capacidad de éste es indispensable saber cuáles son los requerimientos de aire de todos los elementos de trabajo en conjunto. También se requiere para conocer cuánto cuesta en dinero, el trabajo que desarrollan ya sea los cilindros o los motores neumáticos y así contribuir al cálculo del costo del producto que se esté fabricando.

Para obtener este consumo se utiliza la siguiente fórmula:

##### a) Cilindro de Simple Efecto.

$$Q = A \cdot s \cdot n \times R_c$$

Fig. 24 . Diagrama de consumo de aire



$$Q = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n \cdot R_c$$

b) Cilindro de Doble Efecto

$$Q = 2A \times s \times n \times R_c$$

$$Q = 2D^2 \frac{\pi}{4} \times s \times n \times R_c$$

y de una manera similar a como se ha estado haciendo, en la práctica se usa una tabla donde se obtiene directamente el valor de  $R_c$  multiplicado por el área del émbolo. A este valor se le identifica como "q". Por lo tanto las fórmulas anteriores se convierten en:

a) Cilindros de Simple Efecto

$$Q = s \times n \times q$$

b) Cilindros de Doble Efecto

$$Q = 2(s \times n \times q)$$

Q = Consumo de Aire (l/min.)

s = Longitud de la carrera (cm)

n = Cantidad de ciclos/ min

$R_c$  = Relación de compresión

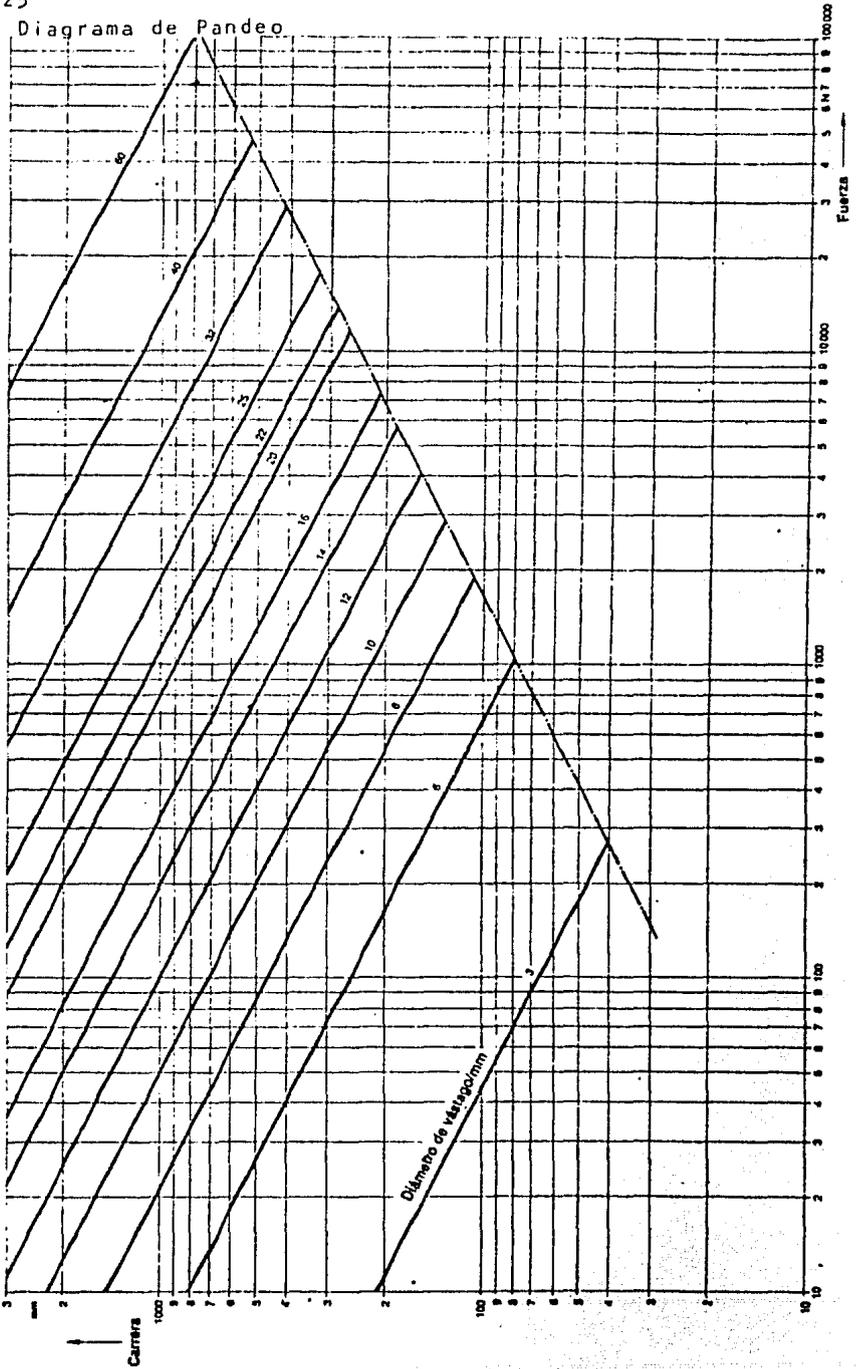
q = Consumo de aire por cm. de carrera. (l/cm carrera)

#### 2.1.4.3. Selección de Vástago.

Este punto es de gran importancia ya que dependiendo de la atención que se le ponga, se tendrán o no problemas posteriores.

Toda empresa que se dedique a la fabricación -

Fig. 25



de equipo neumático, debe por lo menos ofrecer dos diámetros de vástago diferentes. Esto es para evitar al máximo los posibles pandeos o flexiones del vástago de los cilindros.

Este fenómeno se presenta cuando la fuerza que desarrolla en el vástago y la carrera del mismo son grandes.

Para seleccionar cuál de los dos vástagos utilizamos en un determinado cilindro, se procede de la siguiente manera: Para esto recurrimos a la gráfica de la fig. 25 en -- donde primeramente se localiza en el eje de las "x", el valor de la fuerza; a continuación se traza una línea vertical desde el punto que hemos localizado hasta intersectar la línea que corresponde al vástago del diámetro normal o reforzado. En este punto se traza una línea horizontal hasta intersectar el eje de las "y" en donde obtenemos el valor máximo que se recomienda para la carrera del cilindro a una determinada fuerza y con un diámetro de vástago normal o reforzado.

#### 2.1.5. Motores Neumáticos.

Su ángulo de giro no está limitado y hoy es también uno de los elementos de trabajo más empleados que utilizan aire comprimido, según su concepción, se distinguen en:

- Motores de émbolo.
  - Motores de aletas.
  - Motores de engranaje.
  - Turbomotores.
- Motores de émbolo.

Este tipo se subdivide además en motores de émbolo axial y de émbolo radial. Por medio de cilindros de movimiento alternativo, el aire comprimido acciona, a través de una

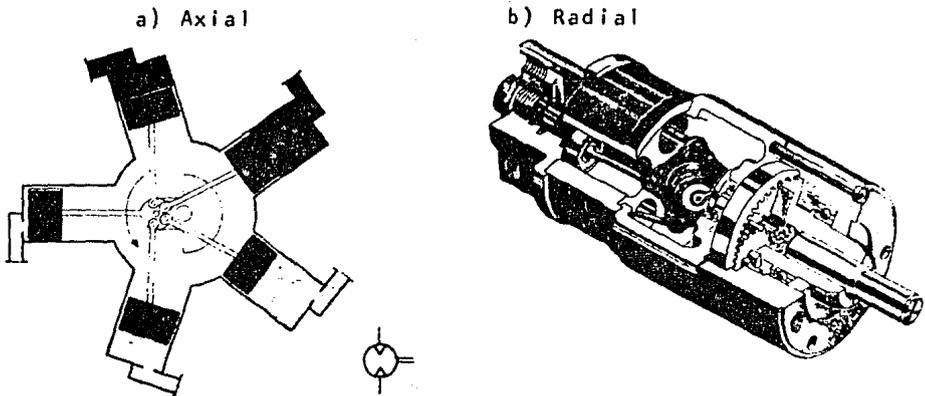
biela, el cigüeñal del motor. Se necesitan varios cilindros con el objeto de asegurar un funcionamiento libre de sacudidas. La potencia de los motores depende la presión de entrada, del número de émbolos y de la superficie y velocidad de éstos.

El funcionamiento del motor de émbolos axiales es idéntico al de émbolos radiales. En cinco cilindros dispuestos axialmente, la fuerza se transforma por medio de un plato oscilante en un movimiento rotativo. Dos cilindros reciben aire comprimido simultáneamente con el objeto de equilibrar el par y obtener un funcionamiento tranquilo.

Estos motores de aire comprimido se ofrecen para giro a derechas y giro a izquierdas.

La velocidad máxima es de unas  $5000 \text{ min}^{-1}$ , y la potencia a presión normal, varía entre 1.5 y 19 Kw (2-25 CV).

Fig. 26 Motor de émbolo



↳ Motores de aletas.

Por su construcción sencilla y peso reducido, los motores de aire comprimido generalmente se fabrican como máquinas de rotación. Constituyen entonces, en su principio,

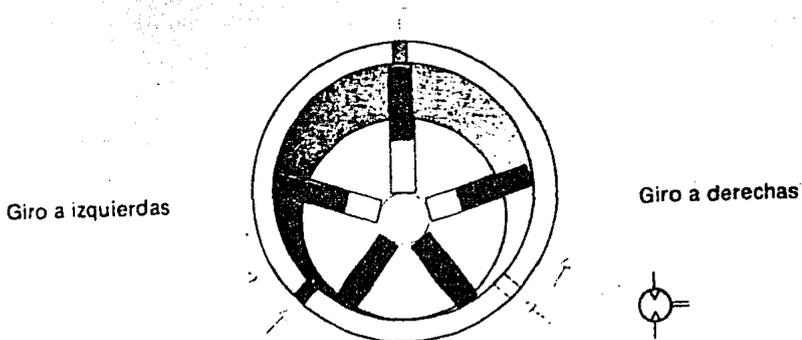
la inversión del compresor multicelular (compresor rotativo)

Un rotor excéntrico dotado de ranuras gira en una cámara cilíndrica. En las ranuras se deslizan aletas, que son empujadas contra la pared interior del cilindro por efecto de la fuerza centrífuga garantizando así la estanqueidad de las diversas cámaras. Bastan pequeñas cantidades de aire para empujar las aletas contra la pared interior del cilindro en parte antes de poner en marcha el motor.

En otros tipos de motores, las aletas son empujadas por la fuerza de resortes. Por regla general estos motores tienen de tres a diez aletas, que forman las cámaras en el interior del motor. En dichas cámaras puede actuar el aire en función de la superficie de ataque de las aletas. El aire entra en la cámara más pequeña y se dilata a medida que el volumen de la cámara aumenta.

La velocidad del motor varía entre 3,000 y 8,500  $\text{min}^{-1}$ . También de este motor hay unidades de giro a derechas y de giro a izquierdas, así como de potencias conmutables de 0.1 a 17 KW (0.1 a 24 CV).

Fig. 27 Motor de Aletas.



- Motores de engranajes.

En este tipo de motor el par de rotación es engendra

do por la presión que ejerce el aire sobre los flancos de los dientes de piñones engranados. Uno de los piñones es solidario con el eje del motor.

Estos motores de engranaje sirven de máquinas propulsoras de gran potencia 44 kW (60 CV).

El sentido de rotación de estos motores, equipados con dentado recto o helicoidal, es reversible.

- Turbomotores.

Pueden utilizarse únicamente para potencias pequeñas pero su velocidad es muy alta (tornos neumáticos de dentista de hasta  $500,000 \text{ min}^{-1}$ ). Su principio de funcionamiento es inverso al de los turbocompresores.

- Características de los Motores de Aire Comprimido.

- Regulación sin escalones de la velocidad de rotación y del par del motor.
- Gran selección de velocidades de rotación.
- Pequeñas dimensiones (y reducido peso).
- Gran fiabilidad, seguros contra sobrecarga.
- Insensibilidad al polvo, agua, calor y frío.
- Ausencia de peligro de explosión.
- Reducido mantenimiento.
- Sentido de rotación fácilmente reversible.

## 2.2. Elementos de Control (Válvulas en General).

Para que los elementos de trabajo desempeñen la función que requerimos es necesario disponer de los elementos de control. Los elementos que se emplean en la neumática para desarrollar este control son las válvulas de vías. Estas válvulas de vías pueden ser accionadas con los diferentes tipos de energía. La selección del tipo de energía a utilizar depende de las características de un determinado proceso y medio.

Según la función que realizan las válvulas neumáticas las podemos clasificar de la siguiente manera:

- Válvulas de vías.
- Válvulas - Válvulas de bloqueo.
- Neumáticas. - Válvulas reguladoras de presión.
- Válvulas reguladoras de flujo.

Definición de válvula según Norma DIN 24300.

" Las válvulas son dispositivos para controlar o regular el arranque, paro y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por una bomba hidráulica, un compresor, una bomba de vacío o acumulado en un depósito. La denominación de válvula es de significado superior - correspondiendo al uso internacional del idioma - para todas las formas de construcción tales como válvulas de compuerta, válvulas de bola, válvulas de plato, grifos, etc".

### 2.2.1. Válvulas de Vías.

Estas válvulas determinan el arranque, paro y dirección del aire comprimido.

Las válvulas de vías pueden ser de dos, tres, cuatro o más orificios, cada uno de estos orificios es una vía (sin incluir los pilotajes).

Para representar las válvulas se utilizan símbolos; estos símbolos de ninguna manera representan el sentido constructivo del elemento, su labor es únicamente dar una idea de su funcionamiento.

Estas válvulas se representan por cuadrados.



La cantidad de cuadrados indica la cantidad de posiciones que puede tener la válvula.



En el interior de estos cuadrados se representa, de una manera esquemática, por medio de flechas el sentido de circulación del aire a presión.



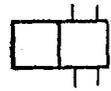
Cuando no hay flujo de aire se representa por medio de líneas transversales.



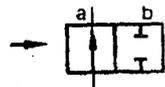
La unión de las canalizaciones es representada por un punto.



Las conexiones (entradas y salidas) se indica por trazos. En el cuadrado se representa la posición de reposo.

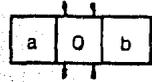


La otra posición se obtiene por la traslación lateral del cuadrado, hasta coincidir con la líneas que indica en el párrafo anterior.



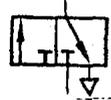
Las posiciones pueden ser diferenciadas por números o letras.

Válvula con tres posiciones, cuatro vías -  
(posición intermedia de reposo o cero).

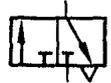


El escape de aire se representa de dos formas diferentes:

- Cuando el orificio de escape tiene rosca.



- Cuando el orificio de escape no tiene rosca.



La designación de una válvula está en función de su cantidad de vías y la cantidad de posiciones que pueda tener.

Una válvula que tenga en su símbolo dos cuadrados, dos posiciones, tres conexiones, tres vías, la designación se hace de la siguiente manera:

#### válvula 3/2 vías

En donde el numerador, en este caso 3, indica el número de vías, y el denominador 2, indica el número de posiciones.

También se debe aclarar si en la posición de reposo, posición cero, existe o no flujo de aire. Esto se indica de la siguiente manera.

Para las válvulas de dos posiciones, la de reposo está indicada por el cuadrado de la derecha.

En el caso de una válvula de tres posiciones la posición central representa el estado de reposo.

Si en la posición de reposo existe flujo de aire se dice que se trata de una válvula Normalmente Abierta (N.A) y si no existe flujo se trata de una válvula Normalmente Cerrada (N.C).

Para evitar errores en el montaje de estos elementos -

los orificios, para las conexiones, se identifican por letras o bien, según una nueva norma, por medio de números.

En el siguiente cuadrado se explican estas designaciones.

Orificios	Letras	Números
Alimentación	P	1
Utilización	A, B, C...	2, 4, 6...
Escapes	R y S	3 y 5
Pilotajes	Z y Y	12 y 14

### 2.2.1.1. Tipos de Accionamientos de las válvulas de vías.

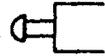
Según su utilización, las válvulas de vías distribuidoras pueden accionarse de diferentes modos. Los símbolos de los elementos de accionamiento se colocan horizontalmente a los lados de los cuadrados.

#### - Accionamientos Musculares.

General



Pulsador



Palanca



Pedal

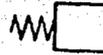


- Accionamientos Mecánicos.

Leva



Muelle



Rodillo



Rodillo Escamoteable.



- Accionamientos Eléctricos

Electroimán con un solo arrollamiento



Electroimán con dos arrollamientos de acción en el mismo sentido.



Con dos arrollamientos de acción recíproca.



- Accionamientos Neumáticos

Accionamientos Directos.

Por presión



Por depresión



Por diferencia de áreas



- Accionamientos indirectos

Servopilotaje positivo

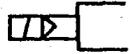


Servopilotaje negativo



- Accionamiento combinado

Electroimán y servopilotaje neumático.

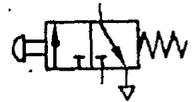


Electroimán o neumático (válvula de servopilotaje)



Ejemplo 1:

Válvula distribuidora 3/2, mandada por un pulsador; el reposicionamiento tiene lugar mediante un muelle.



Ejemplo 2:

Válvula distribuidora 4/2, mandada directamente por presión neumática; el reposicionamiento tiene lugar mediante un muelle.



### 2.2.1.2. Válvulas de Bloqueo.

Las válvulas de bloqueo cortan el paso de aire comprimido y de ello se deriva su nombre. En ellas siempre se bloquea un sólo sentido de paso; el otro está libre. Las válvulas de bloqueo están construidas de tal manera que el aire comprimido actúa sobre la pieza de bloqueo, reforzando el efecto de cierre.

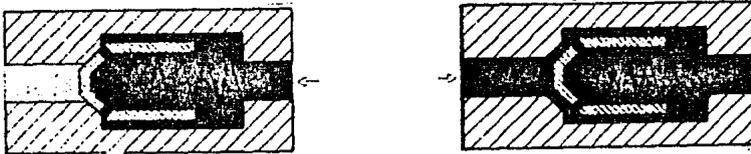
Dentro de las válvulas de bloqueo las empleadas más frecuentemente en los equipos neumáticos son las siguientes

#### - Válvulas de Retención.

Esta es la válvula de bloqueo más sencilla, en ella puede existir flujo de aire en un sentido, pero no en sentido opuesto.

Tan pronto como la presión de entrada, en el sentido de paso, aplica una fuerza superior a la del resorte incorporado, se desplaza el elemento de cierre del asiento de la válvula. Fig. 28

Fig. 28 Válvula de Retención

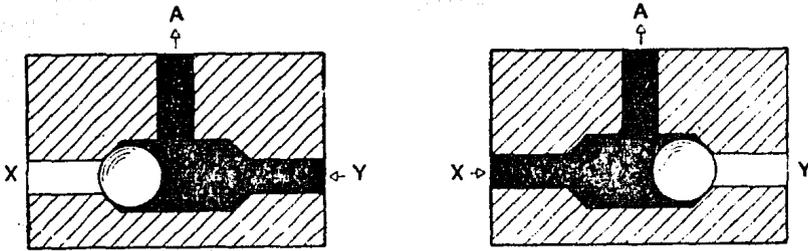


#### - Válvula Selectora.

La válvula selectora tiene dos entradas y una salida.

El efecto de bloqueo actúa siempre en el sentido de una de las dos entradas quedando libre el paso de aire de la otra entrada a la salida. Fig. 29

Fig. 29 Válvula Selectora

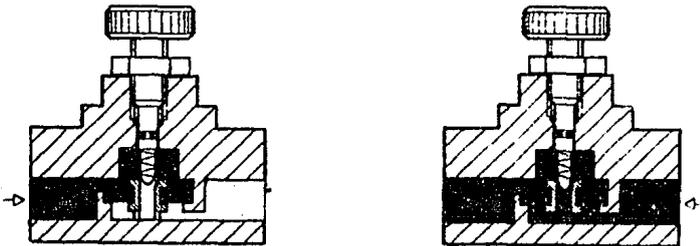


- Válvula Estranguladora con Retención.

También conocida como reguladora de velocidad. Esta válvula realmente es una combinación de otras dos. Desde el punto de vista estrangulación es una válvula de flujo. La función de retención la hace ser al mismo tiempo una válvula de bloqueo.

Por regla general el grado de estrangulación, en estas válvulas es variable pudiéndose ajustar el flujo circulante. El efecto de estrangulación sólo actúa en un sentido de circulación, siendo libre el paso en el sentido opuesto a través de la válvula de retención. Fig. 30

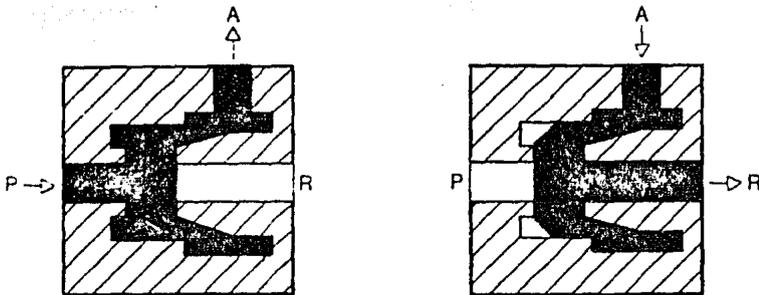
Fig. 30 Válvula Estranguladora con Retención



## - Válvula de Purga Rápida.

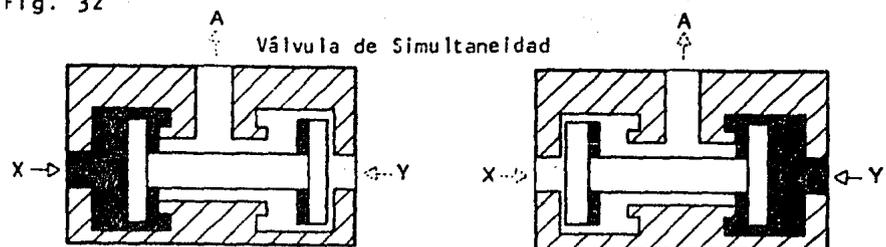
Las válvulas de purga rápida sirven para desalojar el aire, lo más rápidamente posible, de un depósito del cual sea necesario eliminar dicho aire. En este caso existen dos bloqueos. El primero es cuando al alimentar el aire por 1(P) se bloquea el escape 3(R) y el aire sale por 2(A); y el segundo es cuando se va a eliminar el aire entrando por 2(A) para salir por 3(R) bloqueándose la entrada 1(P). Fig. 31

Fig. 31 Válvula de Purga Rápida



## - Válvula de Simultaneidad.

Una válvula de este tipo tiene dos entradas y una salida. La señal de salida existe sólo cuando están presentes las dos señales de entrada. En caso de que exista una diferencia de presión entre las dos señales de entrada, pasa a la salida la de valor más bajo. Y si existe una diferencia en el tiempo de presencia de ambas señales, teniendo el mismo valor de presión, se presentará a la salida la segunda. Fig.32



### 2.2.1.3. Válvulas de Presión.

A diferencia de la hidráulica, en neumática se emplean poco las válvulas de presión.

Las válvulas de presión influyen sobre la presión del aire comprimido en circulación.

Dentro de las válvulas de presión las empleadas más frecuentemente son las siguientes:

#### - Válvula Limitadora de Presión.

Esta válvula impide sobrepasar la presión máxima admisible en un sistema. Es un componente de todo un equipo productor de aire comprimido, pero apenas se emplea en los equipos de automatización neumática. La válvula limitadora de presión se utiliza como elemento de seguridad, puesto que al sobrepasarse la presión máxima admisible se acciona un mecanismo que permite desalojar a la atmósfera el exceso de presión hasta obtener el valor nominal; cerrándose el escape una vez que se ha recuperado este valor.

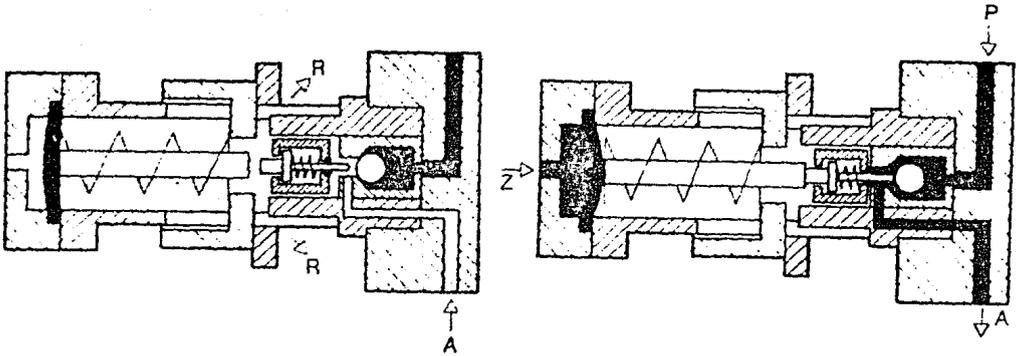
#### - Válvula de Secuencia.

El funcionamiento de esta válvula es muy similar al de la válvula limitadora de presión. La diferencia entre estas dos válvulas radica en su aplicación.

La salida de una válvula de secuencia permanece bloqueada hasta que se alcanza la presión seleccionada; sólo entonces la válvula permite circular el aire comprimido de 1(P) hacia 2(A). En los equipos neumáticos, las válvulas de secuencia se requieren en donde deba utilizarse una presión mínima para el funcionamiento de un determinado equipo y por lo tanto debe evitarse el proceso de una maniobra con una presión inferior. Además se emplea también donde deben conectarse consumidores con preferencia. Que estos trabajen

normalmente y los restantes consumidores sólo deban alimentarse cuando haya suficiente presión. Fig. 33

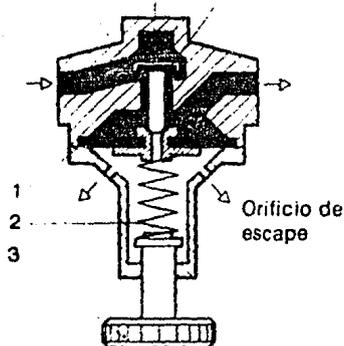
Fig. 33 Válvula de Secuencia.



- Válvula de Regulación de Presión.

El regulador de presión tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible independientemente de las variaciones de presión de la red -- (primaria) y el consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. La presión es regulada por la membrana (1), que es sometida, por un lado, a la presión del trabajo, y por otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3). Fig. 34

Fig. 34 Válvula de Regulación de Presión

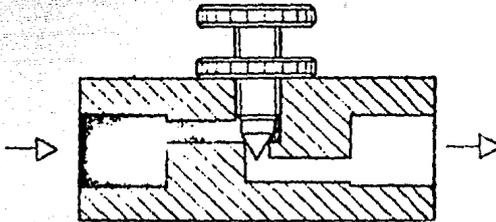


#### 2.2.1.4. Válvula de Flujo

Las válvulas de flujo actúan de manera preferente sobre el caudal (flujo), se limita exclusivamente al caudal circulante. En Neumática sólo se emplea para esta finalidad.

Esta válvula también se conoce como de estrangulación. Las estrangulaciones pueden ser constantes o variables. En la práctica sólo se emplean estas últimas. La posibilidad de realizar estos ajustes viene indicada en el símbolo de la válvula con flecha. El efecto de estrangulación es el mismo en los dos sentidos. La regulación de este tipo de válvulas se hace manualmente. Fig. 35

Fig. 35 Válvula de Flujo.



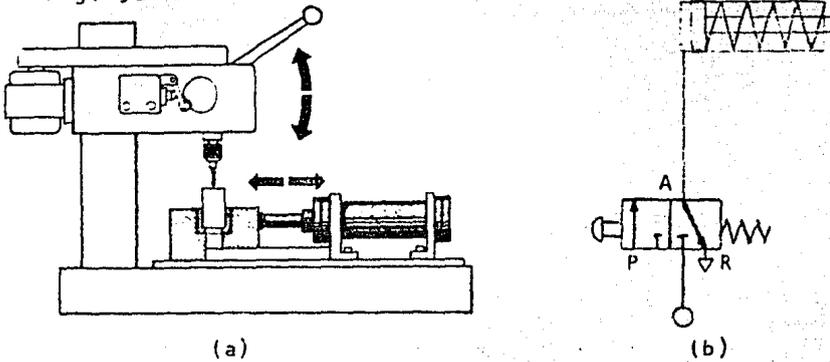
### 2.3 Circuitos Básicos.

Los circuitos básicos son los más comunes y sencillos que existen. Mediante la utilización y combinación de ellos podemos obtener la automatización de los más variados procesos de fabricación.

A continuación mediante la resolución de problemas prácticos, se ilustran los circuitos básicos más comunes.

Se desea sujetar una pieza para realizar un trabajo de taladrado en ella. Fig. 36. La sujeción se llevará a cabo cuando el operador accione un pulsador, la pieza quedará libre al dejar de accionar dicho pulsador.

Fig. 36

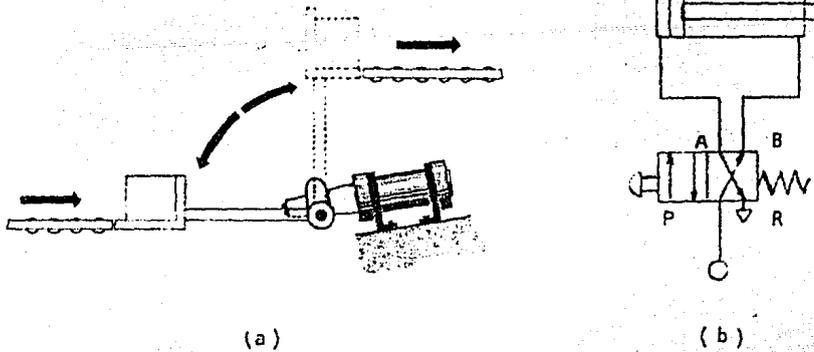


La solución de este problema la obtenemos utilizando - una válvula 3/2 normalmente cerrada, accionada por un pulsador y retorno de muelle. Cuando el operador acciona la válvula el aire comprimido circula de 1(P) hacia 2(A), y en -- 3(R) se cierra. Bajo efecto de muelle el vástago del cilindro retorna a reposo cuando se conecta 2(A) con 3(R) y se cierra 1(P), al soltar el pulsador de la válvula.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto.

Se requiere trasladar cajas que vienen de un transportador de rodillos a otro que se encuentra a una mayor altura. Este trabajo se llevará a cabo por medio de un cilindro giratorio, como se muestra en la fig. 37

Fig. 37

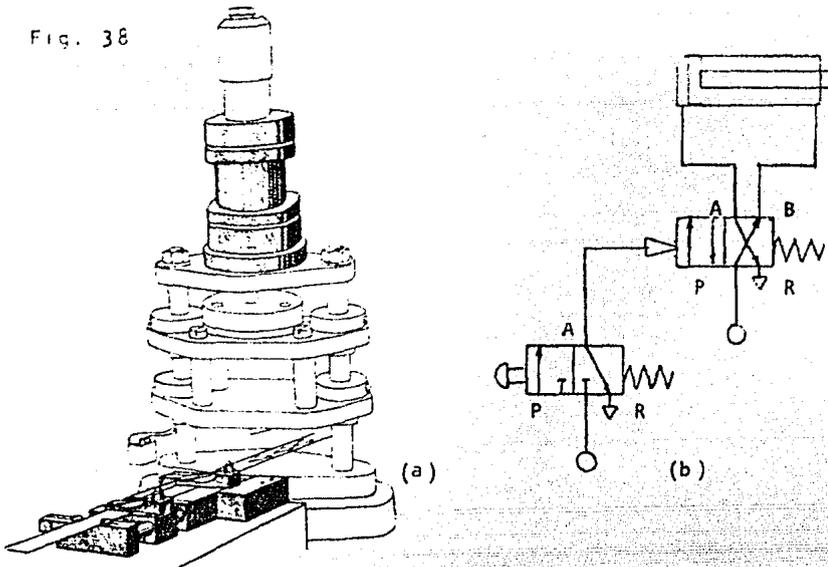


El mando de este cilindro puede realizarse tanto por un distribuidor 4/2 como con un distribuidor 5/2. La unión de los conductos de 1(P) a 4(B) y de 2(A) a 3(R) en el distribuidor 4/2 mantiene el vástago del cilindro en la posición final de carrera con el vástago adentro. Accionando el botón de la válvula se forma la unión de 1(P) a 2(A) y de 4(B) a 3(R). El vástago del cilindro sale efectuando el traslado de la caja. Al soltar el botón, la válvula regresa a su posición de reposo por efecto del muelle. El vástago del cilindro retrocede también, para poder repetir el trabajo.

- Mando indirecto de un Cilindro de Doble Efecto.

Se pretende controlar el avance y retroceso de un cilindro de doble efecto de gran cilindrada. La válvula de control debe ser de un tamaño reducido. Fig. 38

Fig. 38



Al accionar una pequeña válvula el cilindro de doble efecto debe avanzar realizando un punzonado, cuando se deje de accionar esta válvula el cilindro regresará a su posición de reposo.

La válvula de señal de tamaño reducido puede ser de las más pequeñas que existen, 1/8 ó M-5. La señal de salida de esta válvula (3/2 vías) la utilizamos como pilotaje neumático para conmutar otra válvula (4/2 vías), pero esta otra debe tener un tamaño mayor, este tamaño dependerá del diámetro del cilindro.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto, con avance y retroceso por pulsadores.

Mediante el accionamiento de un pulsador se debe introducir una cuchara de colada a un crisol.

Una vez que esté colocado un molde para su llenado, se acciona un segundo pulsador. Obteniéndose la elevación ---

de la cuchara y el llenado del molde. Fig. 39

Se aprovechará este ejemplo para indicar la nomenclatura para la identificación de los elementos neumáticos.

Elementos de Trabajo 1.0 2.0 3.0....

Válvulas de Mando 1.1 2.1 3.1....

Válvulas de señal de:

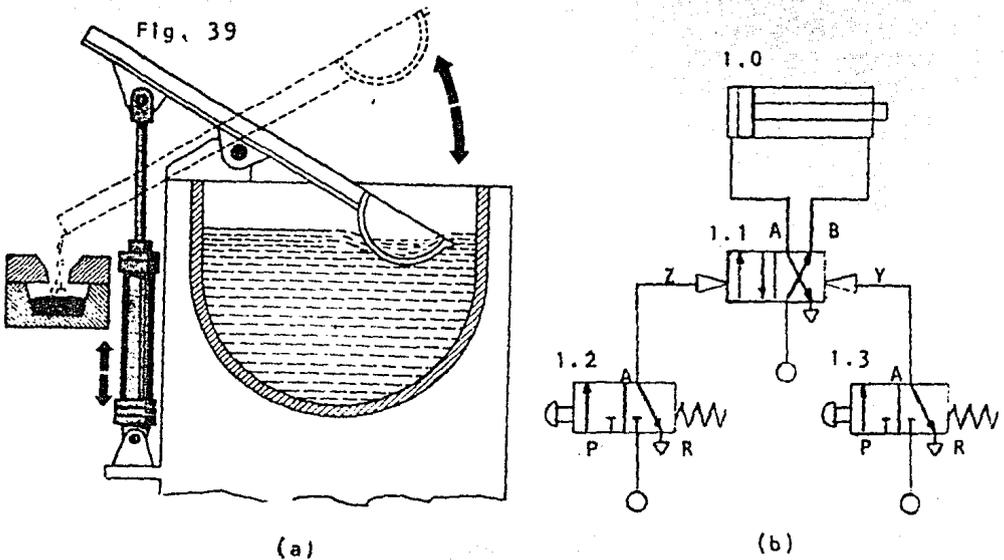
Avance 1.2 1.4 2.2 2.4 3.2 3.4 , x.y

Retroceso 1.3 1.5 2.3 2.5 3.3 3.5 x.z

Donde: x representa el número del elemento de trabajo

y representa números pares

z representa números impares



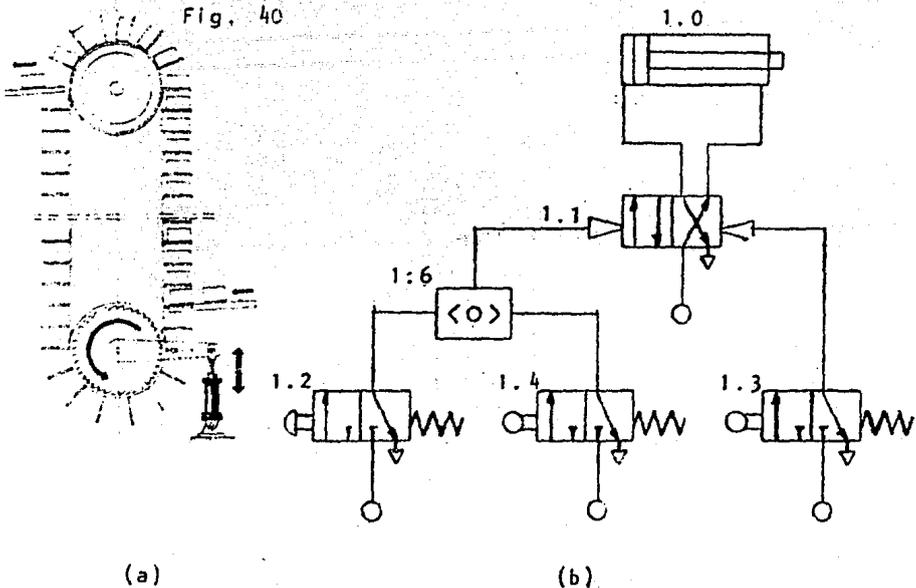
Al mandar un pulso con la válvula 1.2 obtenemos la conmutación de la válvula 1.1, con ello obtenemos el avance del

vástago del cilindro. Introduciéndose la cuchara en el crisol. Al mandar un segundo pulso, pero ahora con la válvula 1.3, regresa la válvula 1.1 efectuándose el retroceso del vástago. Obteniéndose el llenado del molde.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto con Retroceso Automático.

Se desea automatizar el mecanismo de la fig. 40. Cada vez que se presente una caja se debe provocar el avance y el retroceso del cilindro de doble efecto obteniéndose un giro en el trinquete y un desplazamiento en la banda transportadora. Como condición adicional también debe ser posible el funcionamiento de este dispositivo externamente mediante un pulsador.

Fig. 40



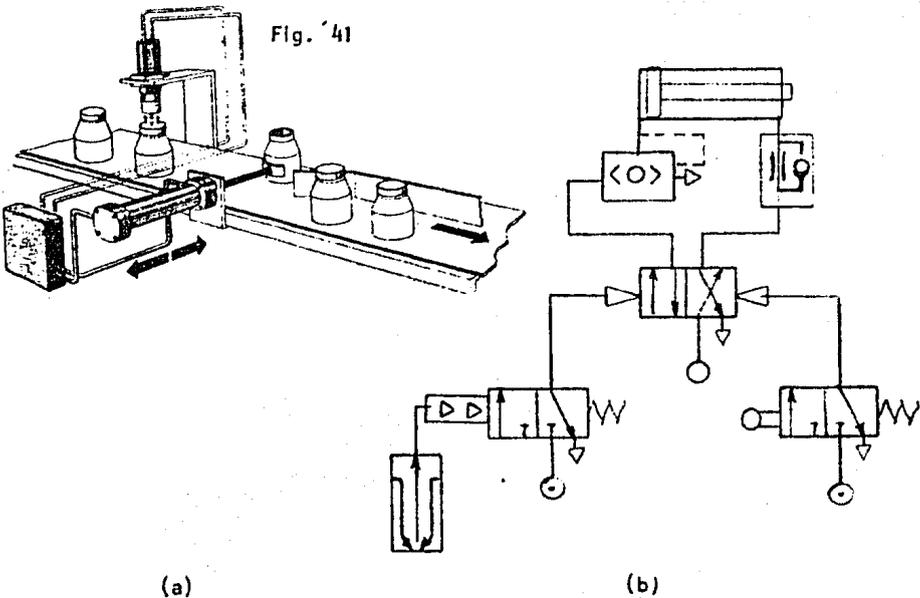
Con el accionamiento de la válvula 1.2 (pulsador) o 1.4 (rodillo) se pilota la válvula 1.1 por medio del selector de circuito 1.6. El vástago del cilindro sale desplazando la palanca y provocando un giro en el trinquete para el

transporte de las cajas. En la posición final de carrera, el cilindro acciona la válvula 1.3 que pilota la válvula 1.1, regresándola a su posición de reposo, provocando también el retroceso del mismo.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto. Avance lento y Retroceso rápido.

En la fig.41 se muestra el croquis de una automatización en la que se deben expulsar los frascos que no estén tapados. Estos frascos circulan por una banda transportadora. Un dispositivo neumático de baja presión detecta los frascos que deben ser expulsados.

Para la expulsión se usa un cilindro de doble efecto pero el avance de este cilindro debe ser lento para que la pieza no salga disparada. El retroceso será normal o pudiera ser rápido, para tener una mayor cadencia.



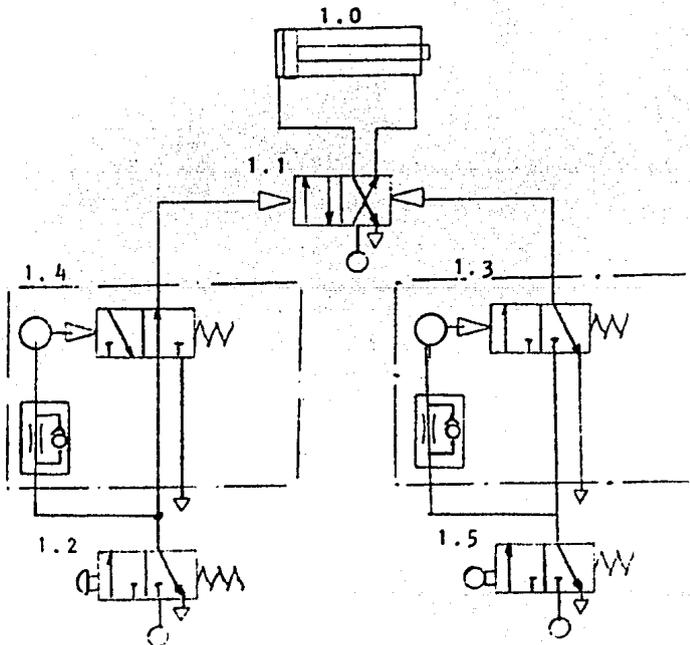
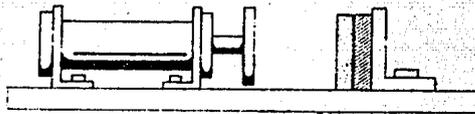
La solución de este problema es muy similar a la del problema anterior, la diferencia estriba en la utilización

de dos dispositivos más para cumplir con las condiciones de avance lento y retroceso rápido.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto con Retroceso Automático después de determinado tiempo.

Se deben unir dos piezas mediante la utilización de un cilindro de doble efecto. Al accionar un pulsador el vástago del cilindro debe salir y presionar las piezas durante 10 segundos. Trascurrido este tiempo deberá volver a su posición inicial. Como condición adicional el retroceso se realizará aunque el pulsador manual permanezca accionado. Fig. 42

Fig. 42

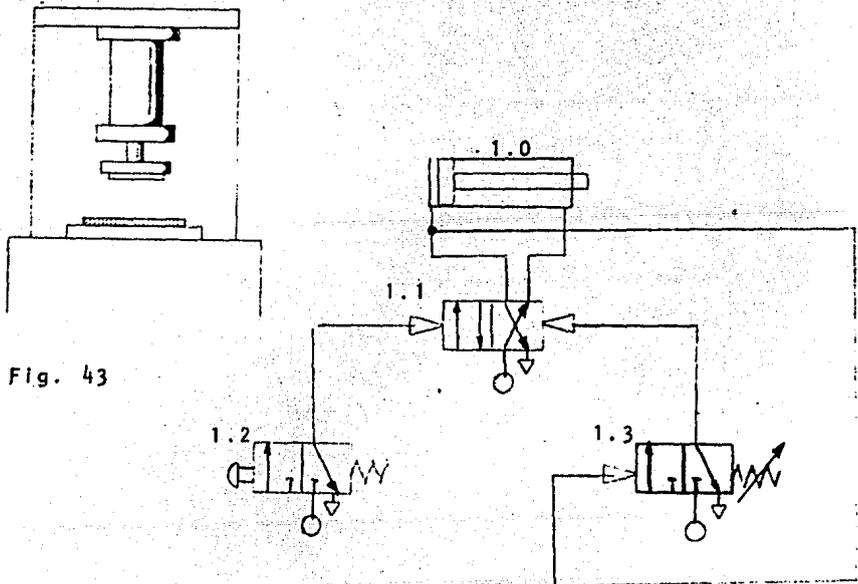


Al pulsar la válvula 1.2 circula el aire a través del temporizador normalmente abierto 1.4, pilotando el distribuidor 1.1 en 12(Z). El cilindro 1.0 sale. Cuando el cilindro ha llegado a su posición final, acciona la válvula 1.5\_ que pilota a la válvula 1.1 en 14 (Y), después de transcurrido el tiempo ajustado en el temporizador 1.3, 10 seg, obteniéndose el retroceso del cilindro.

La función del temporizador 1.4 es de anular la señal del pulsador, para que aún cuando éste permanezca accionado el vástago del cilindro pueda retroceder.

- Mando de un Cilindro de Doble Efecto después de alcanzar una determinada presión.

El dispositivo mostrado en la fig. 43 se utiliza para marcar la escala de reglas de cálculo. La salida del vástago, para efectuar el estampado, se realiza por medio de un pulsador. El retroceso debe efectuarse después de obtenerse la presión necesaria para el marcado.



Es necesario hacer hincapié en que el retroceso se debe realizar al alcanzar una determinada presión que no se debe sobrepasar porque en este caso se maltratarían las reglas de cálculo.

Al accionar el pulsador 1.2 se envía señal al distribuidor 1.1 en 12(Z). Avanza el cilindro estampando la regla. En la línea de trabajo de 2(A) se va incrementando la presión hasta alcanzar la presión necesaria para el estampado. Una vez alcanzada esta presión la válvula 1.3 conmuta (válvula secuencia), mandando una señal a 1.1 en 14 (Y) para el retroceso del cilindro.

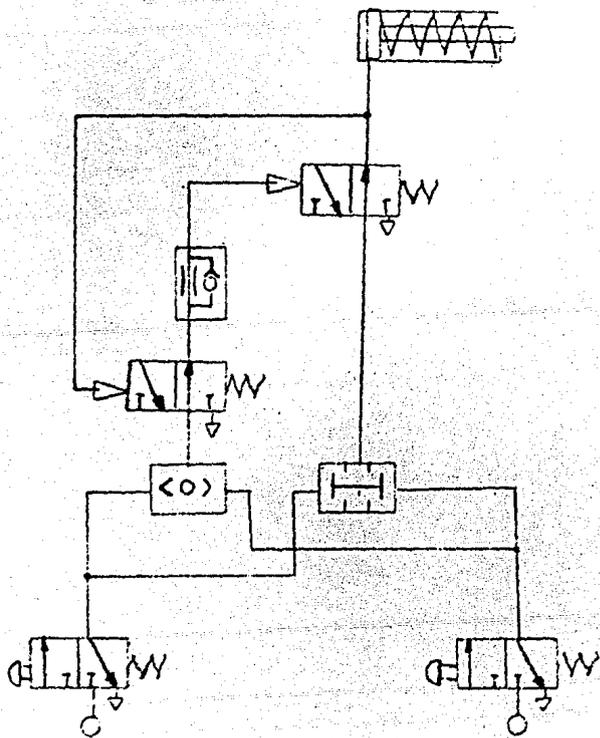
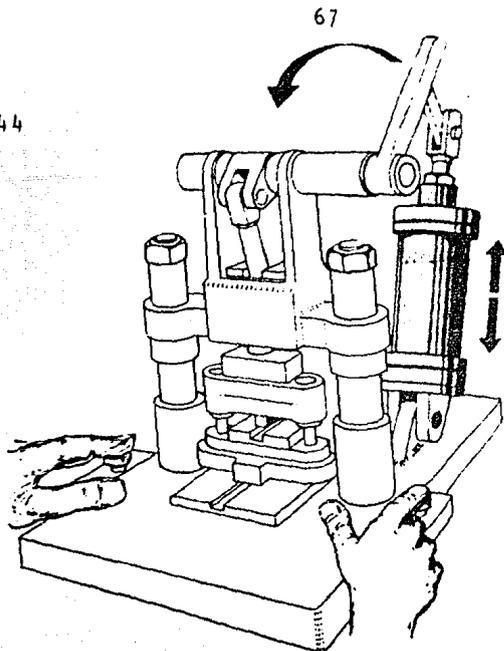
La presión a la que conmuta la válvula 1.3 puede ajustarse por medio de un resorte acoplado al cabezal de la válvula.

#### - Circuito Bimanual de Seguridad.

Para evitar accidentes, sobretodo en las prensas troqueladoras cuando el accionamiento de ellas mismas se controla por un pedal o un pulsador quedándole libre, al menos la otra mano al operador, se utiliza el circuito bimanual de seguridad en el que, para que salga el cilindro, es necesario que se accionen dos pulsadores al mismo tiempo. Con esto el operador tendrá necesariamente las dos manos ocupadas en el momento de realizar el troquelado. Fig. 44

En la práctica se utiliza un dispositivo que cumple exactamente la misma función. Es decir, se obtiene una señal de salida para el accionamiento de la prensa, únicamente cuando existan dos señales de entrada con un defasamiento máximo no mayor a medio segundo.

Fig. 44



2.4 Simbología Neumática  
 DIN/ISO 1219  
 y símbolos no normalizados.

**Transformación de energía**

Compresor



Bomba de vacío



Motor neumático, de caudal constante,  
de un solo sentido



Motor neumático, de caudal constante,  
de giro en los dos sentidos



Motor neumático, de caudal variable,  
de un solo sentido



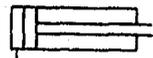
Motor neumático, de caudal variable,  
de giro en los dos sentidos



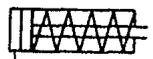
Motor neumático, de giro limitado



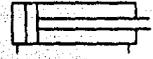
Cilindro de simple efecto,  
retorno por fuerza externa



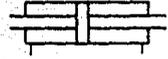
Cilindro de simple efecto,  
retorno por muelle interno



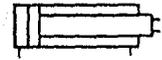
Cilindro de doble efecto,  
de vástago simple



Cilindro de doble efecto,  
de vástago doble



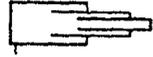
Cilindro diferencial,  
de vástago simple



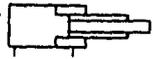
Cilindro de doble efecto,  
con amortiguación regulable en los finales de carrera



Cilindro telescópico de simple efecto,  
retorno por fuerza externa



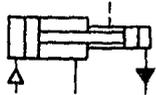
Cilindro telescópico de doble efecto



Amplificador, multiplicador de presión  
para el mismo medio



Amplificador, multiplicador de presión  
para aire y líquido

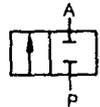


Convertidor de presión  
p.ej. neumático-hidráulico

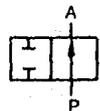


Mando y regulación de energía  
Válvulas de vías

Válvula distribuidora 2/2,  
cerrada en posición de reposo



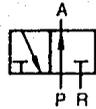
Válvula distribuidora 2/2,  
abierta en posición de reposo



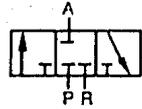
Valvula distribuidora 3/2,  
cerrada en posición de reposo.



Válvula distribuidora 3/2,  
abierta en posición de reposo



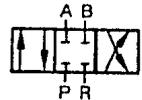
Valvula distribuidora 3/3,  
cerrada en posición central



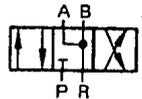
Valvula distribuidora 4/2



Válvula distribuidora 4/3,  
cerrada en posición central



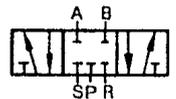
Valvula distribuidora 4/3,  
posición central de flotación



Valvula distribuidora 5/2



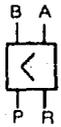
Válvula distribuidora 5/3,  
cerrada en posición central



Valvula distribuidora de varias posiciones  
intermedias y dos posiciones extremas



Válvula distribuidora en representación simplificada  
p.ej. de 4 empalmes



**Válvulas de bloqueo**

Válvula antirretorno, sin muelle



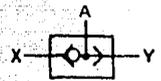
Válvula antirretorno, con muelle



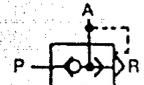
Válvula antirretorno, pilotada por aire



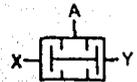
Válvula selectora de circuito



Válvula de escape rápido

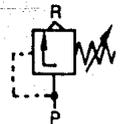


Válvula de simultaneidad (no está normalizada)

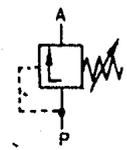


**Válvulas de presión**

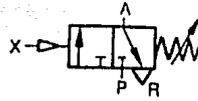
Válvula limitadora de presión,ajustable



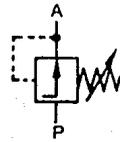
Válvula de secuencia, ajustable



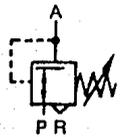
Válvula de secuencia con escape  
(función de 3 vías, ajustable  
(no está normalizada)



Regulador de presión, sin orificio de escape,  
ajustable



Regulador de presión, con orificio de escape,  
ajustable



**Válvulas de caudal**

Válvula de estrangulación,  
de estrechamiento constante



Válvula de restricción de turbulencia,  
de estrechamiento constante



Válvula de estrangulación, regulable,  
de accionamiento arbitrario

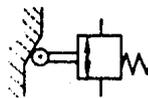


Válvula de estrangulación, regulable,  
de accionamiento manual



simplificada

Válvula de estrangulación, regulable,  
de accionamiento mecánico venciendo el  
muelle de reposición



simplificada

**Válvula de cierre**

Válvula de cierre,  
representación simplificada



**Válvulas de caudal, con válvula antirretorno conectada en paralelo**

Válvula antirretorno y de estrangulación (regulador unidireccional), regulable



Válvula antirretorno y de restricción de turbulencia, regulable



**Transmisión de energía**

Fuente de presión



Conducto o línea de trabajo



Conducto o línea de pilotaje o de mando



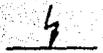
Conducto o línea de escape



Tubería flexible



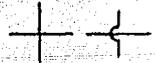
Cable eléctrico



Unión rígida (fija)



Cruce de líneas o conductos



Punto de escape



Escape no recuperable (sin racor)



Escape recuperable (con racor)



Punto de empalme de presión, cerrado



## CAPITULO III SISTEMAS DE AUTOMATIZACION.

Es de gran importancia tratar sobre el avance de la regulación y el mando en la sociedad industrializada.

Si no existiese tal avance la industria no habría podido alcanzar el alto nivel obtenido hoy día.

Ninguna especialidad puede prescindir de la regulación y mando automático, puesto que los imperativos son cada vez más severos.

Las nociones fundamentales que aquí se tratan son válidas para cualquier tipo de energía y concepción tecnológica de los equipos que constituyen el mando.

Las designaciones que conciernen a las técnicas de regulación y mando se exponen en la Norma DIN 19226.

## MANDO según DIN 19226

"Mandar o controlar es el fenómeno engendrado en el interior de un sistema, durante el cual uno o varios parámetros considerados de entrada, actúan sobre, según leyes propias del sistema, otros parámetros considerados de salida. Este fenómeno origina una acción a través del órgano de transferencia, como tal o a través de la cadena de mando".

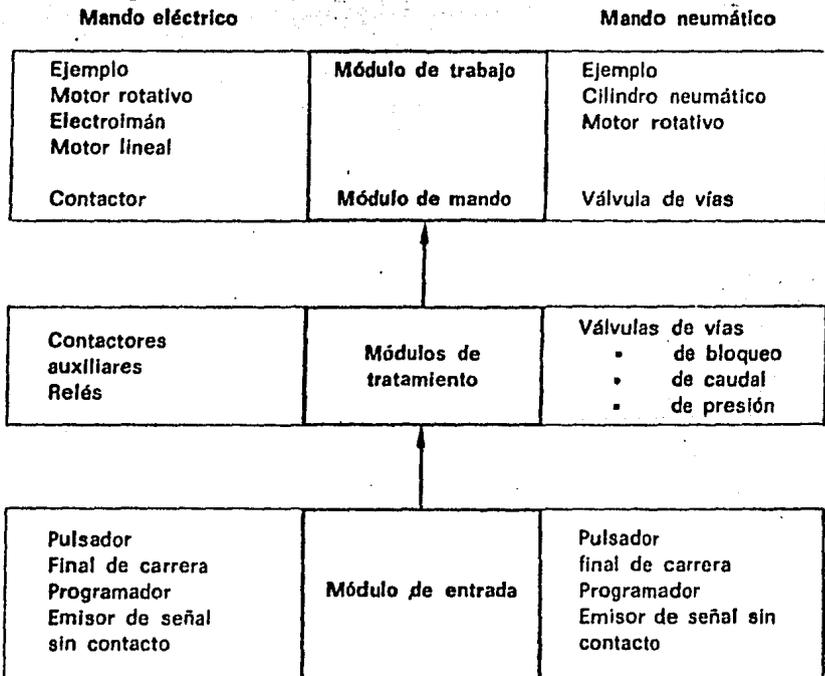
En la fig. 45 se simplifica esta explicación. Los parámetros de entrada denominados por  $X_e$ , introducen las señales de información, estas señales son tratadas y restituidas bajo la forma de parámetros de salida, designados por  $X_a$ . - Estos últimos intervienen entonces en el gobierno directo del flujo energético considerado.

Fig. 45



Tomando en cuenta lo anterior en la fig. 46 se desglosan a manera de ejemplo los elementos básicos a través de los cuales tiene que circular una señal neumática o eléctrica en sus sistemas de mando correspondientes.

Fig. 46



Debido a que la neumática es nuestro tema de interés de jemos entonces, a un lado las cuestiones eléctricas para con- tinuar con los sistemas neumáticos de automatización.

### 3.1 Representación Esquemática de los Movimientos.

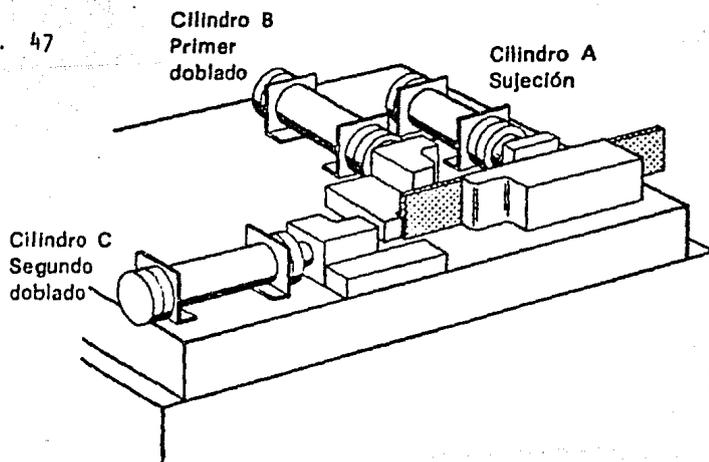
La representación esquemática sustituye o complementa la descripción verbal de un sistema de mando. Además facilita el entendimiento con el personal encargado del montaje de los circuitos.

Existen varias formas de representación de los movi- mientos, las cuales se mostrarán con el auxilio del siguiente ejemplo.

#### Ejemplo 1:

Se pretende doblar una chapa metálica de una manera - semiautomática. La chapa es colocada manualmente. Al accio- nar el botón de Inicio un primer cilindro sujeta la pieza. Un segundo cilindro efectúa el primer doblado y se retira. Posteriormente un tercer cilindro realiza un segundo dobla- do. Después de que éste ha efectuado su trabajo y regresado a su posición inicial, el primer cilindro libera la pieza.

Fig. 47



## - Secuencia Cronológica -

Elemento de Trabajo	Secuencia de Trabajo
Cilindro 1	Sujeción de la chapa
Cilindro 2	Primer proceso de doblado
Cilindro 2	Regresa a su posición de - reposo
Cilindro 3	Segundo proceso de doblado
Cilindro 3	Regresa a su posición de - reposo
Cilindro 1	Libera la chapa terminada.

## - Tabla Representativa -

Fase de Trabajo	Movimiento del cilindro 1	Movimiento del cilindro 2	Movimiento del cilindro 3
1	avance	-	-
2	-	avance	-
3	-	retroceso	-
4	-	-	avance
5	-	-	retroceso
6	retroceso	-	-

## - Indicación Vectorial -

Cilindro 1 →

Cilindro 2 →

Cilindro 2 ←

Cilindro 3 →

Cilindro 3 ←

Cilindro 1 ←

## - Abreviación -

Cilindro 1	+
Cilindro 2	+
Cilindro 2	-
Cilindro 3	+
Cilindro 3	-
Cilindro 1	-

Para estas formas de representación se debe atender a la ordenación de entrada y salida del vástago.

Ordenación para: Salida  +  
Entrada.  -

## - Representación Gráfica en forma de Diagrama -

Las representaciones gráficas presentan grandes ventajas en neumática. Cuando se desea representar una determinada secuencia es preciso distinguir entre:

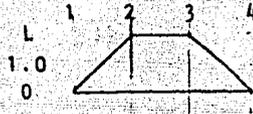
- Diagrama de movimientos..
- Diagrama de mando.
- Diagrama funcional.
- Diagrama de movimientos.

También conocido como diagrama espacio fase. Representa la trayectoria de un elemento de trabajo, entendiendo por fase el cambio de estado de un componente cualquiera. Si en un mando se manejan varios elementos motrices, todos se representan en esta forma, uno debajo del otro de los diagramas de cada elemento, pudiéndose así comparar sus estados paso a paso.

Para cada elemento de trabajo nos auxiliamos en dos líneas "0" y "L", en donde "0" implica que el vástago está dentro y "L" que éste se encuentra fuera. Para representar un movimiento se traza una línea inclinada que va de "0" a "L", en el avance, en una determinada fase. Representándose el retroceso con una línea que va de "L" a "0". Y para indicar que ya no existe movimiento, se traza una línea horizontal tal ya sea sobre "L" ó sobre "0".

Para un cilindro neumático 1.0 su representación podría ser de la siguiente manera:

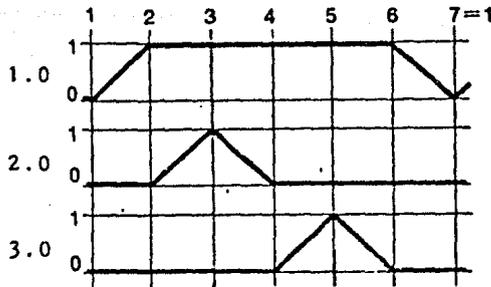
Fig. 48



En donde, entre uno y dos, el cilindro se desplaza hasta su posición extrema permaneciendo en ésta entre dos y tres para posteriormente iniciar su retroceso a su estado original alcanzándolo en cuatro.

Para el ejemplo del doblado de la chapa metálica el diagrama de movimientos será el siguiente.

Fig. 49



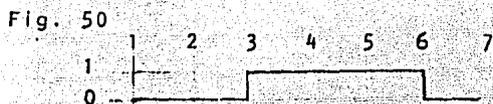
### Recomendaciones para el Trazado del Diagrama.

- Las fases deben representarse horizontalmente y a distancias iguales.
  - La trayectoria no se representa con medida exacta - sino para todos los elementos debe tener la misma medida.
  - Dejar suficiente espacio entre diagramas cuando hay más de uno.
  - Si varía la posición del dispositivo durante el movimiento, por ejemplo, accionando un detector de fin de carrera durante el recorrido del cilindro, ó cambiando la velocidad del elemento, pueden introducirse fases intermedias.
  - La numeración de las fases no está normalizada pudiendo hacerse a elección.
  - La nomenclatura del estado del dispositivo tampoco está normalizada, pudiéndose hacer mediante la posición del cilindro, como en el ejemplo (atras-adelante, arriba-abajo, etc.) o mediante signos binarios por ejemplo 0 para la posición de vástago dentro y uno para la posición del vástago fuera.
  - Representar a la izquierda del diagrama la denominación del elemento de trabajo a que concierne.
- Diagrama de mando.

En el diagrama de mando se registran las posiciones de maniobra de los elementos de señal sin tener en cuenta la duración de conmutación.

La posición básica de los elementos es en este caso importante y se le debe considerar cuidadosamente. Tales posiciones son: abierto, cerrado; señal cero, señal uno.

En la fig. 50 se muestra la representación de una válvula de fin de carrera que abre en la fase tres (señal uno) y cierra en la fase seis (señal cero).

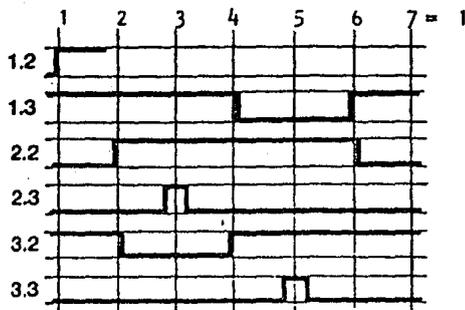


Es aconsejable seguir las siguientes recomendaciones.

- Trazar siempre, de ser posible, el diagrama de mando en combinación con el diagrama de movimientos.
- Colocar en las abscisas tanto fases como tiempos.
- La magnitud sobre el eje de las ordenadas se deja a criterio del proyectista, pero debe ser clara y legible.
- Las señales que afectan al mismo cilindro se trazan una debajo de la otra.

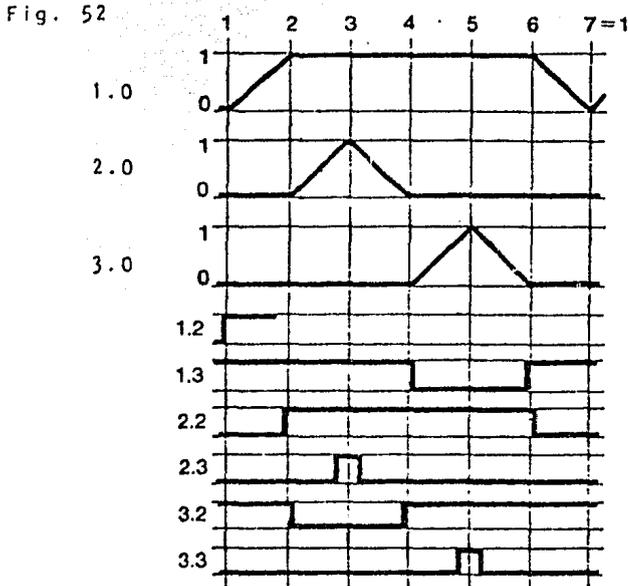
Para el ejemplo que estamos tratando el diagrama será.

Fig. 51



Ambos diagramas, tanto el de movimiento como el de mando, se representan en conjunto y a éste se le conoce como el diagrama funcional.

El siguiente diagrama representa el diagrama funcional del ejemplo del doblado de láminas.



### 3.2 Sistema de Automatización Intuitivo con base Tecnológica.

(Anulación de señales mediante rodillos escamoteables)  
 Para obtener el circuito de una manera mucho más fácil es necesario proceder de la siguiente manera.

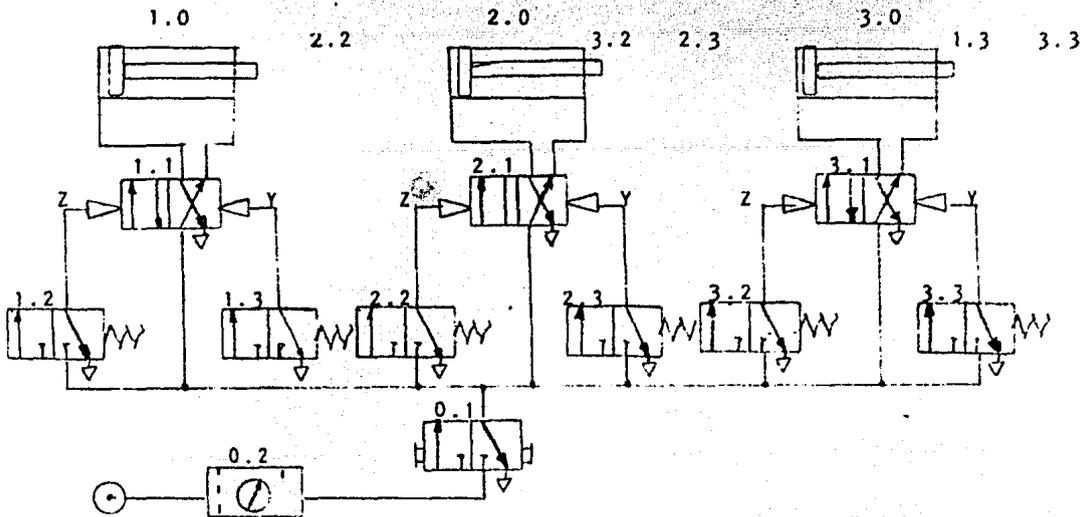
- Representar los elementos de trabajo.
- Dibujar los elementos de gobierno.
- Representar los elementos de señal de entrada neces-

sarios, sin el símbolo característico del accionamiento. Cuando el mando debe realizarse por válvulas de impulsos se necesitan dos señales de mando para cada una de ellas.

- d) Dibujar la fuente de energía.
- e) Unir los circuitos de mando.
- f) Numerar los elementos.
- g) Correspondencia entre el diagrama de movimientos y el circuito, indicando la posición real de los finales de carrera.
- h) Aprender si es necesaria una anulación de señal, a la vista del diagrama funcional.
- i) Esquematar el modo de accionamiento de los diferentes elementos de señal de entrada.
- j) Tener en cuenta eventualmente las condiciones de intersecuencia.

En la siguiente figura se representa un diagrama en el que se ha procedido del punto "a" al punto "g".

Fig. 53



Sobre el diagrama funcional puede verse si es necesaria la eliminación de una señal permanente y dónde.

De una manera general se traza el diagrama funcional como si todos los finales de carrera fuesen de rodillo normal.

Para darnos cuenta dónde es necesaria la anulación de una señal, se procede de la siguiente manera.

Se analizan los elementos de señal por parejas, es decir, el análisis se hace entre la válvula que nos provoca el movimiento de avance y la que nos provoca el movimiento de retroceso. Si al mandar una de ellas existe la otra, es necesario eliminar la señal de ésta última, por medio de un rodillo escamoteable.

Siguiendo la secuencia de nuestro problema para el cilindro 1.0. Cuando mandamos la señal de 1.2 está presente la de 1.3, para que 1.2 sea efectiva es necesario eliminar la señal de 1.3, por tanto, 1.3 debe ser de rodillo escamoteable.

Para el cilindro 2.0. Cuando se manda la señal 2.2 no existe la de 2.3 por tanto 2.3 es de rodillo normal, pero cuando accionamos 2.3 sí se encuentra accionada 2.2 y para poder eliminarla su accionamiento será de rodillo escamoteable.

Para el cilindro 3.0. Al mandar la señal de 3.2 no está presente la de 3.3, entonces 3.3 será de rodillo normal, pero al mandar la señal de 3.3 sí está presente la de 3.2 por tanto ésta última válvula debe ser de rodillo escamoteable.

El diagrama de mando que resultará colocando las válvulas 1.3, 2.2 y 3.2, de rodillo escamoteable será el siguiente.

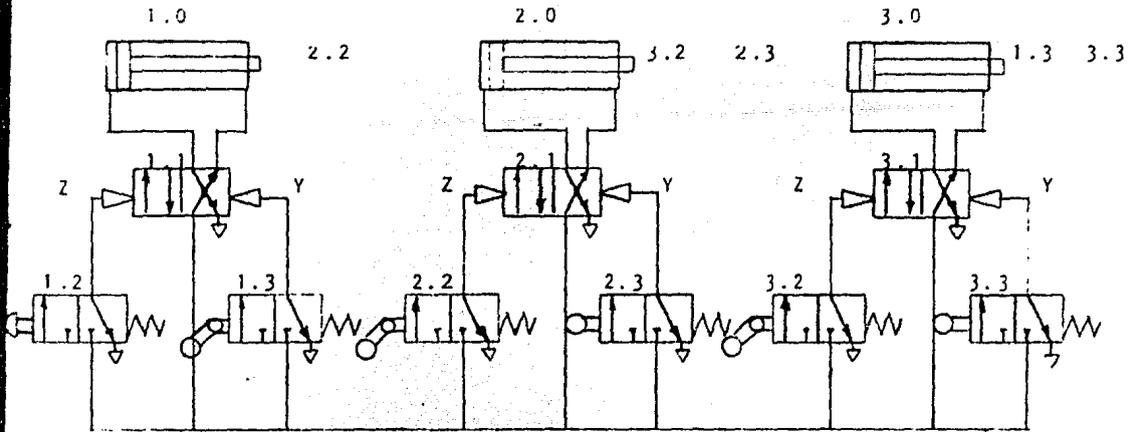


Fig. 54

Generalmente se agrega una válvula más para asegurar; nos que no se iniciará un nuevo ciclo hasta no haber finalizado el anterior.

Completando, entonces el esquema neumático de la ---- Fig. 54. Tenemos.

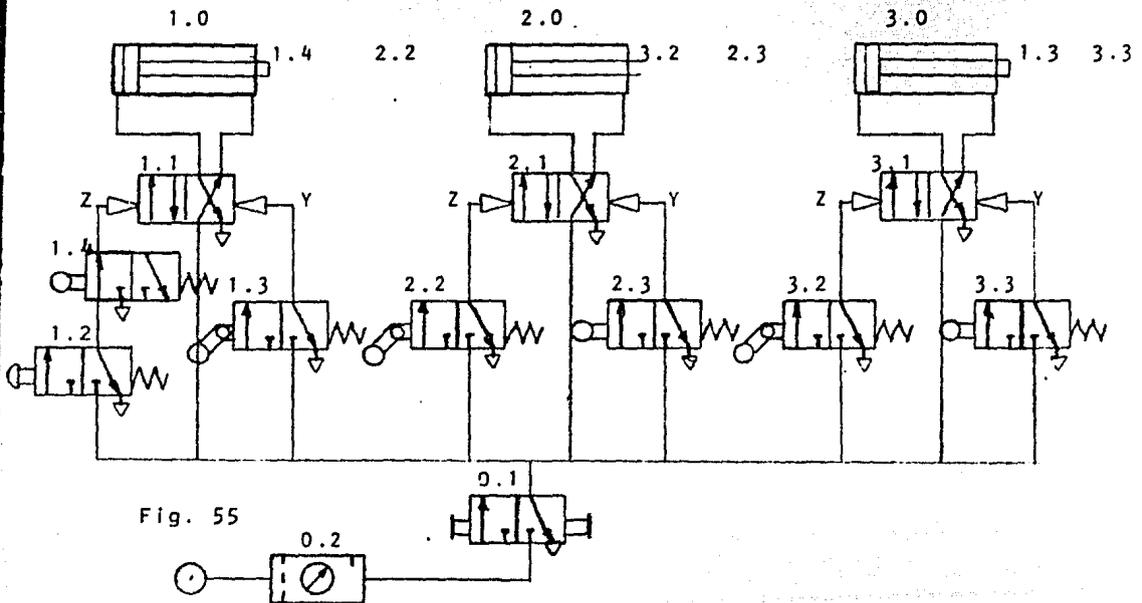


Fig. 55

Es necesario tomar en cuenta, para la utilización de una válvula escamoteable, que estos elementos se deben colocar un poco antes del final de carrera del cilindro y que se accionan en un sólo sentido. Esto se indica mediante una flecha, colocada en donde se acciona la válvula, en el circuito. Esta flecha debe indicar la dirección en que será accionado dicho final de carrera.

El hecho de utilizar los rodillos escamoteables implica prestar atención a los siguientes puntos:

- El rodillo ha de abatirse por completo.
- No hay precisión en las posiciones finales de recorrido. (importante cuando se utilizan cilindros con carrera corta).
- La velocidad de accionamiento no puede ser muy elevada (con accionamientos muy rápidos se obtienen señales insuficientes).
- No existe la posibilidad de tener enlaces lógicos -- con estos finales de carrera. (la señal desaparece -- después del accionamiento).
- Debido a que la señal desaparece inmediatamente, no existe posibilidad alguna de temporizaciones.
- La utilización de rodillos escamoteables permite proyectar los esquemas por el método intuitivo.

Existen algunas otras posibilidades de resolver el problema sin utilizar rodillos escamoteables. Estas son: Mediante la utilización de emisor de impulsos breves, por temporizadores normalmente abiertos y con el uso de memorias auxiliares.

Para cada uno de estos métodos es necesario tomar en cuenta sus características.

Emisor de impulsos breves.

- La seguridad de respuesta depende, en gran parte, de la velocidad de accionamiento.
- La válvula es accionada en la parte central del recorrido del dispositivo de accionamiento. Esto significa que, para evitar una señal constante, el accionamiento tiene que llegar a tope.
- En su función final de carrera, el punto de emisión de señal no está exactamente en la posición final. -- (se encuentra aproximadamente 4.5 mm adelantado).

Temporizadores Normalmente Abiertos.

- Una señal constante se transforma en un corto impulso (formador de impulsos).
- Seguro en el desarrollo.
- El precto es elevado al desarrollar mandos complejos.

Memorias Auxiliares.

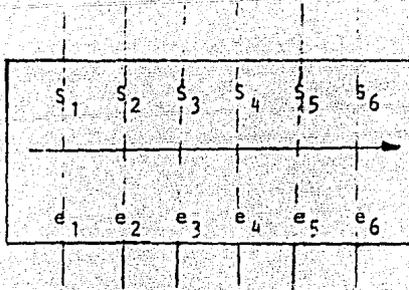
- Método más seguro (báse de los métodos Cascada y Paso a Paso).
- La señal sólo está presente en el momento en que es necesaria (máxima seguridad en el desarrollo).

La posibilidad de llegar a un sistema de mando seguro, consiste sencillamente en desconocer cada señal cuando ya no se necesite. En el presente ejemplo ello significa que para cada paso es necesaria una conexión. Lo que significa 6 conexiones en total.

La fig. 56 muestra una representación en bloque de una unidad de seis fases.

$e_1$  a  $e_6$  representan las señales de entrada,  $s_1$  a  $s_6$  las señales de salida.

Fig. 56



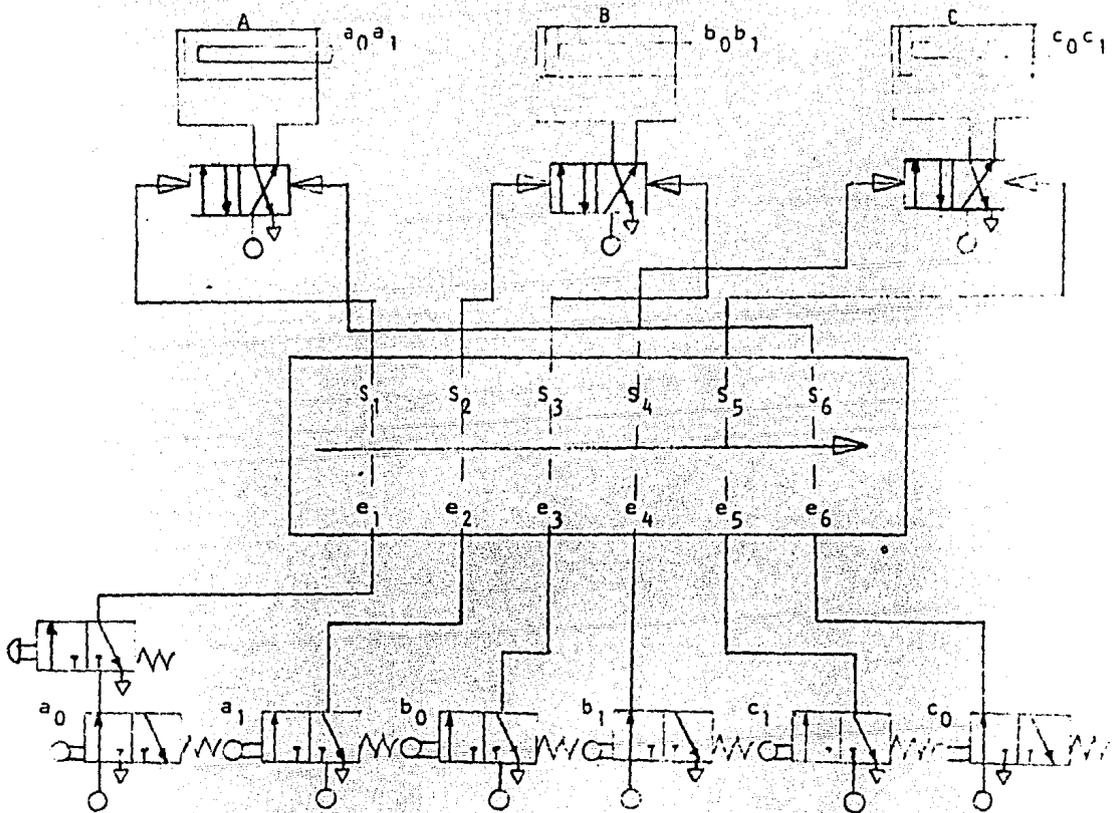
Esta unidad debe cumplir con determinados requisitos para resolver el problema de las señales y cómo y cuándo tiene que utilizarlas.

- El número de señales de entrada deberá ser igual al número de señales de salida.
- A cada señal de entrada le corresponde una señal de salida.
- Las señales de salida deben memorizarse, es decir, deben persistir aún desaparecida la señal de entrada.
- Únicamente puede existir una señal de salida en un determinado momento.
- Las señales de entrada sólo pueden ser eficaces si se reciben en el orden del desarrollo de la secuencia. 1-2-3-4-5-6-1.

Si se dispone de dicha unidad el circuito de nuestro problema quedaría tal como se indica en la fig. 57

Para el diseño del sistema de mando resulta más favorable cambiar la designación de los elementos de trabajo y de señal. Identificando los elementos de trabajo por letras mayúsculas, es decir, A, B, C, etc. y la designación de los

Fig. 57



interruptores de fin de carrera por medio de letras minúsculas, es decir,  $a_0$ ,  $b_0$  y  $c_0$ , para los interruptores de fin de carrera en la posición extrema adentro de los cilindros y  $a_1$ ,  $b_1$  y  $c_1$ , para los interruptores de fin de carrera de la posición extrema afuera.

También aquí la señal de marcha puede ir conectada en serie con la señal de fin de recorrido del último movimiento, es decir, al retroceso del cilindro A.

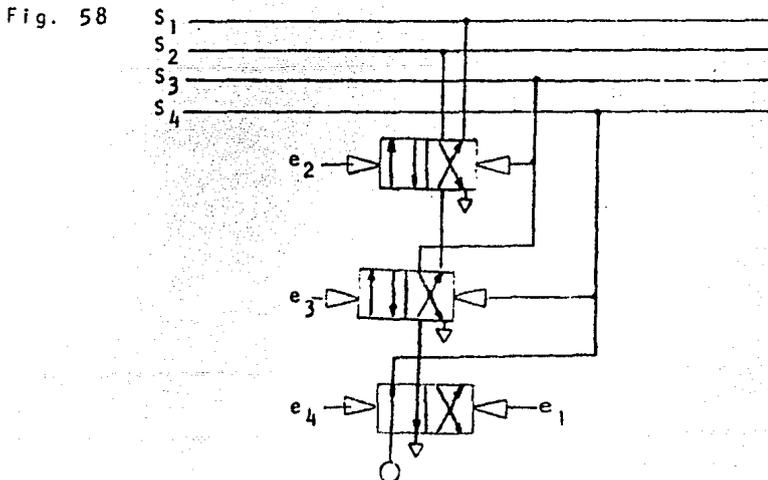
Nuestro siguiente problema consiste en encontrar un circuito para la unidad a utilizar, que cumpla con todos los requisitos que se exigen.

Estos circuitos los encontramos mediante la utilización de los métodos Cascada y Paso a paso.

### 3.3. Sistema de Automatización Cascada.

La fig. 58 muestra un conexionado de válvulas 4/2 que cumple con casi todos los requisitos exigidos a la "unidad". La denominación "montaje en cascada" atiende a la conexión de forma escalonada.

Este montaje garantiza que el aire no esté disponible más que en una sola salida, mientras que las otras estén a escape.



Otras características: correspondencia exacta entre las entradas "e" y las salidas "s" y en el orden 1 .....n.

Este montaje permite realizar de manera simple la supresión de una señal. Para obtener el esquema completo y claro se representa la parte correspondiente a la cascada conjuntamente con el montaje completo.

Debe también tenerse en cuenta que una señal de entrada aplicada durante un período de tiempo relativamente largo, no puede ocasionar confusión en el circuito.

Ello se consigue cuando la señal de entrada  $e_n$  sólo puede seguir maniobrando si existe con anterioridad la señal de salida  $s_{n-1}$ .

En los que atañe al circuito esto puede hacerse realidad, por ejemplo, mediante una válvula de simultaneidad en la entrada, que recibe las señales  $e_n$  y  $s_{n-1}$ .

La fig. 59 muestra las ejecuciones posibles con válvulas de simultaneidad.

En caso de no ser demasiado largas las conducciones del circuito, por ejemplo interruptor de fin de carrera, y este elemento no se necesita para la puesta en marcha de otro proceso, pueden sustituirse las válvulas de simultaneidad por una conexión en serie entre la señal de salida  $s_{n-1}$  y la señal de entrada  $e_n$  tal como muestra la fig. 60

Fig. 59

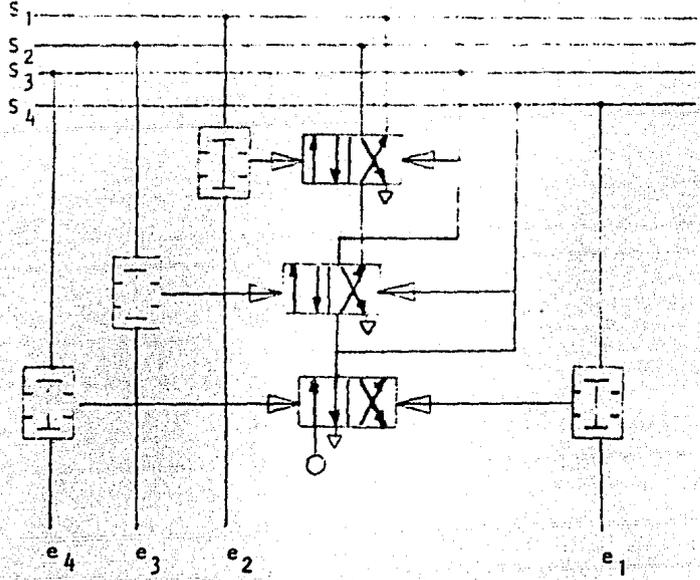
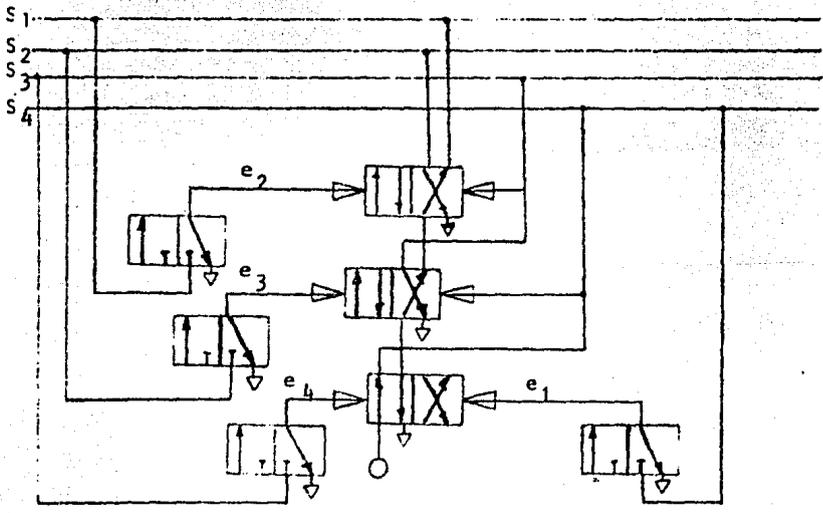


Fig. 60



En la fig. 61 se muestra las diferentes etapas de conexión del montaje en cascada.

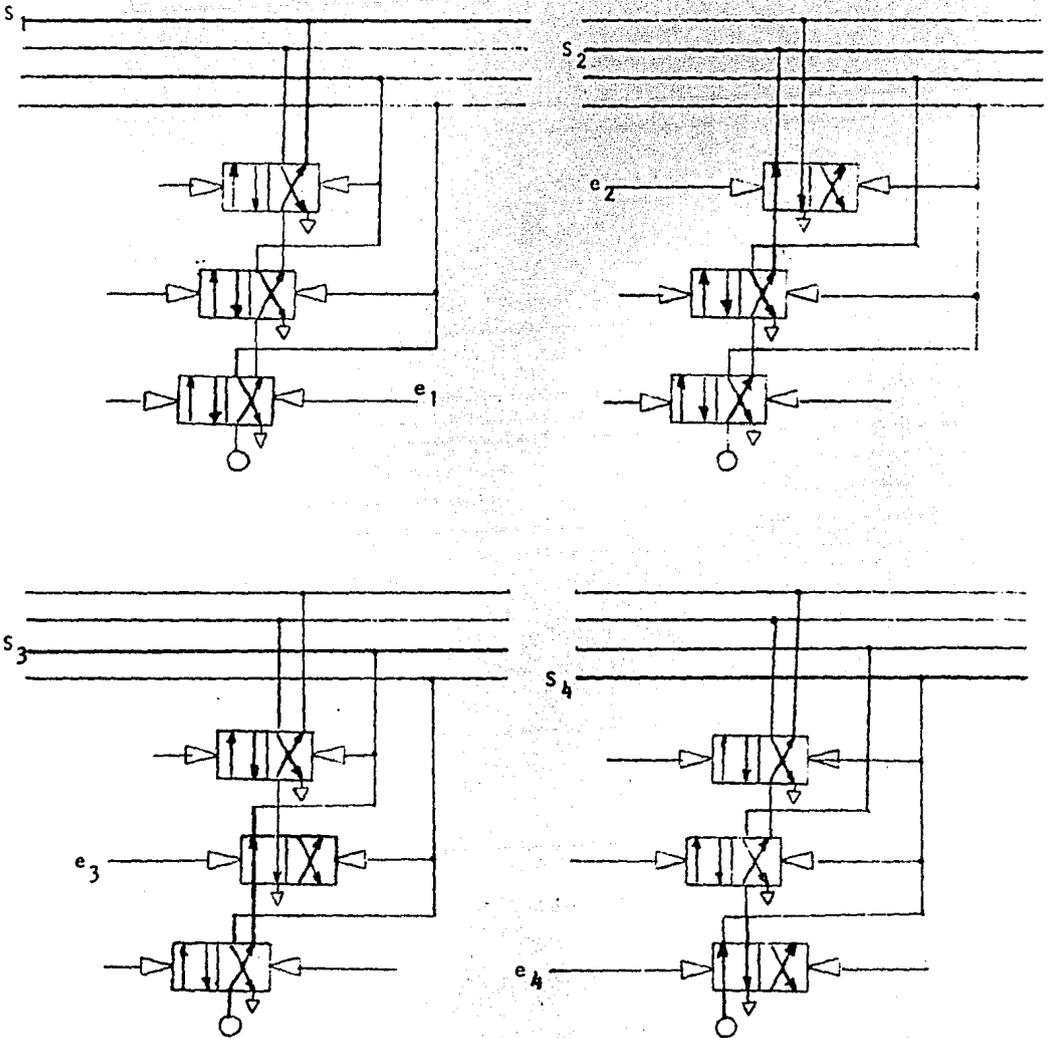


Fig. 61

Básicamente este montaje en Cascada puede realizarse para un número de grupos arbitrario. El esquema aparece siempre igual, es decir, todas las válvulas conectadas en serie, la primera válvula de la serie proporciona dos señales de salida  $s_1$  y  $s_2$  y las válvulas siguientes una sola señal de salida. Cada válvula de la serie devuelve a su anterior a la posición inicial. La última válvula de la serie recibe dos señales de entrada, por lo que se dispone siempre de una posición básica unitaria, la posición de la manobra opuesta a las otras válvulas.

La fig.62 muestra como ejemplo un montaje en Cascada de tres grupos.

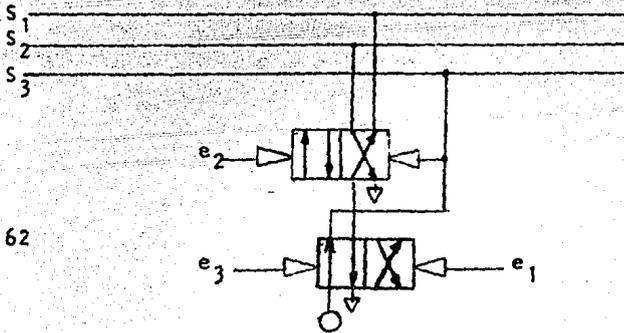


Fig. 62

Sin embargo hade prestarse atención en un punto:

Los límites del circuito en cascada vienen determinados por la particularidad de que la alimentación se realiza a través de una conexión única. Debido a ello el aire debe pasar a través de todas las memorias del montaje en cascada antes de iniciarse el proceso de mando, y la caída de presión resultante será más sensible para un número relativamente grande de válvulas conectadas en serie, resultando más lento el proceso de mando. En estos casos se recomienda utilizar un mando por el método Paso a Paso.

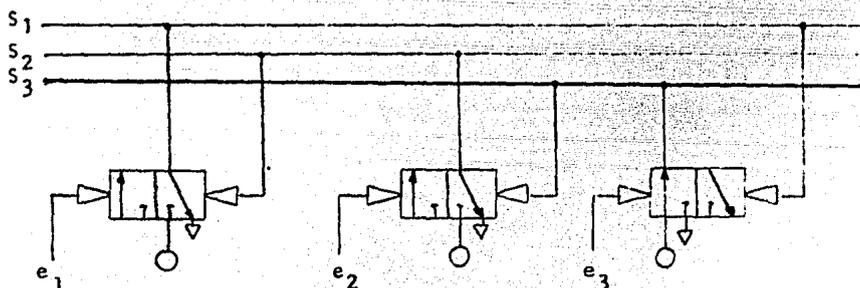
## 3.4 Sistema de Automatización Paso a Paso.

Contrariamente al caso del montaje en Cascada se utilizan válvulas de 3/2 vías no conectadas en serie; cada válvula posee alimentación individual e independiente. De este modo no aparece la caída de presión, aunque se necesita una válvula más que para el montaje en Cascada.

La fig. 63 muestra una ejecución para tres grupos.

Con el fin de que resulte únicamente una señal de salida, la válvula anterior es siempre devuelta a su posición inicial por la etapa siguiente.

Fig. 63



Para poder seleccionar y controlar las señales de entrada, también debe incluirse las válvulas de simultaneidad antes de la entrada de las señales  $e_n$  y  $s_{n-1}$  o bien si fuera posible una conexión en serie de la salida  $s_{n-1}$  y el elemento emisor de la señal  $e_n$ . Las figuras 64 y 65 muestran estas posibilidades.

Fig. 64

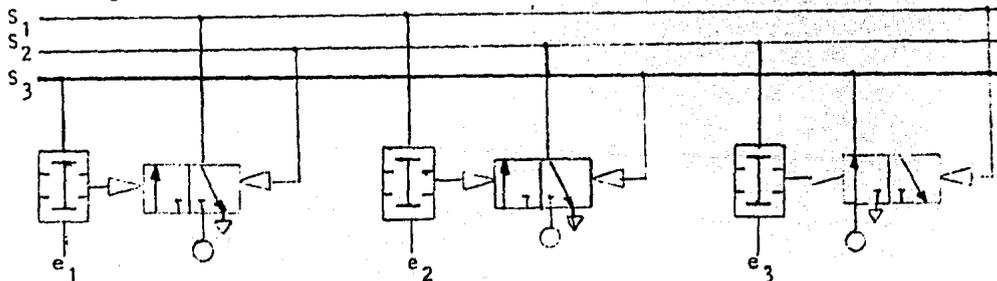
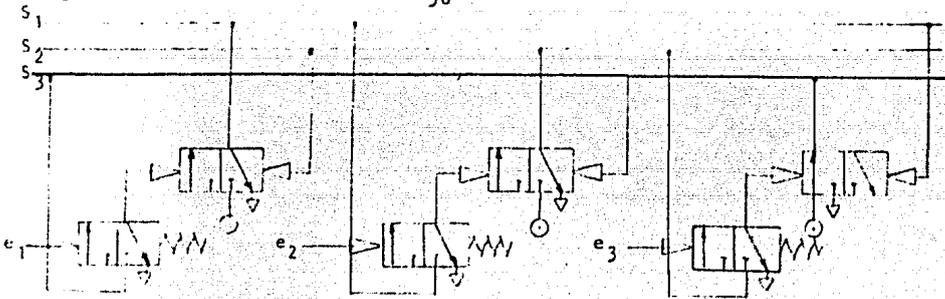


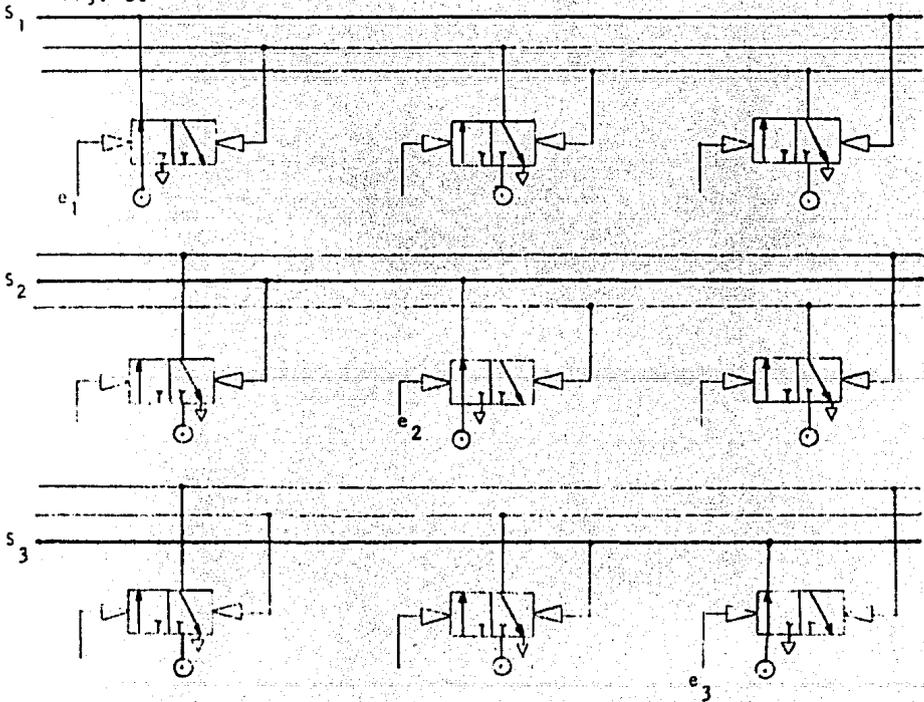
Fig. 65



En la fig. 66 vienen reflejadas todas las posibles posiciones del sistema para la obtención de los tres grupos.

Este sistema puede ampliarse a voluntad. Es importante que la última válvula se monte en posición accionada para que la primera etapa quede preparada para inicio de maniobra.

Fig. 66

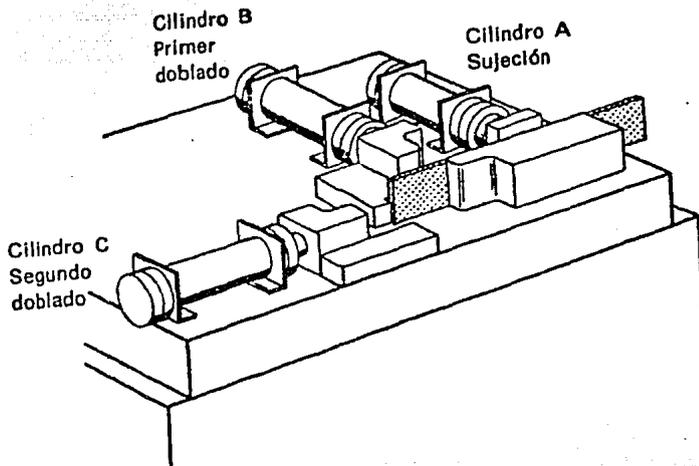


Para obtener el esquema de mando de un automatismo por cualquiera de estos métodos (Cascada y Paso a Paso) es recomendable seguir un orden; conforme se vayan mencionando los puntos a seguir se resolverá el mismo problema que se resolvió por el método secuencial intuitivo.

Pasos a seguir para la obtención del esquema de mando por los métodos Cascada y Paso a Paso:

- a) Dibujar croquis de situación y establecer la secuencia.

Fig. 67



De acuerdo a lo mencionado, nuestra secuencia es la siguiente:

$$A + B + B - C + C - A -$$

- b) Descomponer la secuencia en grupos.

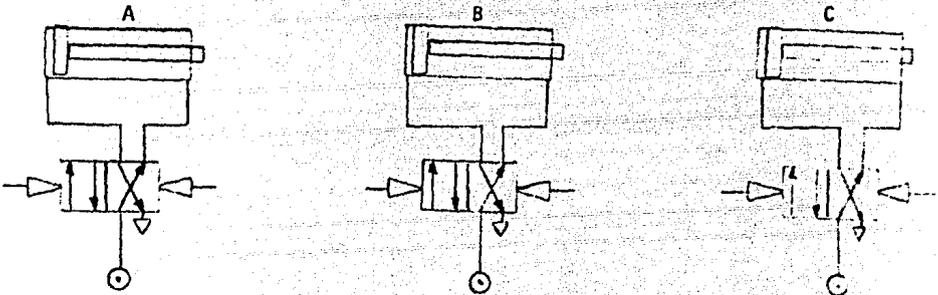
La descomposición de la secuencia en grupos debe ser

de tal manera que en un sólo grupo no se encuentren los dos movimientos complementarios de un mismo cilindro.

$A + B +$	$B - C +$	$C - A -$
Gpo. 1	Gpo. 2	Gpo. 3

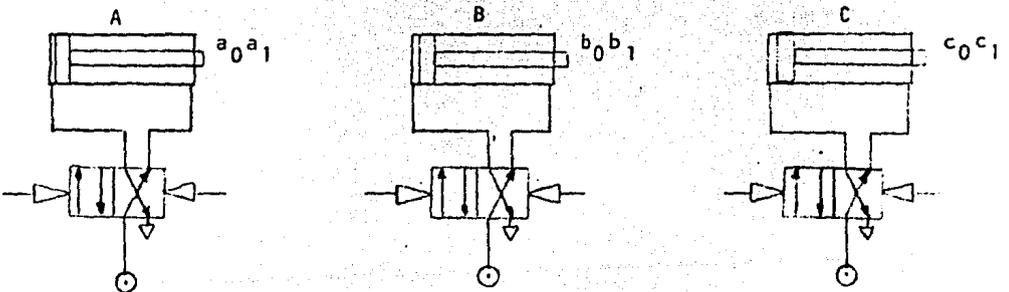
c) Dibujar cilindros y válvulas de mando correspondientes.

Fig. 68 tes.



d) Representar con letras los finales de carrera de cada uno de los cilindros.

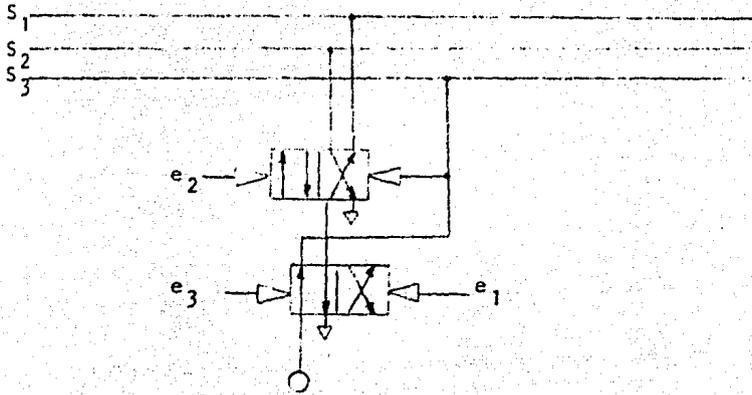
Fig. 69



e) Representar el control:

i.- Método Cascada.

Fig. 70



ii.- Método Paso a Paso.

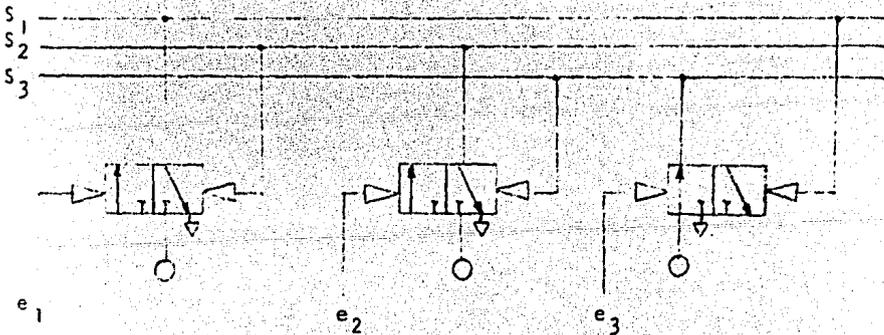


Fig. 71

f) Desarrollo del circuito en base a la secuencia establecida.

Al desarrollar el circuito, en ambos casos, es necesario

partir de ciertas bases para facilitar el proceso.

- 1.- Al inicio del ciclo se supondrá la existencia de aire en el grupo en el que finalice la secuencia.
- 2.- Las válvulas de señal toman su presión de alimentación del grupo en el que se encuentran.
- 3.- La última válvula de señal de cada grupo provoca un cambio de grupo.

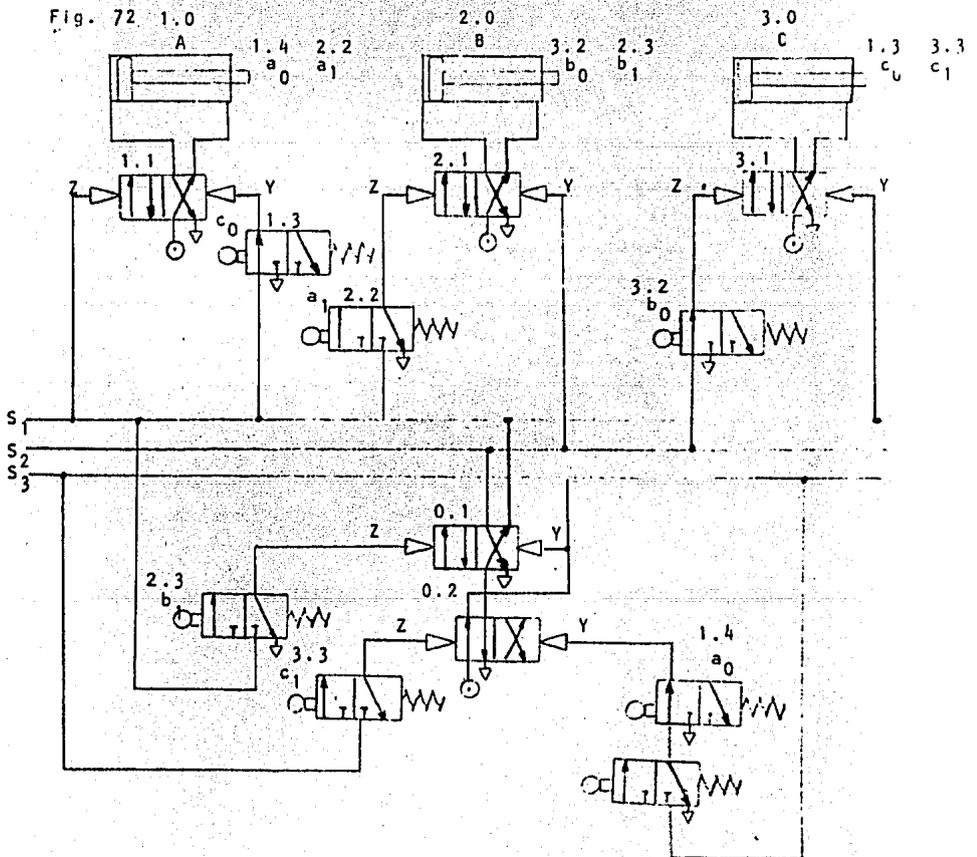
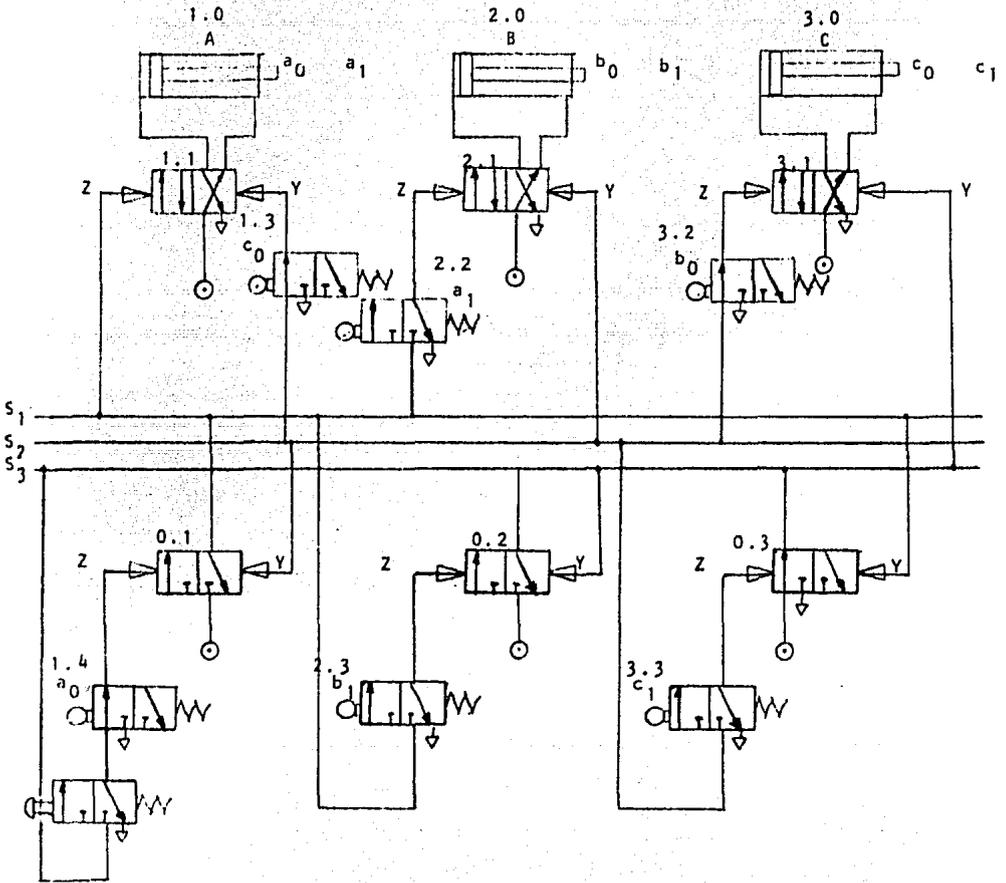


Fig. 73



### 3.5 Comparación de las Ventajas y Desventajas de los tres Métodos mencionados.

El método Secuencial Intuitivo es el más económico de los tres, pero también es el más inseguro. Además cuando se recurre a las válvulas de rodillo escamoteable no se cumple exactamente con el diagrama de movimientos, porque como estas válvulas se deben colocar un poco antes del final de carrera, se provoca el inicio del desplazamiento de un cilindro cuando aún no ha finalizado el del anterior.

El método Cascada elimina la desventaja del método anterior ya que no requiere del uso de rodillos escamoteables.

Para la eliminación de señales que puedan provocar bloqueos se hace uso de memorias auxiliares. Estas memorias se conectan en Cascada, de ahí su nombre. Pero la desventaja de este método es que no podemos tener muchas válvulas ya que sólo una de ellas se alimenta de presión directa, y entre más válvulas haya más pérdidas de presión se presentarán en el sistema.

El método Paso a Paso viene a resolver los problemas que presenta el Secuencial Intuitivo y el Cascada porque no requiere válvulas de rodillo escamoteable y además no existe el problema de pérdidas de presión en las válvulas memoria del sistema, debido a que cada una de ellas toma su presión de alimentación directamente del compresor.

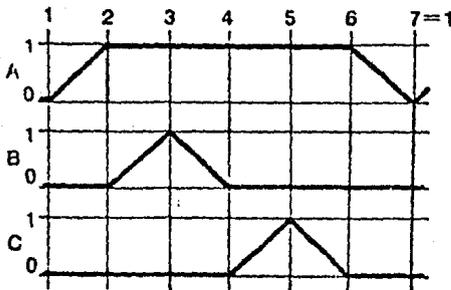
Las posibilidades de solución estudiadas hasta el momento requieren, según la dificultad de la tarea de mando, un esfuerzo mental y tiempo considerable.

En la elaboración de esquemas, en el caso de modificaciones en las adaptaciones del circuito, y en la búsqueda de averías se invierte mucho tiempo.

Para resolver este problema FESTO ha creado un sistema de automatización, basado en el método Paso a Paso. Pero este sistema ya no requiere de tanto tiempo en el desarrollo del mando.

Este método consiste en lo siguiente: si analizamos el diagrama de movimientos de la fig. 74 podemos darnos cuenta que cada modificación de estado o cada fase es provocada por una información o una señal. La orden previa que ha sido ejecutada con éxito (por ejemplo el avance o retroceso de un cilindro) es notificada a través de un módulo de señal y se provoca la siguiente orden, es decir, a cada señal de entrada le corresponde una señal de salida. Por tanto la información del diagrama de movimientos puede transmitirse a un esquema en forma de una imagen en conjunto, y pueden ordenarse las señales de entrada y salida. Como se muestra en la Fig. 75

Fig. 74



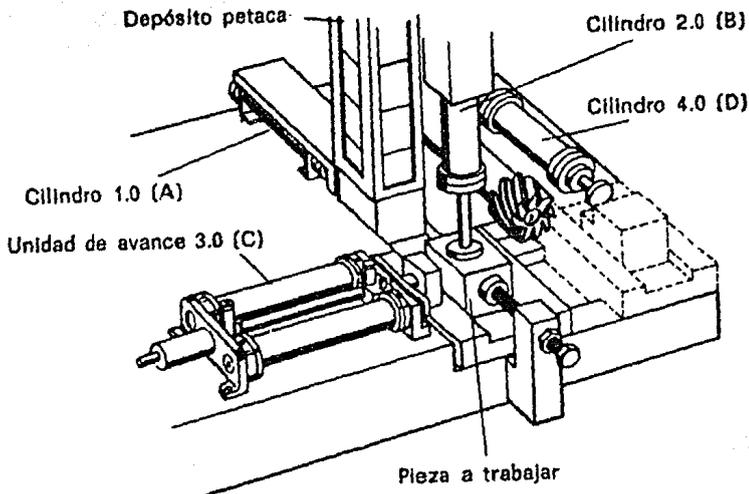


## Ejemplo 11

## Dispositivo de Fresado

Se desea trabajar piezas en un dispositivo de fresado. Mediante el cilindro 1.0 (A) se trasladan las piezas de un magazine al dispositivo de sujeción. El cilindro 2.0 (B) sujeta las piezas. El transporte de las piezas, para que se lleve a cabo el fresado, se realiza con una unidad de avance hidro-neumática 3.0 (C). Una vez que las piezas hayan sido trabajadas son expulsadas por el cilindro 4.0 (D).

Fig. 78



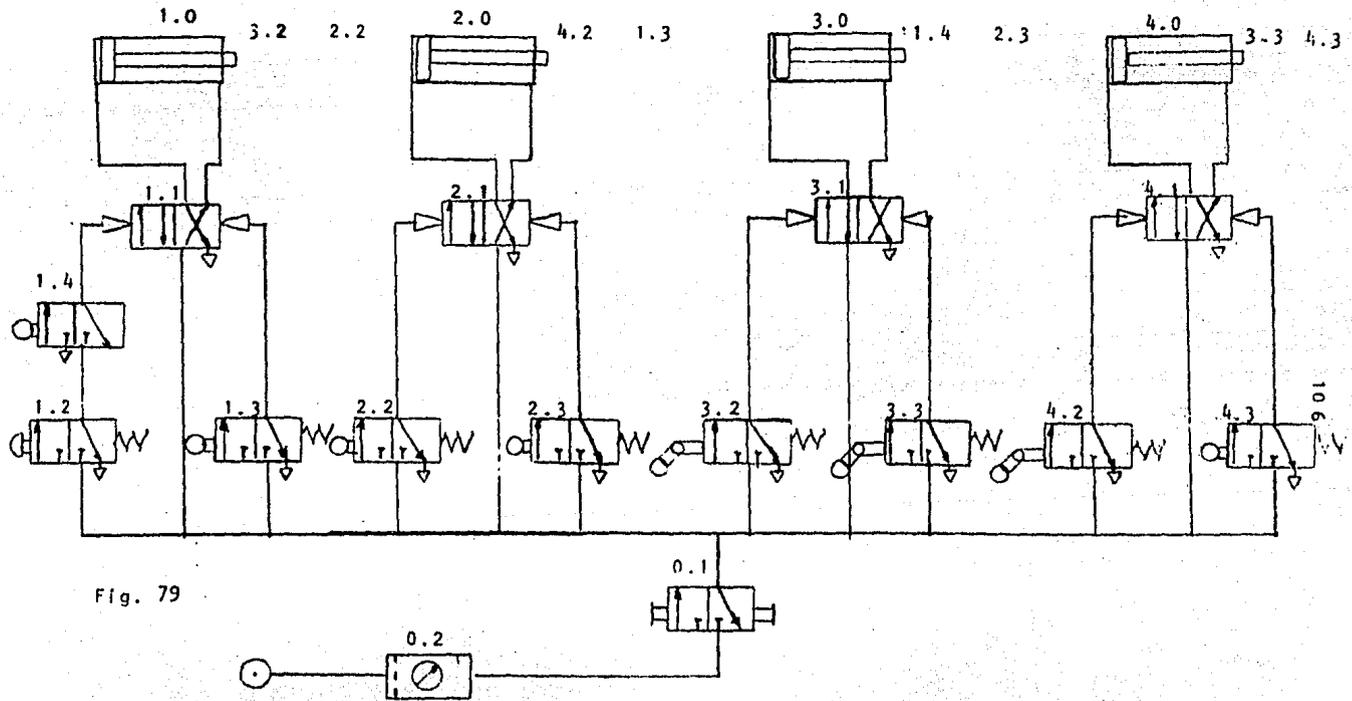


Fig. 79

Esquema de Mando: Dispositivo de Fresado. Método Secuencial Intuitivo.

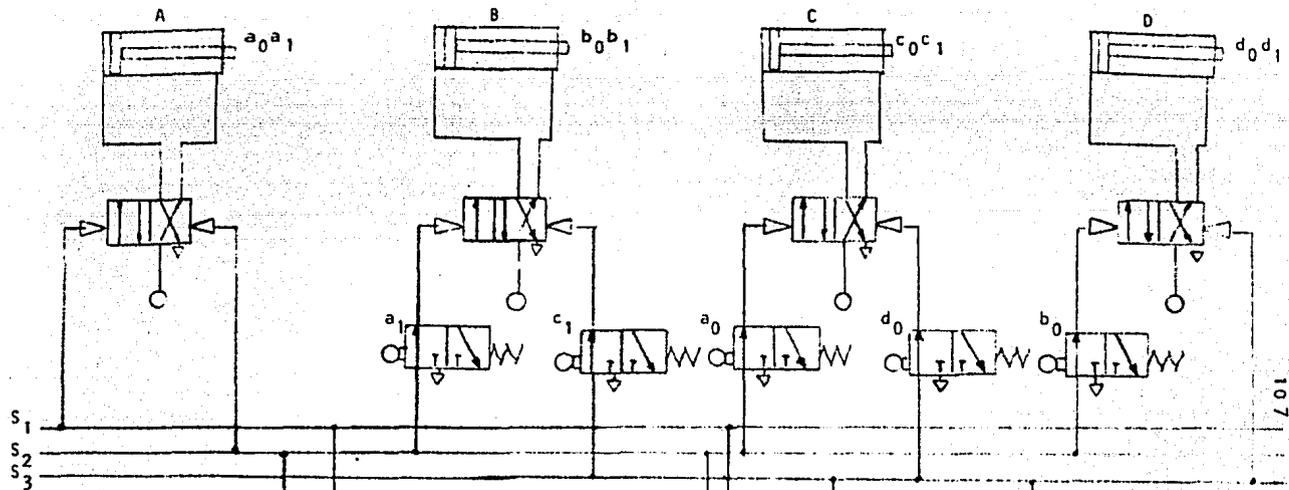
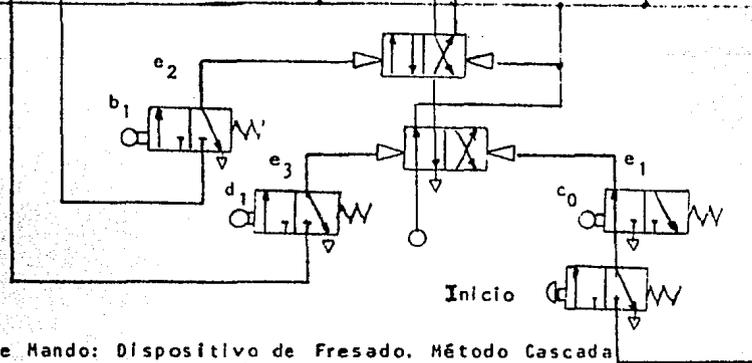


Fig. 80



Esquema de Mando: Dispositivo de Fresado. Método Cascada

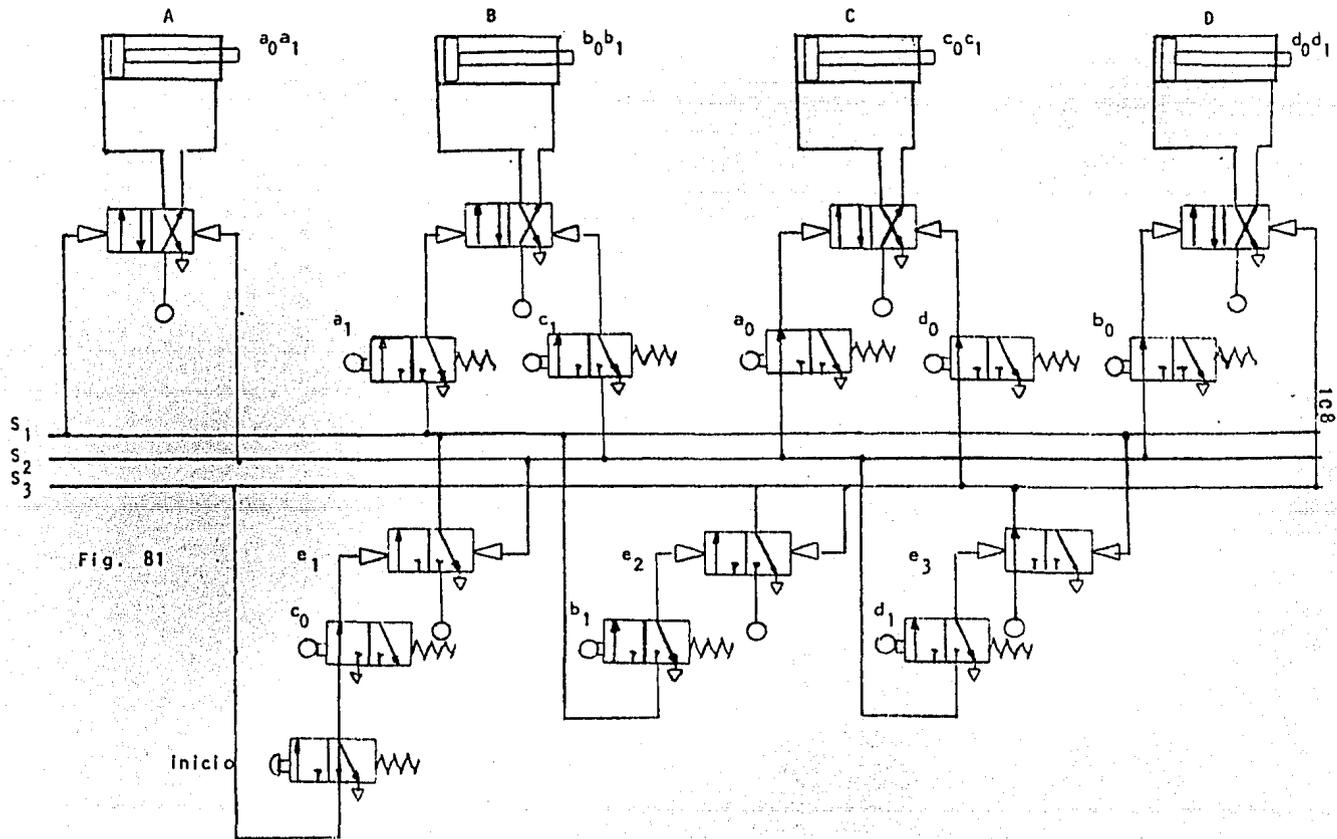


Fig. 81

Esquema de Mando: Dispositivo de Fresado. Método Paso a Paso.

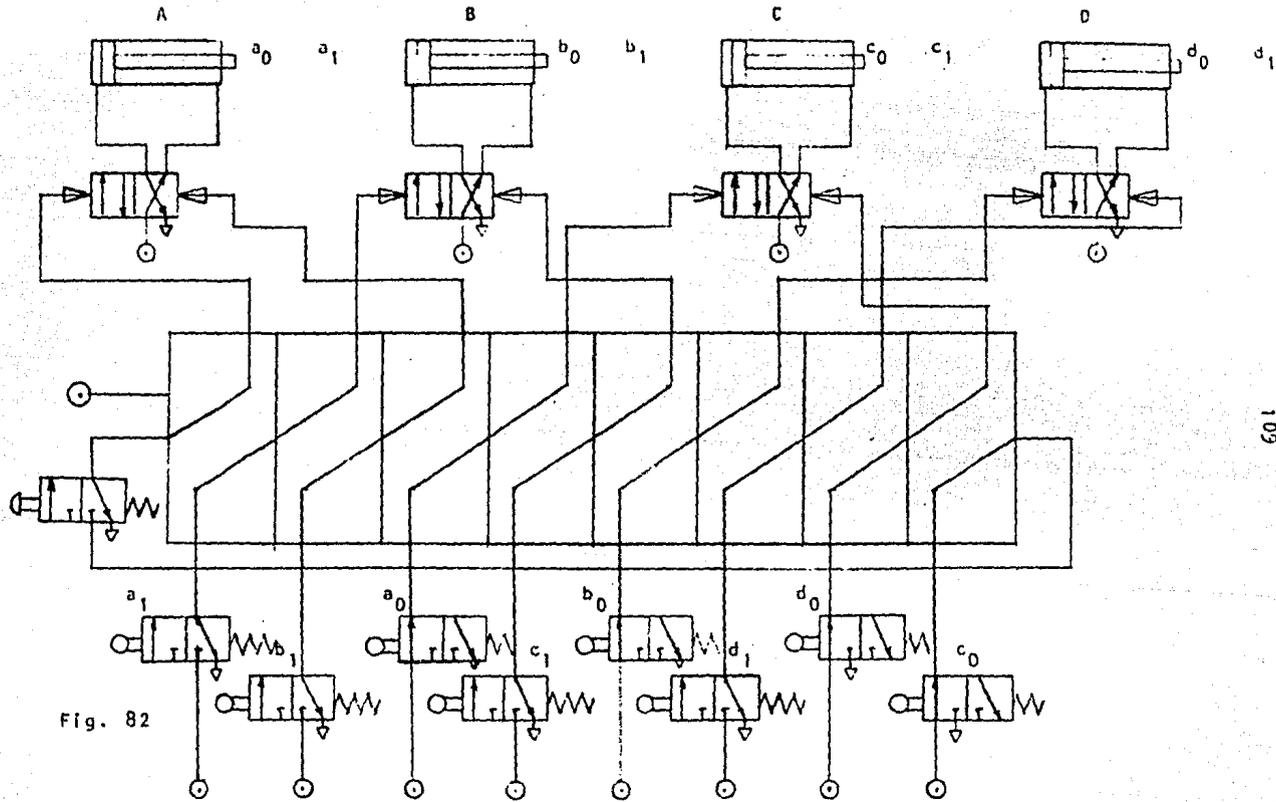


Fig. 82

Esquema de mando: Dispositivo de Fresado. Método paso a paso. con uso de Módulos

## CAPITULO IV EJEMPLOS PRACTICOS

## ESTUDIO ECONOMICO

Hasta este momento se ha tratado sobre la obtención, distribución y uso del aire comprimido. La utilización de éste es en los campos más variados de la Industria y se lleva a cabo tanto para mejorar procesos de fabricación como maquinaria que aún está en buenas condiciones pero que debido a su lentitud es incosteable seguir las trabajando; así como para realizar nueva maquinaria que permita tener una aceptable producción.

El presente Capítulo trata sobre las soluciones propuestas a problemas de automatización que se han desarrollado en la práctica. En algunos de ellos se hará un análisis ya sea económico o de seguridad, para justificar la implementación del sistema de control neumático.

## Problema No. 1

## Sistema de Seguridad en Prensas Excéntricas.

En las prensas excéntricas, debido a fallas mecánicas o humanas, existe el riesgo de accidentes para el operario.

En este caso se trata de instalar un sistema de seguridad en una prensa excéntrica que desarrolla una fuerza de -- 20 toneladas.

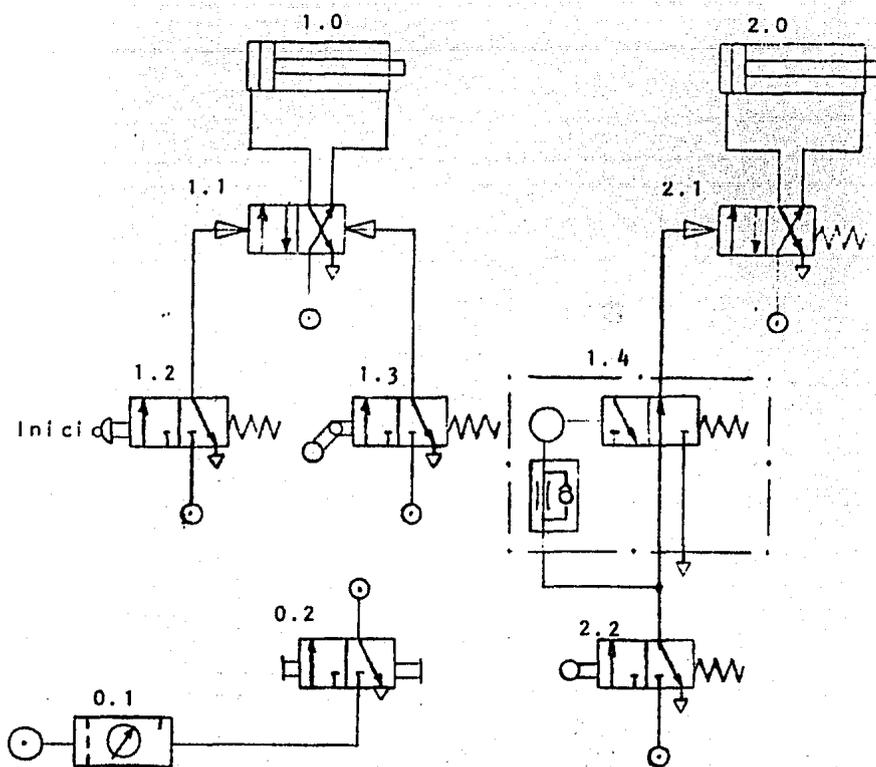
Para resolver este problema se ha instalado en la prensa una pantalla de seguridad mandada por un cilindro.

El control esta diseñado de tal forma que para hacer -- funcionar la prensa, es necesario que exista la protección -- de la pantalla.

Al accionar el pulsador de inicio (1.2) de la fig. 83 - existe una señal para el avance del cilindro que controla la pantalla (1.0), cuando éste llega a su final de carrera accionando la válvula 2.2, se logra el accionamiento del cilindro 2.0 que libera el trinquete de la prensa, para que ésta trabaje. Cortándose esta señal de avance por efecto de un -- temporizador, normalmente abierto, para que vuelva a funcionar el trinquete.

Por otra parte, cuando el martillo de la prensa regresa a su posición inicial, acciona el rodillo escamoteable 1.3 - para que la pantalla suba y la máquina se encuentre en condiciones de realizar un nuevo ciclo.

Fig. 83



Equipo Necesario.

Elemento	Clave	Cant.	Pt. Unitario	Total.
Cilindro de Doble Efecto.	DC-35-300	1	\$ 22,505.00	\$ 22,505.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-50-50	1	18,525.00	18,525.00
Válvula memoria	JP-4-1/8	1	13,439.00	13,439.00
Pulsador de inicio	T-3-M5	1	6,256.00	6,256.00
Rodillo escamoteable	L-3- M5	1	5,557.00	5,557.00
Válvula monotable	VL-4-1/4	1	15,990.00	15,990.00
Rodillo normal	R-3-M5	1	5,251.00	5,251.00
Temporizador N.A.	VZ-3-PK-3	1	11,769.00	11,769.00
Unidad de mantenimiento	FRC-1/4	1	11,908.00	11,908.00
Válvula de corredera	W-3-1/4	1	1,940.00	1,940.00
Paquete de conexiones	S/C	1	7,500.00	<u>7,500.00</u>
				\$ 120,640.00

## Inversión

- Equipo Neumático	\$ 120,640.00
- Aditamentos Mecánicos	<u>15,000.00</u>
	\$ 135,640.00

## Justificación del Automático.

La realización de este automático se justifica plenamente por la seguridad que le brinda al operario el desarrollar su trabajo, evitando que éste quede lisiado para el resto de su vida. Además de disminuir las cuotas que se pagan al I.M.S.S., que son muy altas en comparación con el costo de la inversión del automático.

## Problema No. 2

## Alimentación Automática y Continua

En gran parte de los procesos de fabricación es necesaria una alimentación de material en forma continua. Sin embargo este proceso no en todos los casos está automatizado.

En el presente problema se analiza la alimentación de material para fabricación de sierras. Este material viene en forma de tiras tras una fase de recocido y troquelado de los dientes.

El sistema debe tener la versatilidad de cortar el material a diferentes longitudes así como de seleccionar un trabajo en ciclo único o continuo.

Para la alimentación del material se ha pensado en un dispositivo especial basado en un cilindro de doble efecto y dos de simple efecto. Fig. 84

El cilindro de doble efecto determina la alimentación del material.

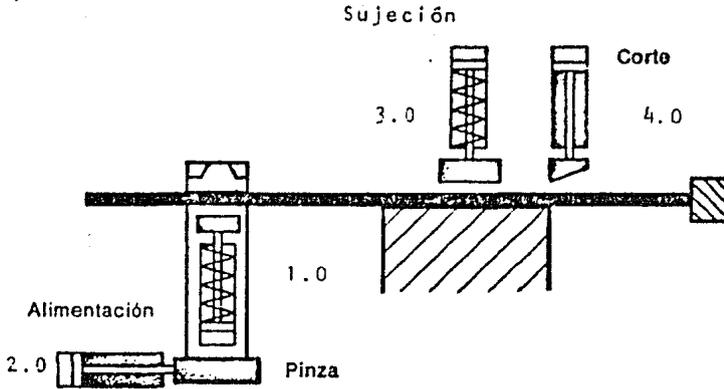
Los cilindros de simple efecto, en sincronía con el de alimentación, efectúan la sujeción del material.

La longitud del material a cortar viene determinada por un tope mecánico de ajuste fino. El corte está sincronizado con el proceso de alimentación y se lleva a cabo por un cilindro de doble efecto.

La alimentación se realiza por el cilindro 2.0 una vez que el 1.0 haya sujetado el material. Cuando alcanza la longitud de corte manda el avance del cilindro de sujeción 3.0. Mientras que la pinza abre y retrocede en vacío, se efectúa el corte de la sierra por el cilindro 4.0, finalmente el cilindro 3.0 libera la pieza pudiendo repetirse el ciclo.

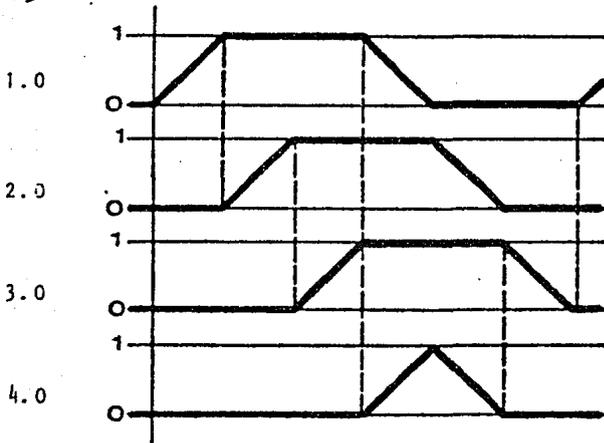
Fig. 84

**Disposición de los elementos:**



**Diagrama de fases**

Fig. 85



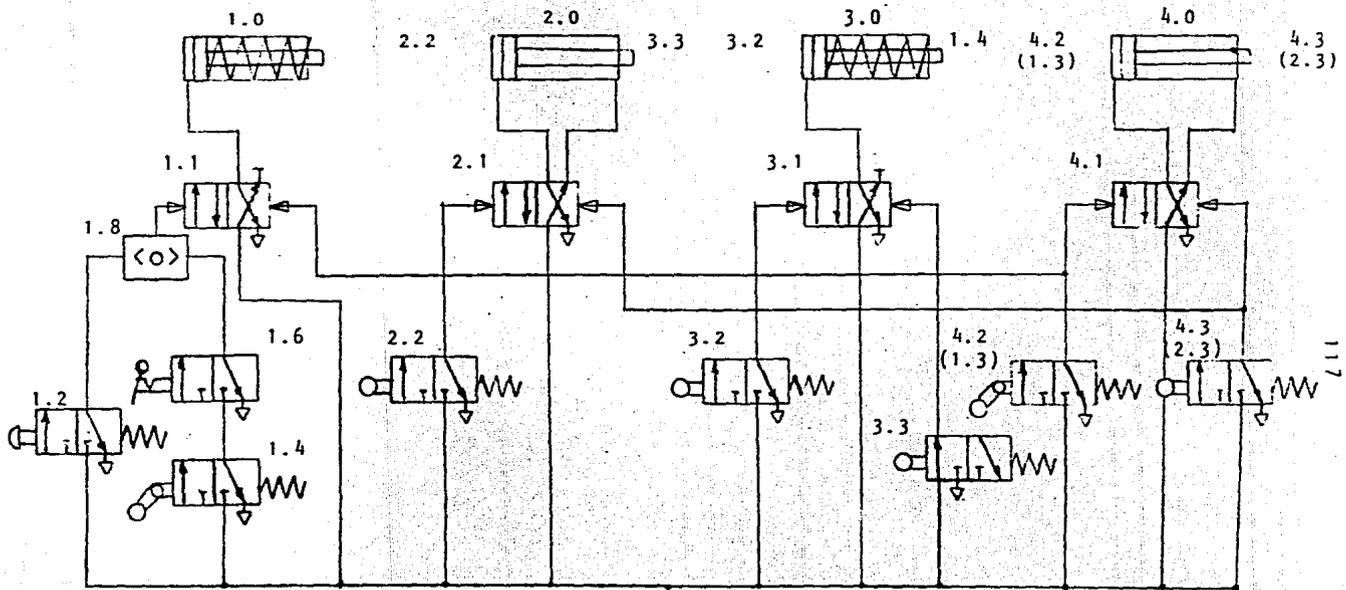
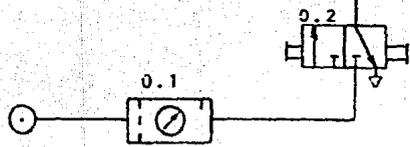


Fig. 86



Equipo Necesario.

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Cilindro de Doble Efecto	DC-35-300	1	\$ 22,505.00	\$ 22,505.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-70-50	1	25,291.00	25,291.00
Cilindro de Simple Efecto	AV-63-10	2	16,367.00	32,734.00
Válvula Memo ria	JP-4-1/8	2	13,439.00	26,878.00
Válvula memo ria	0 JP-4-1/4	2	16,828.00	33,656.00
Pulsador de Inicio	T-3-M5	1	6,256.00	6,256.00
Rodillo nor mal	R-3-M5	4	5,251.00	21,004.00
Rodillo esca moteable	L-3-M5	2	5,557.00	11,114.00
Selector de circuito	OS 1/4	1	2,941.00	2,941.00
Válvula de pa lanca con en claramiento	H-3-M5	1	6,256.00	6,256.00

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Unidad de mantenimiento	FRC-3/8	1	\$ 12,008.00	\$ 12,008.00
Válvula de corredera	W-3-3/8	1	3,062.00	3,062.00
Paquete de conexiones	S/C	1	20,000.00	20,000.00
				\$ 223,705.00

#### Inversión

- Equipo Neumático	\$ 223,705.00
- Aditamentos Mecánicos	22,000.00
	\$ 245,705.00

#### Justificación del Automatismo.

El proceso de corte es completamente automático, además el operador puede seleccionar, por medio de la válvula de palanca, con enclavamiento 1.4, si el proceso ha de trabajar en ciclo único o continuo, lo único que éste tiene que hacer es alimentar de material a la máquina, pudiendo dedicar el resto de su tiempo a vigilar el buen funcionamiento de otra maquinaria. Siendo importante mencionar también que con este dispositivo la calidad del producto es mucho más uniforme.

## Problema No. 3

## Refrentado doble para tubos de antena.

En una industria del ramo automotriz, se mecanizan piezas para la fabricación de antenas telescópicas de radio y televisión. Uno de los componentes es el tubo que almacena los telescopios, éste tras previo corte a medida, debe ser refrentado por ambos extremos. En este proceso se empleaba un torno convencional, siendo necesarias las siguientes fases de trabajo:

- Colocar piezas
- Sujetar
- Refrentar
- Aflojar
- Invertir
- Apretar
- Refrentar
- Aflojar
- Sacar piezas

Dada la necesidad de gran cantidad de estos elementos se hizo indispensable la realización de un dispositivo automático.

Al existir una pieza en la zona de trabajo, los cilindros de simple efecto la sujetan, para que posteriormente dos unidades de avance oleo-neumática desplacen las herramientas de refrentado.

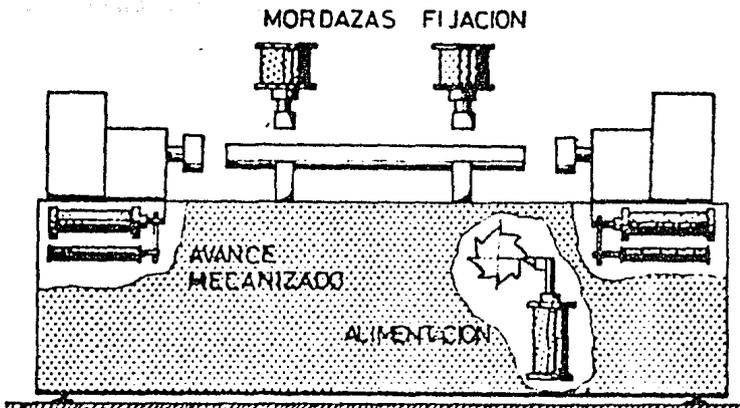
Una vez realizado el trabajo las unidades regresan a su posición inicial, para finalmente liberar la pieza.

La alimentación de la siguiente pieza, que esta en un magazine, viene determinada por el avance de un cilindro de doble efecto que acciona un trinquete y a la vez empuja la pieza ya trabajada hacia un depósito que sirve de almacén.

Este proceso puede trabajar en ciclo único o continuo, - por medio de la válvula de palanca con enclavamiento.

Al inicio del ciclo avanza el cilindro de alimentación - de material y expulsión de la pieza anterior (A). Posteriormente avanzan los cilindros de sujeción (B) para poder mandar el avance de los cilindros de refrentado (C) que retornan automáticamente, una vez que realizaron su trabajo, al mismo tiempo retrocede el cilindro de alimentación (A). Finalmente regresan los cilindros de sujeción (B).

Fig. 87



Secuencia.    A + B + C +    C -    B -    A -

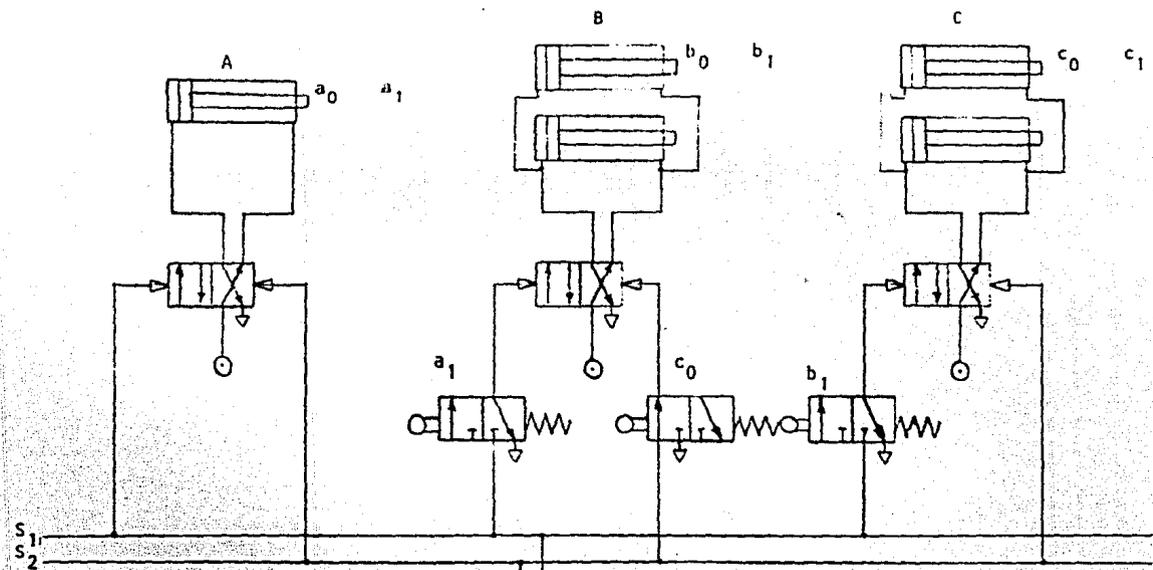
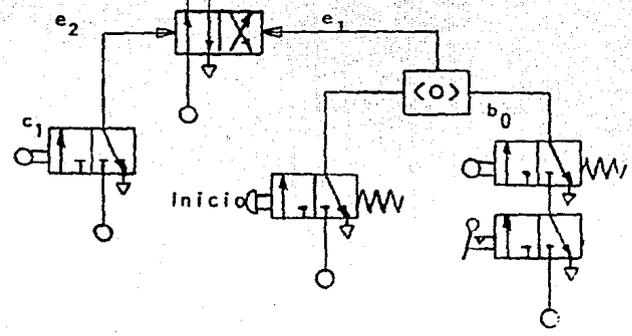


Fig. 88



Equipo Necesario.

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Unidad de avance oleo-neumática	XYD-50-70/70B	2	\$ 172,833.00	\$ 345,666.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-50-50	1	18,525.00	18,525.00
Cilindro de; Simple efecto	AV-70-70	2	23,580.00	47,160.00
Válvula memoria	JP-4-1/4	2	16,828.00	33,656.00
Rodillos nor- males	R-3-M5	4	5,251.00	21,004.00
Pulsador de inicio	P-3-M5	1	6,873.00	6,873.00
Válvula de palan- ca con enclava- miento	H-3-M5	1	6,256.00	6,256.00
Selector de circuito	OS-1/4	1	2,941.00	2,941.00
Válvula de memo- ria de "cascada"	J-5-PK3	1	9,731.00	9,731.00
Válvula de se- cuencia	VD-3-PK3	1	14,552.00	14,552.00

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Unidad de mantenimiento	FRC-3/8	1	\$ 12,008.00	\$ 12,008.00
Válvula de corredera	W-3-3/8	1	3,062.00	3,062.00
Paquete de conexiones	S/C	1	11,000.00	<u>11,000.00</u>
				\$ 532,434.00

#### Inversión

- Equipo Neumático	\$ 532,434.00
- Aditamentos mecánicos y elementos extras	<u>65,000.00</u>
	\$ 597,434.00

#### Justificación Económica del Automatismo.

Con la justificación de este dispositivo se le brinda al operario un puesto de trabajo agradable y seguro. Con él obtenemos también un aumento de producción del 200%, - además el torno que ya no se utiliza puede servir para la fabricación de otros elementos.

El análisis de la amortización se hará sobre series de 20,000 piezas que es la cantidad que se debe entregar semestralmente.

Costo de Producción de pieza antes del Dispositivo \$ 50.00

Costo de Producción de pieza después del Dispositivo 15.00

Ahorro por serie = Diferencia de producción por cantidad de piezas fabricadas en una serie.

$$= (50 - 15) 20,000 = \$ 700,000 \text{ \$/serie}$$

Amortización =  $\frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ahorro por serie}}$

$$\frac{597,434.00}{700,000.00} = 0.853 \text{ series}$$

Por lo tanto se recuperara la inversión antes de finalizar la primer serie.

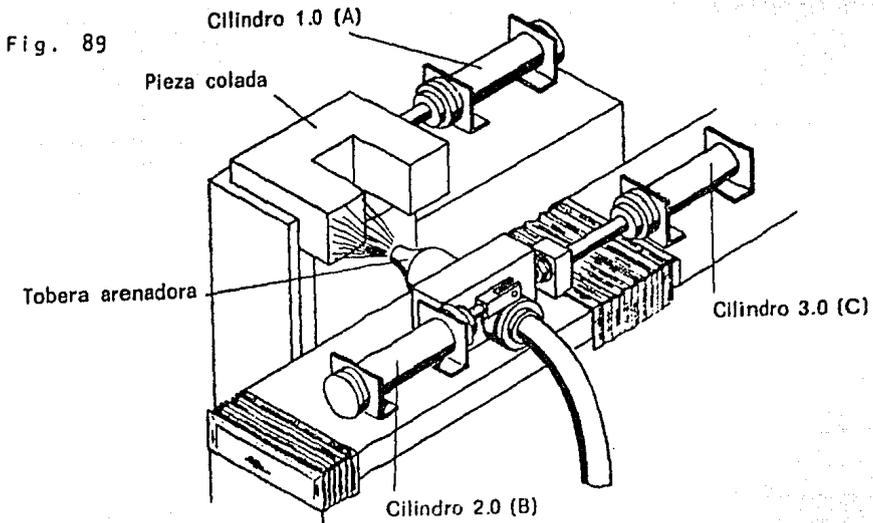
## Problema No. 4

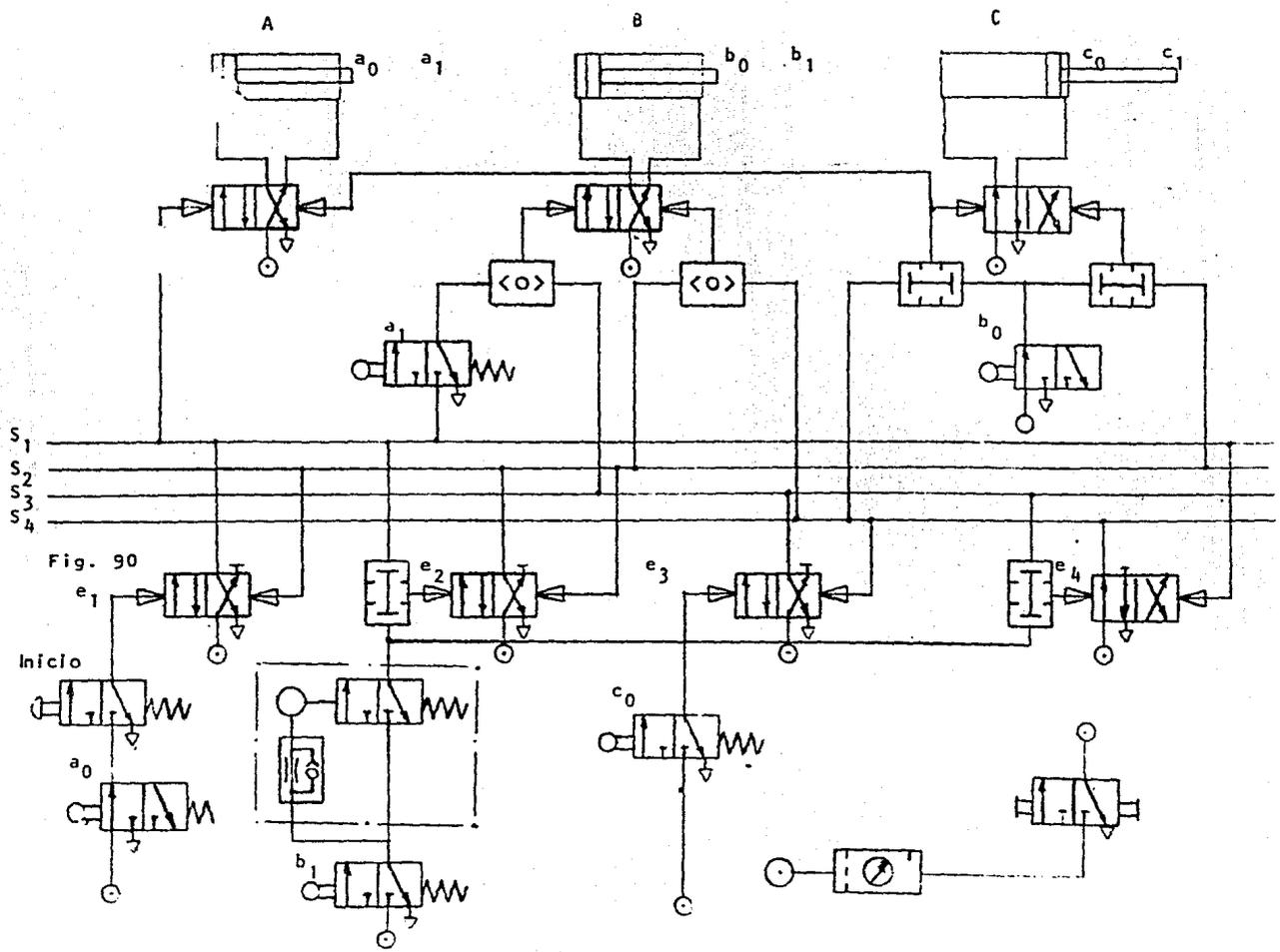
## Arenado de piezas de fundición.

La mayor parte de las piezas que se obtienen por fundición deben recibir chorro de arena en ciertas superficies para mejorar su acabado.

En el presente ejemplo se analiza el sistema de mando de automatización de arenado, de piezas pequeñas en forma de "U". El arenado debe llevarse a cabo en las partes superiores de la pieza. El material se coloca manualmente y debe mandar chorros de arena, durante un determinado tiempo, a las partes antes mencionadas.

Al accionar el pulsador de inicio el cilindro 1.0 (A) avanza para sujetar la pieza. El cilindro 2.0 (B) abre la válvula de arenado, para cerrarla después de cierto tiempo. Posteriormente con el retroceso del cilindro 3.0 (C) se coloca la tobera en la segunda posición y se repite el proceso de arenado. Finalmente los cilindros 1.0 (A) y 3.0 (C) regresan a su posición inicial.





Equipo Necesario.

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Cilindro de Simple Efecto	AV-50-50	1	\$ 16,349.00	\$ 16,349.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-50-50	1	18,525.00	18,525.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-50-100	1	19,323.00	19,323.00
Válvula de memoria (de mando)	JP-4-1/4	3	16,828.00	50,484.00
Válvula de memoria (de control)	J-5-PK-3	4	9,731.00	38,924.00
Rodillo Normal	R-3-M5	5	5,251.00	25,255.00
Modulo "Y"	ZK-M5	4	3,331.00	13,324.00
Modulo "O"	OS1/4	2	2,941.00	5,882.00
Temporizador	VZ-3-PK3	1	11,769.00	11,769.00
Unidad de mantenimiento	FRC-3/8	1	12,008.00	12,008.00

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Válvula de Corredera	W-3-3/8	1	\$ 3,062.00	\$ 3,062.00
Paquete de accesorios	S/C	1	17,000.00	<u>17,000.00</u>
				\$ 232,905.00

#### Inversión

- Equipo Neumático	\$ 232,905.00
- Aditamentos mecánicos	<u>30,000.00</u>
	\$ 262,905.00

#### Análisis Económico del Automatismo

El cálculo del tiempo de recuperación de la inversión se hará tomando en cuenta el incremento de la producción y la mano de obra.

Producción diaria sin automatización 1600 piezas

Sueldo del obrero \$ 680.00 diarios

$$\text{Costo / pieza} = \frac{\text{Sueldo}}{\text{Producción}} = \frac{680.00}{1600 \text{ piezas}} = 0.425 \text{ \$/pieza}$$

Producción con la automatización

Producción diaria 6900 piezas

$$\text{Costo / pieza} = \frac{\$ 680.00}{6900 \text{ pzas.}} = 0.09855 \text{ \$/pieza}$$

Incremento de Producción diario.

$$\Delta P = 6900 - 1600 = 5300 \text{ piezas diarias}$$

Recuperación diaria en función del incremento de producción y el costo de las piezas antes de la automatización.

Recuperación/día = Incremento de Producción x costo inicial de cada pieza.

$$= 5300 \text{ piezas diarias} \times 0.425 \text{ \$/pieza}$$

$$= 12,470 \text{ \$/día}$$

Tiempo de recuperación =  $\frac{\text{Costo total del Equipo}}{\text{Recuperación por día}}$

$$= \frac{\$ 262,905.00}{12,470.00} = 21 \text{ días}$$

Tiempo de recuperación 1 mes

## Problema No. 5

## Rectificación interior de bujes de bronce.

La fabricación de bujes es un proceso muy común en la rama metal mecánica, esto se puede realizar con cierta facilidad en forma automática pero lo que no hace con tanta facilidad es la rectificación interior de estos elementos.

En el presente ejemplo se analiza la solución de un problema de rectificado del diámetro interior de bujes de bronce para la fabricación de chumaceras.

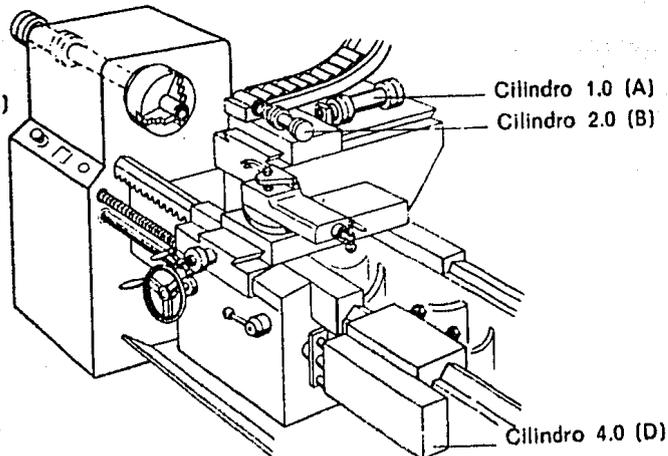
En la fig. 91 se muestra el croquis de situación y diagrama de movimientos de nuestro problema.

La secuencia es la siguiente:

A través del plano inclinado, los bujes llegan al torno. El cilindro 1.0 (A) coloca el carro trasversal en posición de alimentación. El cilindro 2.0 (B) introduce una mordaza de sujeción. El cilindro 3.0 (C) sujeta la pieza, por medio de la unidad de avance oleo-neumática, que controla el carro longitudinal, se obtiene la rectificación del diámetro interior del buje. Finalmente el cilindro 3.0 (C) libera la pieza, que se retira manualmente pudiendo mandarse la realización de un nuevo ciclo.

Fig. 91

Cilindro 3.0 (C)



Cilindro 1.0 (A)

Cilindro 2.0 (B)

Cilindro 4.0 (D)

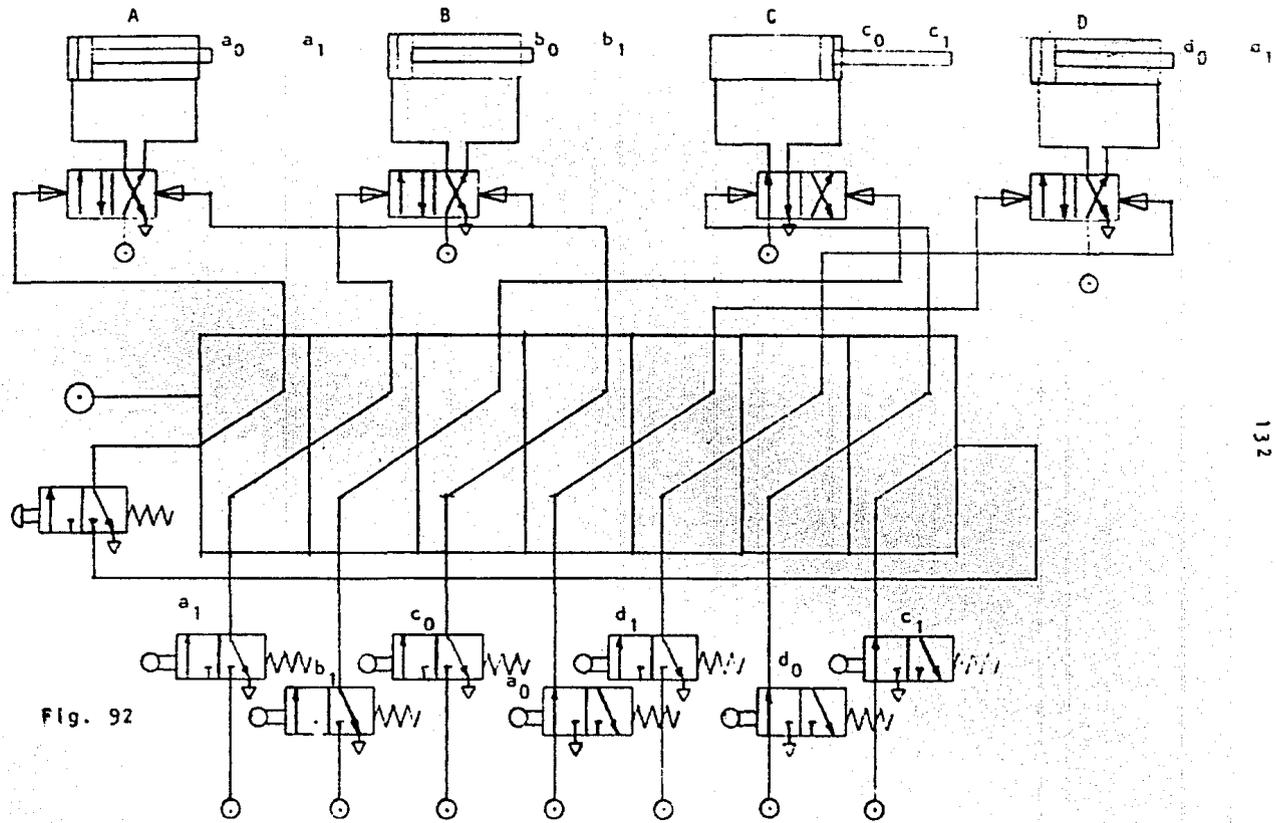


Fig. 92

Equipo Necesario.

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Cilindro de Doble Efecto	DC-70-25	1	\$ 24,783.00	\$ 24,783.00
Cilindro de Doble Efecto	DC-35-200	1	16,337.00	16,337.00
Cilindro de Doble Efecto	DSN-25-80	1	5,019.00	5,019.00
Unidad de avan ce oleo-neumá- tica	ZY-35-80	1	99,172.00	99,172.00
Válvula memo ria	JP-4-1/4	3	16,828.00	50,484.00
Válvula memo ria	J-S-PK-4	1	10,197.00	10,197.00
Rodillo Nor mal	R-3-M5	8	5,251.00	42,008.00
Módulo Paso a Paso	TAA-2N-PK3	6	12,282.00	73,692.00
Módulo Paso a Paso	TAB-2N-PK3	1	12,282.00	12,282.00

Elemento	Clave	Cant.	P. Unitario	Total
Pulsador de Inicio	T-3-M5	1	\$ 6,256.00	\$ 6,256.00
Unidad de mantenimiento	FRC-3/8	1	12,008.00	12,008.00
Válvula de corredera	W-3-3/8	1	3,062.00	3,062.00
Paquete de accesorios	S/C	1	21,000.00	<u>21,000.00</u>
				\$ 376,300.00

#### Inversión

- Equipo Neumático	\$ 376,300.00
- Aditamentos mecánicos	<u>40,000.00</u>
	\$ 416,300.00

#### Justificación Económica del Automatismo

Esta será en función del sueldo del Tornero, del incremento en la producción y del costo del automatismo.

Sueldo del operador \$ 870.00 diarios

Producción sin automatización 120 piezas diarias

Producción con automatización 500 piezas diarias

$$\text{Costo / pieza} = \frac{\$ 878.00}{120 \text{ piezas}} = 7.316 \text{ \$/pieza}$$

Incremento en la Producción

$$AP = 500 - 120 = 380 \text{ piezas diarios}$$

Recuperación diaria en función del incremento de producción y el costo de las piezas antes de la automatización.

Recuperación/día = Incremento de la producción x costo unitario de las piezas sin automatización

$$= 380 \text{ piezas} \times 7.316 \text{ \$/pieza}$$

$$= 2,780.00 \text{ \$ diarios}$$

Recuperación de la Inversión =  $\frac{\text{Inversión Total}}{\text{Recuperación diaria}}$

$$= \$ \frac{416,300.00}{2,780.00} = 149.7 \text{ días.}$$

## CAPITULO V      MANTENIMIENTO

El mantenimiento efectuado por especialistas de los equipos y elementos neumáticos no debe quedar limitado a las reparaciones necesarias, sino que en primer término debe estar enfocado a una conservación preventiva con el fin de impedir al máximo el mantenimiento correctivo y de esta manera elevar la duración en servicio de la maquinaria y dispositivos y garantizar así su correcto funcionamiento. Un mantenimiento sistemático ahorra gastos innecesarios, reflejados por pérdidas de aire, reparaciones y tiempos de parada.

## 5.1.      Compresores.

En el mantenimiento de equipos productores de aire comprimido han de cumplirse las instrucciones de servicio de los fabricantes ya que éstas son distintas según el fabricante y el modelo del equipo. Entre los trabajos elementales y regulares del mantenimiento figuran la comprobación de limpieza y reparación, en caso de necesidad, de los filtros de aspiración, de la lubricación con aceite y de la refrigeración. El ciclo de limpieza del filtro de aspiración viene determinado por el grado de pureza del aire aspirado.

El cambio del fluido de lubricación del compresor se debe realizar siguiendo el turno de horas de servicio, por lo que se recomienda prever un contador de horas propio para cada compresor. La evaluación de horas de trabajo conduce muy fácilmente a apreciaciones erróneas y con ello a una falta de lubricante y a la parada del compresor. Lo mismo ocurre si en los compresores viejos se pierde mucho aceite con el aire comprimido, por cuya razón el estado del aceite ha de comprobarse con regularidad, los compresores modernos están equipados por regla general, con un control manométrico de aceite que desconecta el equipo cuando la presión del

aceite es demasiado baja.

En la refrigeración por aire del compresor ha de prestarse atención a una alimentación suficiente de aire fresco exterior. En otras modalidades de refrigeración debe asegurarse una supervisión regular de las temperaturas en la entrada y salida del fluido refrigerante.

En los refrigeradores y acumuladores situados después del compresor y que también pertenecen a la sección de producción de aire comprimido, es posible conseguir un vaciado automático de los condensadores, lo que por otra parte no es motivo para descuidar la supervisión regular de su capacidad de funcionamiento. En los acumuladores, los órganos de seguridad han de mantenerse en un estado de funcionamiento perfecto. Además para los acumuladores han de observarse y cumplirse las reglamentaciones especiales de las asociaciones profesionales.

## 5.2. Red de Distribución.

El aire comprimido contiene impurezas que pueden causar interrupciones en los mandos neumáticos. Estas impurezas son en general, gotas de agua, polvo, restos de aceite de los compresores, óxido, cascarillas y similares.

Debido a que el aire comprimido tiene contacto con los diversos elementos de trabajo, mando y señal, se debe tratar de eliminar dichas impurezas.

Mediante la preparación del aire comprimido se aumenta la duración de los elementos. Los tiempos de avería de los mandos y las reparaciones de los elementos se reducen.

Sobretudo debe prestarse gran atención a la humedad que contiene el aire comprimido.

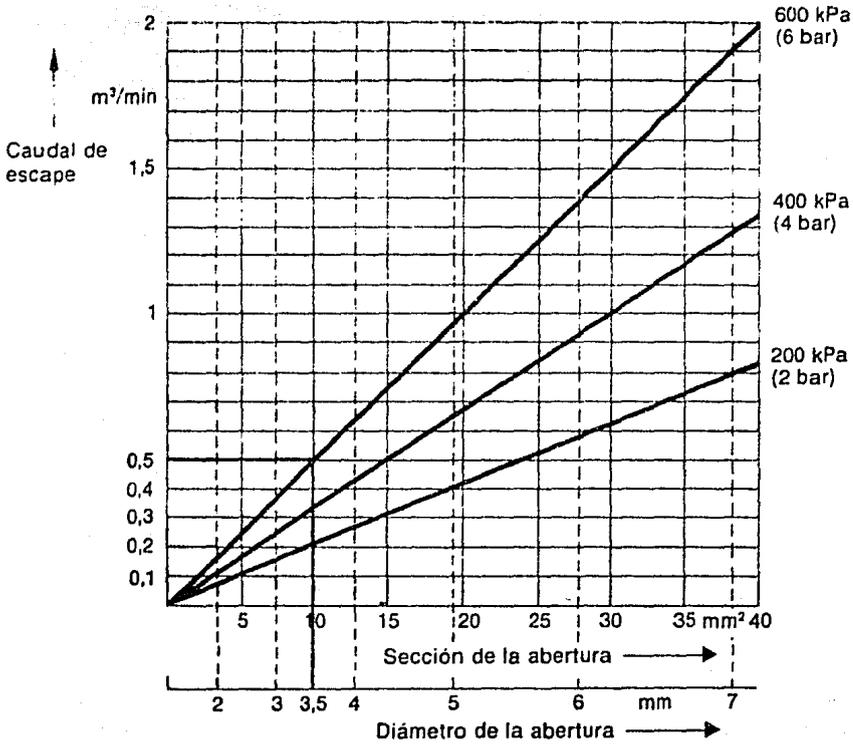
Suponiendo que una red de aire comprimido ha sido correctamente tendida, la estanqueidad constituye un punto particularmente delicado; en este aspecto deberá procederse a una revisión anual como mínimo y mejor aún si se hace de

dos a cuatro veces por año. Para realizar ésta se bloquean todas las líneas de los consumidores, la instalación se carga con la presión de trabajo y se procede a determinar cuantitativamente las pérdidas por fugas de acuerdo con la disminución de la presión en el acumulador en un tiempo prefijado. En algunos casos incluso será necesario mantener el servicio de los compresores y determinar la pérdida de aire con el tiempo de conexión, y si por los puntos de fuga se pierde más del 10% del aire comprimido generado, se hace imprescindible localizar los puntos de fuga en la red, operación que puede efectuarse pintando con agua jabonosa las uniones atornilladas, las soldaduras y los puntos de empalmes, o mejor aún con ayuda de un pulverizador aerosol comercial. Las uniones atornilladas innecesarias deben ser reemplazados por soldadura. Las llaves de paso con volante manual constituyen un gran peligro de pérdidas de aire comprimido, y en sustitución de éstas se recomienda instalar enchufes rápidos para tubos flexibles de desconexión automática para el acoplamiento de los consumidores. Estos acoplamientos también pueden tener fugas, pero la probabilidad es menor. En la gráfica de la fig. 93 se comprueba que con una superficie de fuga de  $10 \text{ mm}^2$  y una presión de 6 bar aproximadamente se pierden unos  $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$ . La búsqueda regular de los puntos de fuga en la red debe realizarse después de las horas de trabajo, cuando no intervenga ningún ruido extraño. (de preferencia en la noche).

Los puntos de acumulación de condensado en la red necesitan un vaciado periódico, en este caso, los purgadores automáticos pueden simplificar bastante el mantenimiento. En los purgadores debe comprobarse su funcionamiento una vez por semana como mínimo; en especial ha de comprobarse la válvula del flotador puesto que las partículas de óxido grandes pueden adherirse a la válvula e impedir su correcto funcionamiento.

Fig. 93

Diagrama del escape de aire



### 5.3. Elementos Neumáticos.

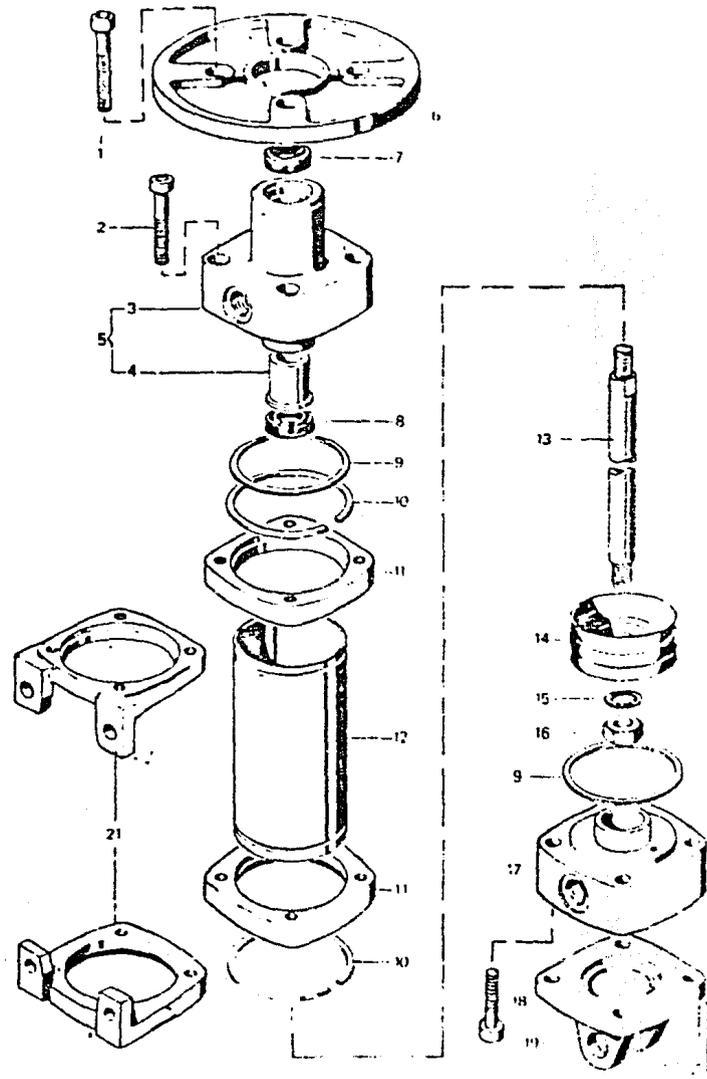
#### - Cilindros.

El aire comprimido para el accionamiento de los elementos de trabajo y de mando debe complementar su preparación poco antes de su utilización. Las unidades de mantenimiento están previstas para esta misión. Un aire bien preparado sólo produce beneficios a los elementos y bajo este aspecto es superfluo otro mantenimiento.

1	Tornillo de hexagono interior DIN 912; M 5 x 35	200 049	4
2	Tornillo de hexagono interior DIN 912; M 5 x 25	200 048	4
3	Tapa del conete	ZD-132	202 787
4	Casquillo con borde	ZD-119.1	200 024
5	Tapa del cojinete, completa	ZD-116.1	100 144
6	Brida tipo F o V	ZD-141.1	200 033
7	Junta separadora	12 x 22 x 5,8	200 058
8	Collarin	12 x 22 x 7	200 035
9	Anillo de junta	40 x 35 x 0,5	200 061
10	Arandela Grover	ZD-121	200 026
11	Abrazadera	ZD-120	200 025
12	Tubo del cilindro	ZD-101	200 002
13	Vástago	ZD-102	200 001
14	Reten interior doble	T-DL/O 35	200 060
15	Anillo punza	VH 8	200 031
16	Tuerca hexagonal (Cleveloc)	M 8	200 047
17	Tapa de cierre	ZD-117.1	100 209
18	Tornillo de hexagono interior DIN 912; M 5 x 25	200 048	4
19	Brida oscilante tipo S	ZD-140.1	200 032
20	Tornillo de hexagono interior DIN 912; M 5 x 35	200 049	4
21	Pie de fraccion tipo II	ZD-138	200 138

\*Piezas de desgaste

Fig. 94 Croquis y lista de despiece de un Cilindro Neumático de Doble Efecto.



Todo elemento móvil tiene una o varias partes de desgaste que deben ser atendidas; por consiguiente es importante saber de antemano dónde puede gastarse o dañarse una pieza. Para ello son muy útiles los croquis de despiece en los que figuran indicaciones sobre las partes sometidas a desgaste. La fig. 94 muestra un ejemplo para un cilindro de doble efecto. Normalmente el cilindro no necesita ser abierto periódicamente para ver si sus piezas aún están en buen estado. Los desperfectos en el émbolo se hacen perceptibles porque el cilindro no entrega toda la potencia y también -- por el ruido del aire que escapa por la gufa del vástago.

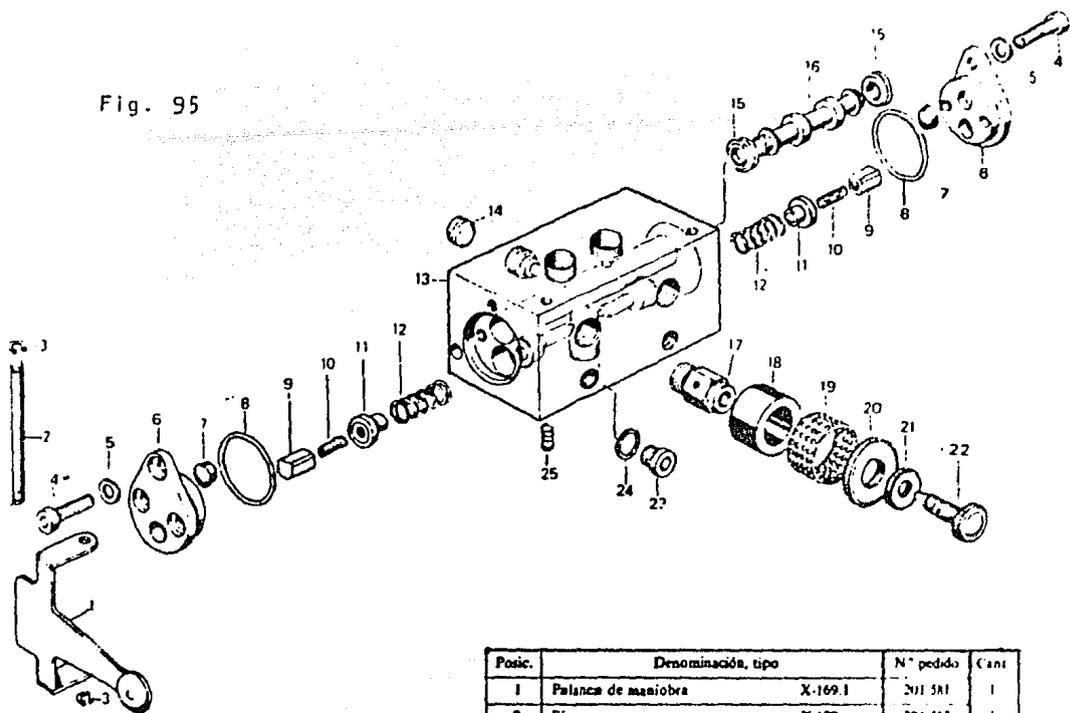
En un cilindro de doble efecto existen varias piezas sometidas a desgaste, precisando una atención especial las posiciones 7 y 8 correspondientes a las juntas del rascador y del obturador respectivamente. La junta obturadora cierra herméticamente el espacio del cilindro respecto al vástago. La junta del rascador retiene la suciedad adherida al vástago. Los desperfectos en estas juntas conducen al ensuciamiento en el interior y a pérdidas por fugas. La causa más frecuente de este desperfecto es una fuerza tangencial producida por un montaje inadecuado del cilindro, por lo -- que los casquillos de gufa se mueven. La única solución en este caso es cambiar las piezas, pudiéndose evitar esto dentro de ciertos límites empleando una rótula flexible, porque con ella la tolerancias de la sujeción están mejor compensadas.

La alimentación de aire y con ellas las uniones -- atornilladas en los cilindros han de comprobarse periódicamente, pudiendo aparecer pérdidas por fugas que no sólo -- cuestan dinero, sino que también puede perjudicar el rendimiento del cilindro.

- Válvulas.

También es fundamental emplear sólo aire comprimi-

Fig. 95



Croquis y lista de despiece  
de un bloque de distribución  
5/2 (FESTO-Pneumatic)

Posic.	Denominación, tipo	N° pedido	Cant.
1	Palanca de maniobra X-169.1	201 581	1
2	Eje X-170	201 582	1
3	Anillo de seguridad «Seeger» A 5 x 0,6 DIN 471	200 615	2
4	Tornillo de hexágono interior M 6 x 20 DIN 912	200 608	6
*5	Anillo de junta 6 x 10 x 0,5	200 789	6
6	Tapa X-152.1	201 574	2
7	Tope X-155	201 578	2
*8	Anillo obturador irroidal 30 x 2	200 954	2
9	Pivote de cambio X-154.1	201 577	2
10	Prisionero M 5 x 12 DIN 551	200 645	2
11	Plato de la válvula X-011-01	100 250	2
12	Muelle de compresión V-106	201 241	2
13	Caja X-150.2	201 572	1
14	Tornillo de cierre X-172	201 583	1
*15	Collarín 14 x 8 x 4.2	201 001	2
16	Corredera de mando X-151.3	201 573	1
17	Pivote regulador X-156	201 574	2
18	Amortiguador X-158	201 576	2
19	Tubo de protección X-162	201 579	2
20	Tuerca moleteada X-157	201 580	2
21	Tuerca moleteada GR-124.1	202 025	2
22	Tornillo regulador GR-121.3	202 024	2
23	Tornillo de cierre R 1 8 DIN 908	102 001	2
24	Anillo de junta 10 x 13 x 1	201 700	2
25	Muelle de torsión X-178.2	201 584	2

\* Piezas de desgaste.

do preparado para todos los elementos de mando. Las suciedes del aire comprimido procedentes de partículas de óxido, cascarillas de soldadura u otras impurezas deben ser separadas en el filtro de la unidad de mantenimiento debido a que en caso contrario estas partículas pueden depositarse o --- adherirse pudiendo por este motivo producirse un fallo en la válvula. Las válvulas con fuga han de ser reemplazadas en el acto, pudiendo repararse la avería con facilidad sin personal especializado.

En la fig. 95 se muestra el croquis del despiece de un bloque de mando 5/2, en el que estan integradas dos válvulas de purga, dos válvulas estranguladoras y dos silenciadores. También se han marcado las pocas piezas sometidas a desgaste siendo lo más seguro, realizar la sustitución de una pieza deteriorada siguiendo un croquis de este tipo, no obstante, este trabajo sólo deberá ser realizado por personal de mantenimiento especializado.

#### 5.4. Desarrollo del Mando.

El desarrollo de mando es una representación gráfica en forma de tabla, en la cual se muestra de una manera muy clara el orden en que van siendo actuados los elementos neumáticos en cada una de sus fases de trabajo. Esta representación del funcionamiento de los elementos neumáticos es de gran ayuda para el personal de mantenimiento porque por medio de ella, la detección de averías es mucho más rápida y fácil, y de esta forma se evitan muchos problemas de tener que detectar las fallas con pruebas al tanteo, corriéndose el riesgo de que en alguna de estas pruebas se cometa un error en las conexiones. Además de que haciendo uso del desarrollo del mando, la detección de la avería se lleva a cabo de una manera sistemática y se localiza la falla muy rápidamente.

Para la realización del mando se procede de la siguiente manera:

Se debe disponer de nueve columnas, en cada una de las cuales se pondrán los siguientes títulos: Fase, Accionamiento de la válvula de señal, Por, Conmutación de la memoria, Aire en el grupo, Conmutación de la memoria de mando, Avance o retroceso del elemento de trabajo y Observaciones.

En seguida se anotan los datos o la identificación de los elementos que corresponden según la fase de trabajo de que se trate.

A manera de ejemplo a continuación se ilustra el desarrollo del mando del problema del Doblado de la chapa metálica que se resolvió en el capítulo III, del cual se muestra su croquis de situación y diagrama de movimientos.

Se realizará el desarrollo de Mando de las soluciones al problema mencionado por los tres diferentes métodos de automatización

Fig. 96

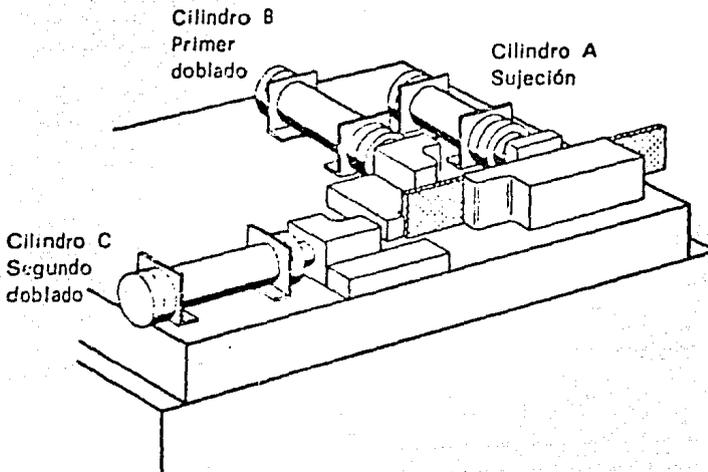
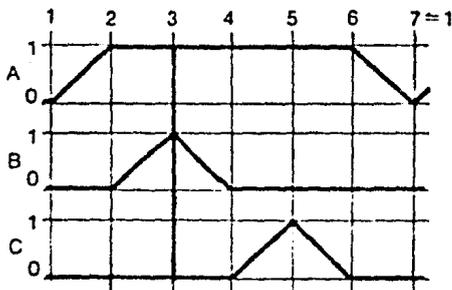


Diagrama de movimientos



## Desarrollo del mando. Método Secuencial Intuitivo.

Fase	Acciona miento válvula de señal.	por	Conmuta ción de la memo ria.	Con aire en el - grupo.	Conmuta ción de la memo ria de mando.	Elemento de trabajo.	
						Avance	retro ceso.
1	1.2 1.4	Man. 1.0	--	--	1.1(Z)	1.0	--
2	2.2	1.0	--	--	2.1(Z)	3.0	--
3	2.3	2.0	--	--	2.1(Y)	--	2.0
4	3.2	2.0	--	--	3.1(Z)	3.0	--
5	3.3	3.0	--	--	3.1(Y)	--	3.0
6	1.3	3.0	--	--	1.1(Y)	--	1.0

## Desarrollo del mando. Método Cascada.

1	1.2 1.4	Man. 1.0	0.2(Y)	1	1.1(Z)	1.0	--
2	2.2	1.0	--	1	2.1(Z)	2.0	--
3	2.3	2.0	0.1(Z)	2	2.1(Y)	--	2.0
4	3.2	2.0	--	2	3.1(Z)	3.0	--
5	3.3	3.0	0.2(Z)	3	3.1(Y)	--	3.0
6	1.3	3.0	--	3	1.1(Y)	--	1.0

## Desarrollo del mando. Método Paso a Paso.

Fase	Acciona miento válvula de señal.	por	Conmuta ción de la memo ria.	Con aire en el - grupo.	Conmuta ción de la memo ria de mando.	Elemento de trabajo.	
						avance	retro ceso.
1	1.2 1.4	Man. 1.0	0.1(Z)	1	1.1(Z)	1.1	--
2	2.2	1.0	--	1	2.1(Z)	2.0	--
3	2.3	2.0	0.2(Z)	2	2.1(Y)	--	2.0
4	3.2	2.0	--	2	3.1(Z)	3.0	--
5	3.3	3.0	0.3(Z)	3	3.1(Y)	--	3.0
6	1.3	3.0	--	3	1.1(Y)	--	1.0

### 5.4.1. Detección de Averías

Con el mismo ejemplo que estamos tratando, a continuación se ilustran los puntos importantes en la detección sistemática de averías.

Antes de hacer modificaciones en el mando (soltar mangueras, desmontar elementos, etc.) deberá solicitarse el diagrama de movimientos y el esquema de mando, para que en base a esta información se obtenga el desarrollo del mando.

Analizando la posición de los elementos de trabajo y con ayuda del diagrama de movimientos se determina la fase en que surgió la avería.

Suponiendo que la falla se presentó cuando los elementos de trabajo se encontraban en la siguiente posición:

- Cilindro	1.0	A	Fuera
- Cilindro	2.0	B	Fuera
- Cilindro	3.0	C	Dentro

La única fase que cumple con estas condiciones es la 3; entonces en el desarrollo del mando se analizan los elementos que corresponde a esta fase.

Los elementos que deberemos analizar serán:

+ La válvula de señal	2.3
- El cilindro	2.0
- La válvula de mando	2.1
- El cilindro	2.0

Se recomienda desarrollar el análisis de la siguiente manera.

## 1.- La válvula 2.3

Esta válvula debe ser accionada por el cilindro 2.0 (B).

¿ Existe alimentación de presión a la válvula ?

¿ Hay señal a la salida de ella al ser accionada ?

¿ El ajuste mecánico entre la válvula y el cilindro que la acciona es el correcto ?

## 2.- La válvula de mando 2.1

Esta válvula debe ser accionada mediante una señal neumática en "Y".

¿ No hay señal a la salida ?

¿ Existe alimentación de presión a la válvula ?

¿ Efectivamente se presenta la señal en "Y" ?

¿ Existe contra señal en "Z" ?

## 3.- El cilindro 2.0

¿ No regresa este cilindro ?

¿ Le llega señal para el retroceso ?

¿ Escapa el aire por el otro orificio del cilindro ?  
(este escape se manifiesta en la válvula de mando)

¿ Existe algún bloqueo mecánico ?

Buscando las respuestas a las preguntas antes realizadas se encontrará el elemento que provocó el paro del -- proceso. Nótese que para encontrar la falla se analizan únicamente unos cuantos elementos y de una manera sistemática.

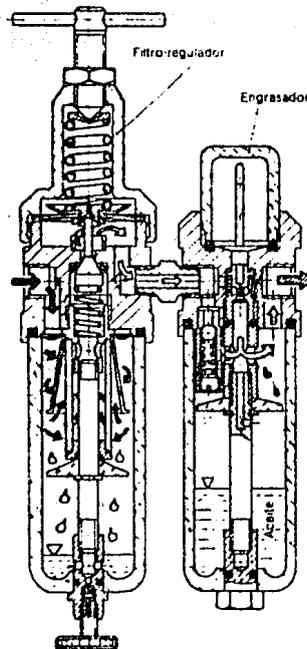
Si la causa del problema es la falla de algún elemento, significa que hay que desmontarlo. Después de haber -- montado uno nuevo, surge el problema de la reparación del -- elemento defectuoso. En práctica se recomienda, que si el --

costo de la reparación es mayor al 50% del costo de un elemento nuevo es mejor no realizarla y adquirir uno nuevo.

### 5.5 Unidad de Mantenimiento.

La unidad de mantenimiento es un montaje en bloque que se compone de filtro de aire comprimido, válvula reguladora de presión con manómetro y lubricador de aire comprimido. El aire comprimido fluye a través del filtro del aire comprimido, en el cual se purifica el aire, hacia la válvula reguladora de presión, que proporciona una presión constante, y penetra en el lubricador de aire comprimido.

Fig. 97



Síntomas de un mal acondicionamiento del aire comprimido.

- Rápido desgaste de piezas móviles en cilindros y válvulas.
- Formación de gotas de agua en las conducciones.
- En el lubricador se deposita agua.
- Velocidad lenta de los elementos de trabajo.
- Los silenciadores de las válvulas se ensucian

Medidas.

Examinar los diferentes elementos de la unidad de mantenimiento.

- Condensación en el filtro del aire.
- Cartucho filtrante en el filtro del aire.
- Graduación del regulador de presión.
- Graduación del lubricador de aire comprimido.
- Utilización del aceite adecuado.
- Sentido de paso de la unidad de mando.

## CONCLUSIONES

Es de todos conocido que el hecho de automatizar un determinado proceso de fabricación, es básicamente con el fin de obtener una mayor cadencia de la maquinaria a un menor costo de producción, para poder obtener mayores beneficios.

De acuerdo a lo expuesto en este trabajo, podemos darnos cuenta que la neumática es una técnica que nos ofrece grandes perspectivas para automatizar cualquier proceso de fabricación.

Dependiendo de la complejidad del proceso que se desee automatizar, se elegirá el método a utilizar.

Si se trata de un método sencillo, en donde no exista más riesgo en el desarrollo de la secuencia, puede usarse el Sistema Secuencial Intuitivo con Base Tecnológica. La desventaja de este método es que cuando se presentan señales opuestas al mismo tiempo en una válvula de mando (bloques), normalmente se recurre a rodillos escamoteables. Debido a que estos rodillos se deben colocar un poco antes del final de carrera, de los elementos de trabajo, existe un pequeño defasamiento en el diagrama de movimientos.

Si se requiere que la frecuencia del diagrama de movimientos se cumpla exactamente y sin defasamientos se puede recurrir al método Cascada. En donde por medio de válvulas auxiliares "memoria" se eliminan los posibles bloqueos en las válvulas de mando.

El inconveniente principal de este método es que no es posible utilizar para cuando se requieren más de cuatro válvulas en Cascada.

Cuando se trata de un problema de este tipo es mejor recurrir al método Paso a Paso, aunque la inversión inicial es un poco mayor, es mucho más seguro y confiable.

Es de gran importancia mencionar que en cualquiera de estos tres métodos se pueden agregar las condiciones de intersecuencia, es decir, incluir las posibilidades de ciclo

único o ciclo continuo, manual o automático y paro de emergencia.

Además otro factor que es importante mencionar es que los mandos neumáticos tienen gran aplicación en todos los campos de la industria, pero desgraciadamente la mayoría de la maquinaria que cuenta con estos mandos ha sido traída -- del extranjero.

Debido a ello aún cuando este trabajo sólo es una pequeña parte de toda una técnica, desafortunadamente desconocida en gran número de Universidades, considero conveniente que esta técnica se trate de introducir en nuestra escuela, como lo han hecho en muchas otras. Ya que combinada con algunas materias como: Diseño de Herramientas, Ingeniería de Procesos Industriales, Control, etc., sería de gran ayuda para los estudiantes de nuestra escuela. Tratando de enfocar nuestros esfuerzos a poder desarrollar maquinaria en nuestro País para ya no tener que importarla.

BIBLIOGRAFIA

Introducción a la Neumática  
H. Meixner/R. Kobler  
FESTO DIDACTIC 1980

Técnica de Mando Automático  
J.P. Haserbrink/R. Kobler  
FESTO DIDACTIC 1974

Iniciación al Personal de Montaje y Mantenimiento  
H. Meixner/R. Kobler  
FESTO DIDACTIC 1980

Introducción a la Electroneumática  
H. Meixner/E. Sauer  
FESTO DIDACTIC 1983

Simple Circuitos de Memoria y Circuitos Lógicos  
N. Bissinger/H. Meixner  
FESTO DIDACTIC 1979

Dispositivos Neumáticos  
W. Depper/K. Stoll  
Marcombo 1978

Aplicaciones Neumáticas  
W. Depper/K. Stoll  
Marcombo 1977

Circuitos Neumáticos, Eléctricos e Hidráulicos  
Ramón Farrando Boix  
Marcombo 1977

Manual Técnica de Mando Secuencial FESTO  
FESTO PNEUMATIC

Manual Atlas Copco  
Atlas Copco  
Madrid, España 1979

Aire Comprimido  
E. Carnicer Royo  
Gustavo Gil