



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

1976

10/167

06948-S

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

**AUTOMATIZACION
DE BAJO COSTO
PARA LAS
INDUSTRIAS
DEL MUEBLE
Y DE LA
EBANISTERIA.**

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Viena

**AUTOMATIZACION
DE BAJO COSTO
PARA LAS INDUSTRIAS
DEL MUEBLE
Y DE LA EBANISTERIA**



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 1976

El material que aparece en este documento se podrá citar o reproducir con entera libertad siempre que se mencione su origen y se nos remita un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

Prólogo

Una de las necesidades más urgentes de la industria del mueble y de la ebanistería de los países en desarrollo es la de ponerse en condiciones de modernizar su equipo y sus procedimientos para responder eficazmente a la demanda y a la competencia. Para esto se requiere mejorar la calidad de los productos, reducir los costos de producción, elevar la producción (p. ej. para los mercados de exportación) y aumentar la productividad mediante el empleo de mano de obra especializada. La competencia obliga a adaptar nuevas técnicas, pero, al mismo tiempo, los gastos de capital han de mantenerse limitados en la mayoría de esos países.

La automatización de bajo costo (ABC) puede contribuir a resolver estos problemas. Por lo general, el término "automatización" sugiere la idea de instrumentos sumamente complejos, controles electrónicos, programación computarizada y, lo que más retrae a las empresas pequeñas y medianas de muebles y de ebanistería, unos costos muy elevados. Es de esperar que este manual rectifique esas impresiones erróneas. Se espera también que el manual haga ver a las empresas del mueble y de la ebanistería que pueden obtener las ventajas de la automatización en sus fábricas actuales a un costo relativamente bajo y que la automatización puede ser introducida por su propio personal, generalmente en su maquinaria actual de elaboración de la madera.

Dada la distribución de materias, es probable que a los directores de empresa les interesen sobre todo los capítulos I, II, III y quizá el IV, mientras que a los técnicos e ingenieros les parecerán más útiles los capítulos IV, V y VI. El capítulo VII interesará a las tres categorías, si bien por razones distintas. En los anexos se explican los símbolos utilizados en los muchos diagramas que aparecen en el texto y se da una lista de precios aproximativos de los componentes neumáticos. Para los lectores que desean una información más detallada se ofrece una bibliografía de la literatura consultada durante la preparación de este manual.

Las apreciaciones y opiniones expresadas en estas páginas son las de los dos autores filipinos a quienes la ONUDI encargó la preparación del manual: W.J. Santiano, consultor en automatización de bajo costo, y H.P. Brion, consultor para la industria del mueble y de la ebanistería. Tales opiniones no reflejan necesariamente las de la secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUFI).

Indice

	<u>Página</u>
I. ¿QUE SE ENTIENDE POR AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO (ABC)?	1
A. Una definición amplia de la ABC	1
B. ¿Por qué resulta económica la ABC?	1
II. MEJORAS POSIBLES CON LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	7
A. Calidad del producto	7
B. Utilización de la mano de obra	9
C. Utilización de materiales	12
D. Utilización del equipo ya en uso	14
E. Seguridad	15
III. ANALISIS DE LA NECESIDAD DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	17
A. Punto de vista del director de empresa	17
Aspectos económicos	17
Requisitos técnicos previos	18
Necesidades de personal	18
Capacidad de gestión	18
B. Punto de vista del ingeniero	19
C. Un ejemplo real del empleo analítico de la ABC	24
D. Principios generales del análisis de necesidades	27
E. Necesidades especiales de las industrias del mueble y la ebanistería en materia de ABC	27
Manipulación del material	27
Posicionamiento	28
Sujeción	29
Mecanizado	29
Montaje	29
IV. DISPOSITIVOS BASICOS PARA SISTEMAS DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	30
A. Dispositivos mecánicos	31
B. Dispositivos neumáticos	34
C. Dispositivos hidráulicos	39
D. Dispositivos eléctricos	43
E. Dispositivos electrónicos	45
V. SELECCION DE COMPONENTES PARA UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	47
A. Componentes neumáticos	48
Terminología	48
Componentes del sistema de suministro de aire comprimido	49
Cilindros	58
Válvulas	68
B. Componentes hidráulicos	69
Componentes del sistema de suministro	69
Cilindros	72
Válvulas y tuberías	74

	<u>Página</u>
C. Componentes eléctricos	74
Interruptores de pulsador	76
Interruptores de fin de carrera	77
Relés	82
D. Componentes electrónicos	86
VI. COMPRESION DEL LENGUAJE DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	88
A. Símbolos de componentes	88
Componentes neumáticos e hidráulicos	88
Componentes eléctricos	98
B. Diagramas esquemáticos de sistemas de control	99
Aspectos básicos de los sistemas de control	99
Construcción de sistemas de control neumáticos e hidráulicos	100
Construcción de circuitos de control eléctrico	104
VII. EJEMPLOS DE POSIBLES APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	110
A. Dispositivo de sujeción a base de manguera	110
B. Ribeteadora de cantos a base de manguera	112
C. Montador de bastidores de puerta	113
D. Clavadora neumática de clavos muy largos	116
E. Remachadora neumática de percusión	116
F. Mecanismo de alimentación de un cepillo regruesador	119
G. Taladradora automática	121
H. Prensa taladradora automatizada	125
I. Perforación automática con alimentación y salida automática	125
J. Perforación de agujeros de clavija	130
K. Mortajadora para cerraduras de puerta	134
L. Operaciones múltiples en una mesa divisora	136
M. Encoladora	137
N. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas	142
O. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión	145
P. Selector de espesores	149
Q. Máquina recalcadora	151
R. Transportadora de retorno	156
S. Cepillo de moldurar	157
T. Dispositivo de reproducir	158

<u>Anexos</u>	<u>Página</u>
I. Algunos símbolos de circuito normalizados	159
II. Precios aproximados de algunos componentes neumáticos	171
Bibliografía	176

I. ¿QUE SE ENTIENDE POR AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO (ABC)?

La automatización de bajo costo (ABC), que se concibió inicialmente en Europa, ha sido uno de los factores que ha transformado a Europa en una comunidad de naciones fuertemente industrializadas a partir de unas economías nacionales que se caracterizaban por su falta de especialización y de capital y por mercados fragmentados. Por entonces, los señores C. Linsky y R. de Groot, trabajando en el seno de la Organización Europea de Cooperación Económica (conocida actualmente como Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)), desarrollaron un programa para que las pequeñas y medianas empresas tuviesen a su alcance las ventajas de la automatización de que ya disfrutaban las grandes industrias, mediante el empleo de un equipo barato, normalizado, sencillo y flexible, que fuese fácil de instalar y se vendiese a un precio asequible.

En 1960 se inauguró en los Países Bajos el primer programa nacional para la difusión de la ABC como suplemento del programa de industrialización de ese país. Los resultados mostraron que la ABC podía reportar beneficios importantes con inversiones moderadas.

A. Una definición amplia de la ABC

En la fase actual de la industrialización, muchos empresarios tienden a visualizar la automatización en términos de maquinaria muy compleja que les causa admiración cuando la ven expuesta, pero que no comprenden demasiado bien. Tienden a menospreciar su propia maquinaria que probablemente les ha servido bien durante años y que, si la remozasen, les seguiría sirviendo bien durante más años todavía.

Miles de empresarios, o bien dan un salto desde una manera de trabajar de tipo sencillo a una compleja y plenamente automatizada, o no hacen nada por aumentar su productividad mediante la automatización porque la compra de la maquinaria disponible en el mercado no les parece financieramente justificada. La ABC es un estado de ánimo, un

concepto y una disciplina, a través de los cuales se va avanzando hacia un nivel de trabajo tecnológico más elevado. Es decir, se empieza a estudiar la zona "intermedia", la zona de "transición", o la zona "gris" de posibles perfeccionamientos. La ABC abarca precisamente esa zona intermedia (figura 1).

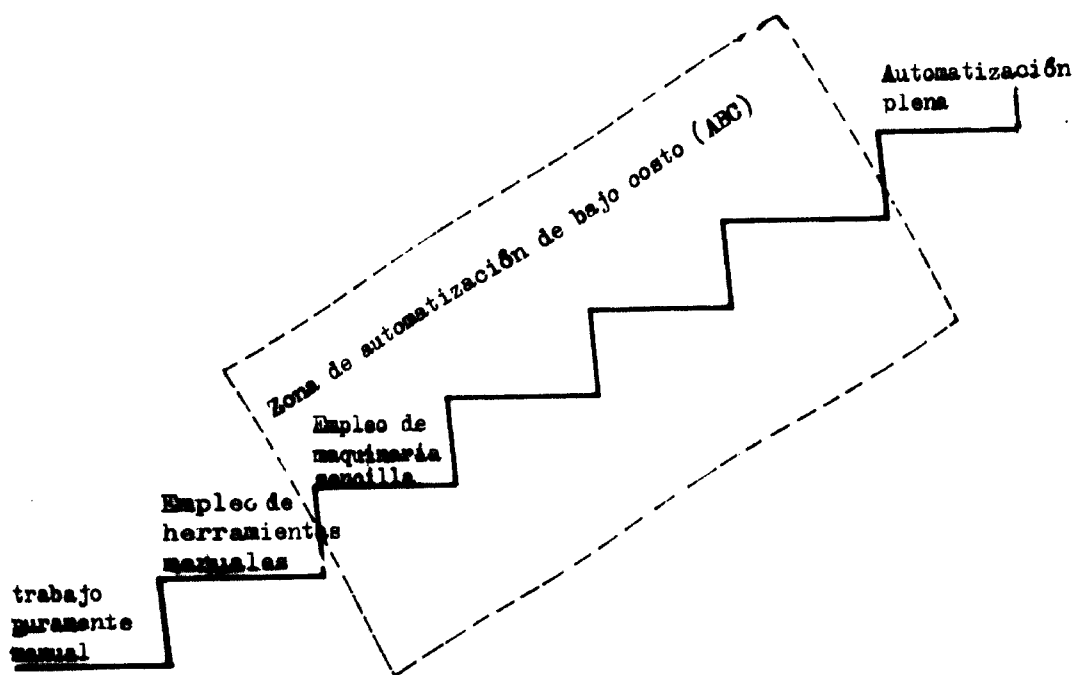


Figura 1. Ubicación de la ABC en la transición desde el trabajo puramente manual al trabajo plenamente automatizado

B. ¿Por qué resulta económica la ABC?

La ABC resulta económica (en contraposición a barata) porque la aplicación de este concepto tiene en cuenta las posibilidades financieras y de otra índole de la empresa y cuáles de sus operaciones necesitan realmente ser automatizadas para que la empresa consiga, no la "perfección", pero sí una ventaja parcial considerable. En otras palabras, al aplicar la ABC, no se trata de mecanizar el mayor número posible de tareas humanas de una empresa, sino aquellas que sea preciso mecanizar en ese momento.

Puesto que la ABC es un concepto relativo, resulta oportuno comparar los costos de la automatización completa con los de la automatización "intermedia". La comparación, que puede verse en la figura 2, revela la esencia de la ABC. En los niveles más bajos de automatización, hasta alrededor de un 65%, se obtiene más automatización por unidad de costo. De ahí que, por regla general, una empresa ha de tratar de limitarse en su marcha hacia la automatización plena a lo que realmente necesite y se justifique económicamente.

Por ejemplo, un pequeño o mediano fabricante de muebles que esté trabajando con herramientas manuales, puede introducir primero el empleo de plantillas, para pasar luego a la compra de herramientas mecanizadas sencillas, y posteriormente, según cuales sean sus necesidades, ir incorporando accesorios a las herramientas mecánicas a fin de que vayan automatizando su funcionamiento. De este modo se moderniza gradualmente el proceso de fabricación, sin sobrepasar en ningún momento las limitaciones financieras de la capitalización planeada.

Otro factor que influye mucho sobre los costos es la selección de equipo. Cierta equipo resulta sumamente caro por haber sido desarrollado para una finalidad concreta; el fabricante paga, en este caso, mucho más por el costo indirecto que por el costo directo de fabricación del mismo. Del mismo modo, la mayor parte de la maquinaria automática se construye para un mercado limitado; el costo de desarrollo de esa maquinaria ha de repartirse entre muy pocos compradores, por lo cual el costo ha de ser más alto para cada uno. Por otra parte, cuando sólo existen unos cuantos compradores lo probable es que la producción se haga conforme a un pedido y no siguiendo los principios de

de la producción en serie. El costo del equipo es una función directa de la "individualidad" del pedido formulado. De ahí que, siempre que sea posible, debe elegirse la maquinaria normalizada existente ya en el mercado.

Pero cabe preguntar qué es un elemento normalizado. Se entiende por tal un componente o una combinación de componentes que pueden comprarse mediante un simple pedido, por lo general a base del catálogo del fabricante. Esos elementos, se usan para fines tan diversos, que el fabricante se limita a seguir produciéndolos, y la mayoría de los distribuidores los tienen en existencia. El elemento normalizado no se fabrica nunca para satisfacer las necesidades concretas de un comprador, ni tampoco tiene el comprador que especificar sus especificaciones precisas para que el proveedor pueda entregar el producto. Por ejemplo, no es preciso que el comprador especifique las dimensiones de un perno y una tuerca mediante un dibujo. En tanto le satisfagan las especificaciones normales de los pernos (diámetro y pasos de rosca), podrá obtenerlos a bajo precio casi en cualquier parte. En cambio, un comprador que desea, por ejemplo, un perno con rosca a la izquierda ha de estar dispuesto a pagarlo más caro, puesto que el perno normalizado tiene rosca a la derecha.

El diseñador de un producto de ABC debe procurar elegir los componentes normalizados más asequibles que satisfagan sus necesidades. Si cierto componente normalizado no le sirve, debe buscar otro de especificidad mayor, pero su búsqueda debe cesar tan pronto como haya descubierto la especificidad deseada. El diseñador debe advertir asimismo de que existen muchas formas de combinar elementos normalizados para conseguir equipo que cumpla funciones muy específicas. La búsqueda de nuevas aplicaciones de elementos normalizados no es tan difícil como parece; dado que la ABC es una automatización de carácter intermedio y que el equipo normalizado es también de carácter intermedio, lo que le da una gama de aplicaciones casi total, se puede casi decir que existe una adaptabilidad natural entre los elementos normalizados y la ABC.

Se enumeran a continuación algunos de los componentes normalizados de uso corriente en la ABC:

Equipo neumático e hidráulico

Convertidores de energía: bombas, compresores, motores, cilindros, intensificadores de presión;

Controladores: válvulas de control direccional, válvulas de verificación, válvulas de control de presión, válvulas de cierre;

Equipo auxiliar: conducciones y conexiones, depósitos, filtros, lubricadores, termopermutadores, silenciadores.

Equipo eléctrico

Convertidores de energía: motores, electroimanes de tracción (o empuje), solenoides rotatorios;

Controladores: interruptores de tope, relés de distinto tipo, tales como relés de bloqueo de tiempo, de sobrecarga, etc.; temporizadores (de motor síncrono, bimetalicos, de reloj, fluidos, etc.); grupos de programación o bloques lógicos; interruptores neumáticos.

Tales componentes se encuentran fácilmente en el mercado. Pueden combinarse unos con otros o con otros sistemas para obtener el producto deseado.

Otro factor que encarece mucho gran parte de los sistemas automáticos es su complejidad. El diseñador de sistemas de ABC procura simplificar al máximo el aspecto técnico de sus diseños no buscando sino las mejoras más necesarias y adaptando al efecto herramientas ya disponibles y sencillas. En vez de esforzarse por conseguir la perfección en términos de una alta precisión, se contenta con acoercarse a la precisión necesaria, dejando el resto a los operarios humanos del equipo. Esto no significa que la precisión no tenga importancia en la ABC; las herramientas o técnicas normalmente utilizadas en la ABC pueden ser, en algunos casos, tan eficientes como el equipo especial utilizado por la automatización normal de costo elevado.

Es verdad, que la automatización significa una menor flexibilidad. La pérdida de flexibilidad puede ser sumamente costosa en ciertos casos. Pero la ABC puede minimizar esta pérdida de flexibilidad, precisamente por tratarse de una fórmula intermedia. En la ABC no es preciso programarlo todo en una máquina; este sistema permite combinar con la mecanización la flexibilidad inherente al ser humano.

Otra ventaja de la ABC relacionada con su flexibilidad es su compatibilidad. Por ejemplo, supongamos que para un proyecto de ABC se compran componentes automatizados y se instalan sobre una sierra mecánica de trocear a fin de aumentar su producción. Una vez que hayan disminuido las necesidades de madera troceada, el componente normalizado puede desconectarse de la sierra e instalarse sobre el mecanismo de alimentación de una cepilladora.

La ABC es económica, básicamente, porque es un sistema sencillo en una época de sistemas complicados. Al construir con elementos ya disponibles, el ingeniero que aplica la ABC no pierde el tiempo evaluando las novedades que ofrece el mercado. Procura diseñar un sistema automatizado que utilice componentes normalizados y reutilizables en combinaciones sencillas y flexibles.

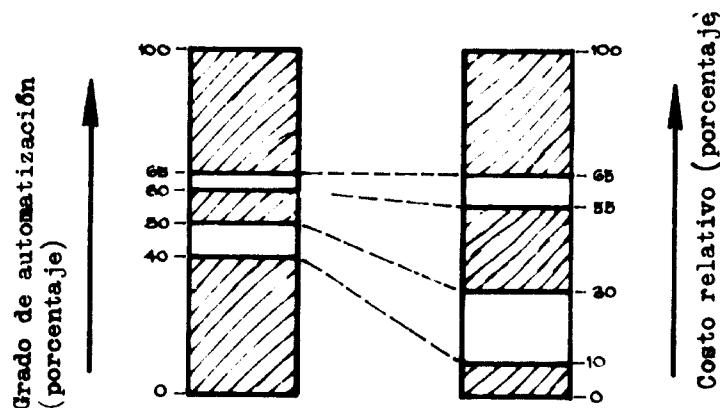


Figura 2. Costo relativo de la automatización parcial

II. MEJORAS POSIBLES CON LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

La automatización de bajo costo permite mejorar:

- La calidad del producto;
- La utilización de la mano de obra;
- La utilización de los materiales;
- La utilización del equipo ya en uso;
- La seguridad.

Todas estas mejoras contribuyen directamente a aumentar la capacidad de producción y la competitividad y a reducir los costos de fabricación.

A. Calidad del producto

Normalmente, el factor humano ocasiona problemas de calidad que son sumamente difíciles de resolver. Los operarios, aun los muy especializados, son susceptibles a los efectos del cansancio, del desuido o de la distracción, y todo esto tiene repercusiones adversas sobre la calidad del producto. La ABC, al reducir la intervención humana en la operación al grado justo que es necesario y suficiente, puede contribuir grandemente a una mejora de la calidad. La ABC puede ser útil incluso para las operaciones de manipulación de materiales, que ocasionan muchos desperfectos en la calidad.

Esto se puede ver mejor por dos ejemplos de la manera como un fabricante de muebles resolvió problemas de calidad mediante la ABC.

En la fabricación de sillas, las superficies recién pintadas por aspersión resultaban frecuentemente dañadas durante las operaciones de manipulación necesarias para su transporte desde el puesto de pintura a la zona de acabado, situada a 8 metros de distancia. Para resolver este problema, el fabricante construyó un dispositivo de transporte sencillo utilizando madera, piezas de bicicleta, correas hechas de papel de lija usado y componentes neumáticos. En la figura 3 puede verse este dispositivo.¹

¹ El circuito neumático sólo se muestra esquemáticamente. La explicación de los símbolos utilizados en ésta y otras figuras aparece en el anexo I del capítulo VI.

Después de colocar una silla en el transportador, el operario del puesto de pintura por aspersión accionaba una válvula de pedal con lo cual un cilindro de aire desplazaba la correa transportadora lo suficiente para dejar espacio libre para la siguiente silla. De este modo se iban desplazando gradualmente las sillas al departamento de acabado, adonde llegaban sin haber sido tocadas por nadie.

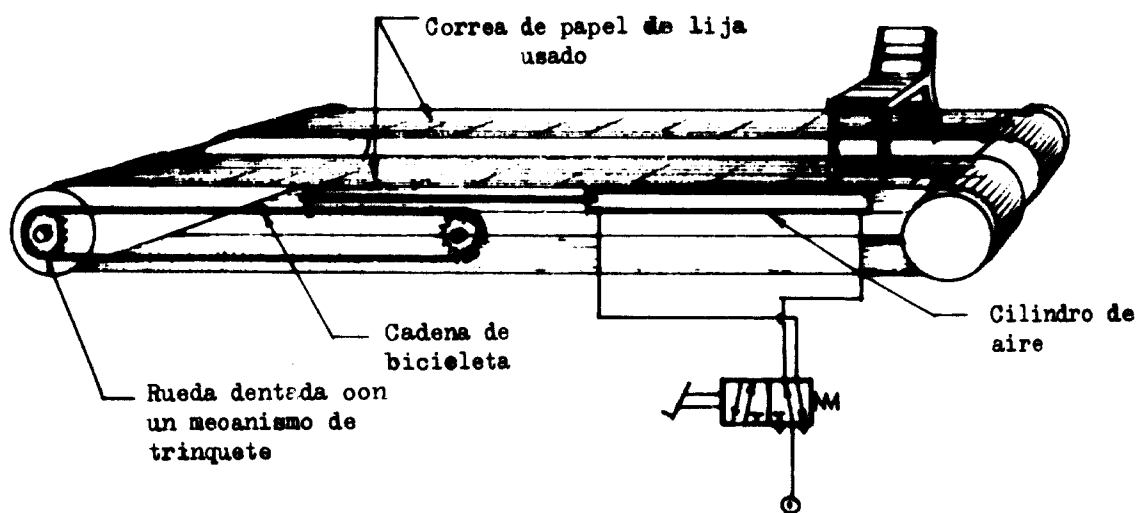


Figura 3. Sistema para el transporte de sillas

El costo de este proyecto fue de unos 50 dólares².

En la misma fábrica de muebles, las sillas tenían que ser manipuladas manualmente por los tapiceros que trabajaban en ellas. Esta actividad era lenta y fatigosa, y la calidad del tapizado disminuía gradualmente durante la jornada por el cansancio de los operarios.

Este problema se resolvió fabricando un posicionador en forma de C que sujetaba la silla durante el trabajo de tapizado. En la figura IV puede verse cómo funciona este posicionador. El cilindro A, accionado por una válvula de palanca, sujeta o suelta la silla. Mientras está sujeta, la silla aún puede hacerse girar en torno al eje del cilindro A. El cilindro B, accionado por una válvula de resorte con mando de pedal, inmoviliza el bastidor en C después que ha girado sobre su eje. Este mecanismo permite al operario colocar y sujetar la silla en la postura que desee, sin demasiado esfuerzo. Utilizando una grapadora neumática, podrá así concentrar toda su atención en la calidad del tapizado.

Este posicionador, cuyo costo fue de unos 140 dólares, además de resolver el problema de la calidad, permitió triplicar la capacidad de producción.

En las secciones, A, H, K, M, N, O, P y Q del capítulo VII pueden verse otros ejemplos de mejoras en la calidad obtenidas mediante la ABC.

B. Utilización de la mano de obra

En muchas fábricas de muebles, la mano de obra especializada se utiliza en grado insuficiente, pues dedica del 40 al 60% de su tiempo a actividades que no requieren su valiosa especialización. Por otra parte, a los muchos operarios sin especialización o semiespecializados que podrían efectuar dichas tareas no se les puede ocupar porque los fabricantes no los pueden situar en el proceso de producción. La ABC puede ser un remedio eficaz de esta anomalía, como se desprende del ejemplo siguiente.

En un taller de ebanistería, la madera aserrada se cortaba conforme a longitudes normalizadas. En la operación de corte se prestaba particular atención a la medida y calidad del corte, puesto que un pequeño error podía obligar a desechar el componente o a retocarlo en una operación costosa y larga en la zona de montaje. Para conseguir un corte perfecto, el operario tenía que medir dos veces los puntos de corte y verificar que la plantilla portapiezas estaba perfectamente limpia.

² El término dólares (\$) se refiere a dólares de los Estados Unidos.

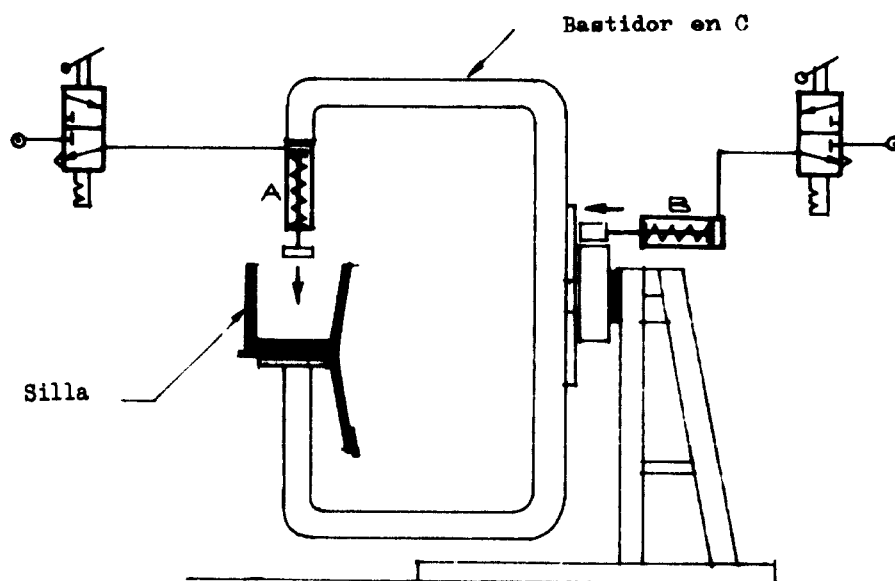
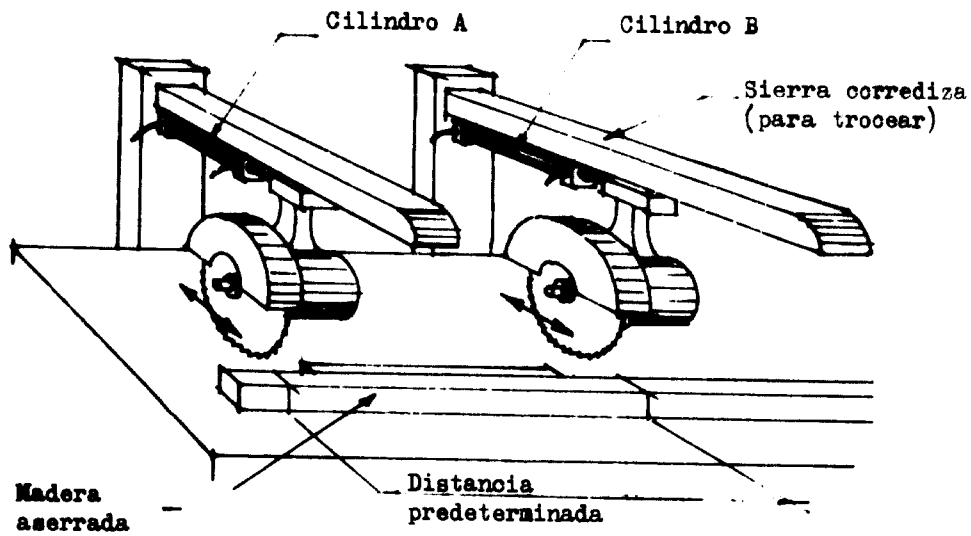


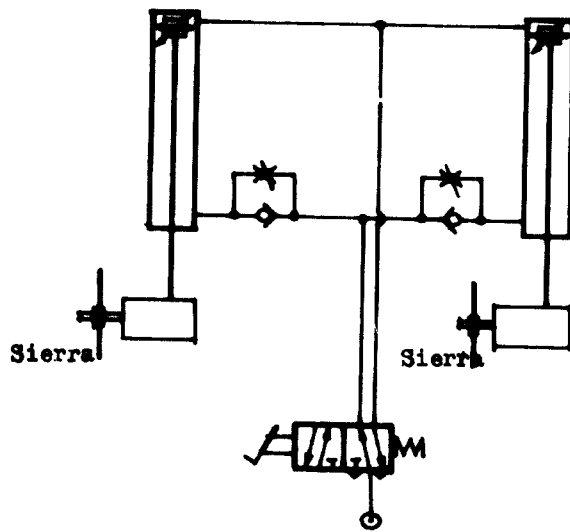
Figura 4. Posicionador de sillas

En la solución ABC se hizo uso de dos sierras de trocear corredizas, colocadas a una distancia predeterminada una de otra. Se aprovecharon sierras de trocear ya existentes en la planta. En la figura 5 a) se puede ver que las dos sierras corredizas fueron dotadas de cilindros de aire, y en la figura 5 b) es un diagrama esquemático del circuito neumático. Cuando la válvula de resorte se accionaba mediante un pedal, los cilindros impulsaban las sierras hacia delante para efectuar un corte de longitud determinada. Este dispositivo permitía efectuar cortes de la misma calidad que los obtenidos por un operario especializado, pero podía ser accionado por un obrero semiespecializado (que ganaba 20% menos que un operario especializado). Todo lo que tenía que hacer era colocar y sujetar la madera y pisar el pedal de la válvula. Otra ventaja fue el ahorro de unos 10 dólares en costos semanales por el menor número de piezas rechazadas.

El costo de los componentes de este proyecto fue de 100 dólares.



a) Representación visual del montaje



b) Diagrama esquemático de un circuito neumático

Figura 5. Montaje de ABC para cortar madera aserrada a la longitud requerida

C. Utilización de materiales

En una fábrica se suelen utilizar más materiales de los realmente necesarios para cubrir las pérdidas que surjan por inexactitudes o errores. Por ejemplo, en una fábrica de muebles se comienza por utilizar más madera aserrada al principio por si es preciso efectuar ajustes más adelante. También en las operaciones de pintado y barnizado por aspersión, por lo general se aplica más material del necesario para asegurar que toda la pieza quede bien cubierta. Aun así, a veces es preciso efectuar retoques finales. Lo mismo cabe decir de las operaciones de encolado.

Puesto que la ABC puede controlar las operaciones de esta índole hasta tolerancias muy precisas, su empleo permite optimizar el aprovechamiento de los materiales. La experiencia de un fabricante de mesas en cuyo taller se barnizaban las cubiertas de mesa con una pistola manual de aspersión, puede servir de ejemplo de los ahorros de barniz obtenidos con la ABC. Como los operarios no tenían la especialización necesaria, se usaba más barniz del realmente necesario, desperdiciándose entre el 20% y el 30%.

En la figura 6 puede verse cómo se utilizó la ABC en este caso. Se colocó una cubierta de mesa sobre una plataforma de rodillos en posición vertical, y se puso en marcha el sistema. El cilindro A comenzó a oscilar la pistola de aspersión que llevaba conectada. Mientras tanto la válvula S abrió el alimentador de aire para accionar la aspersión de la pistola. A medida que ésta oscilaba, el cilindro B hacía avanzar lentamente la cubierta de mesa, hasta que estuviese rociada toda su superficie. Entonces se interrumpía todo automáticamente y todos los cilindros retornaban a su posición de descanso.

El costo de este proyecto fue de unos 220 dólares, que se recuperaron en 8 meses gracias al ahorro conseguido en el empleo de barniz (15%).

En las secciones M y P del capítulo VII pueden verse otros ejemplos de ahorro de materiales mediante la ABC.

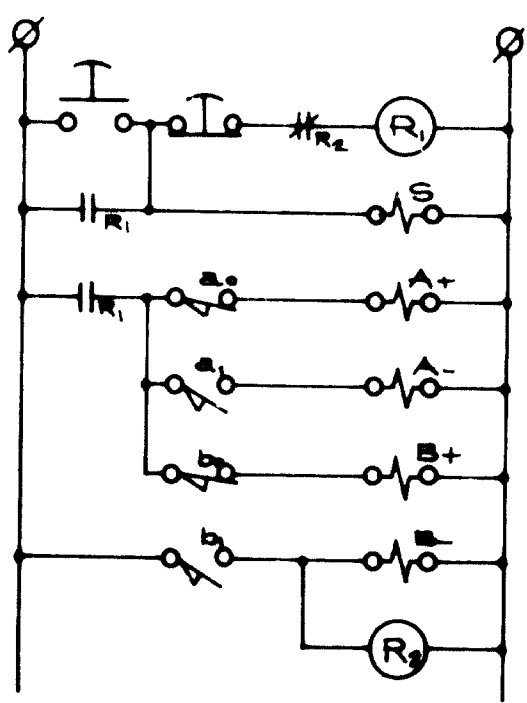
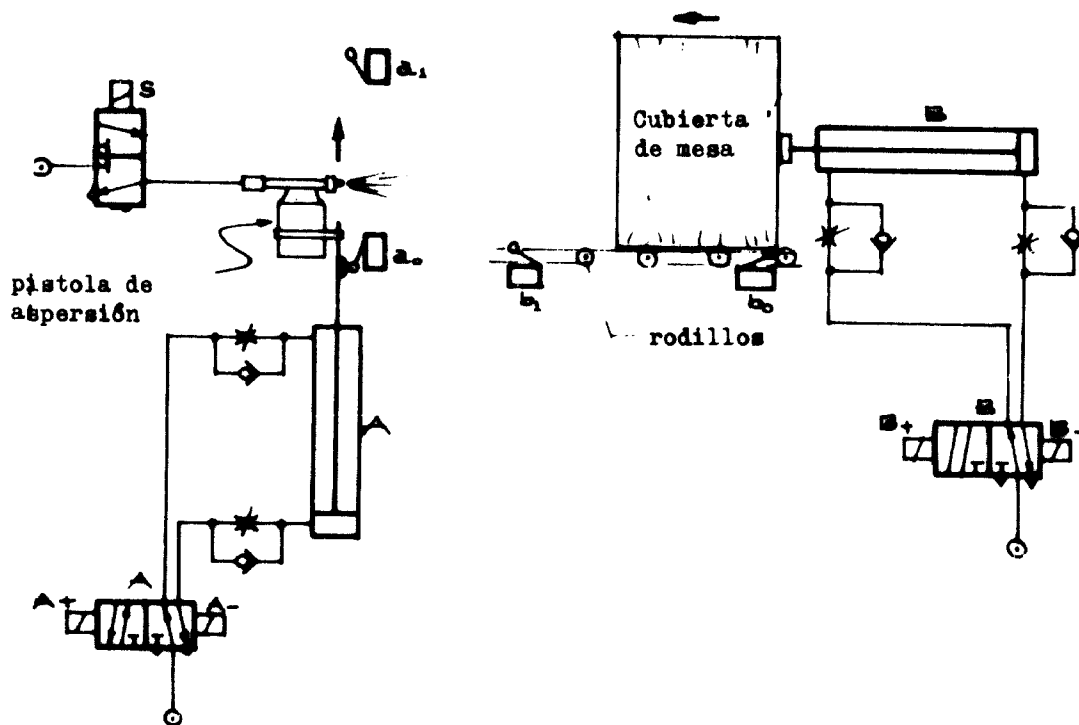


Figura 6. Pintadora automática por aspersión para tableros

D. Utilización del equipo ya en uso

Con frecuencia se subutiliza la capacidad de máquinas relativamente caras, como espigadoras y máquinas para hacer oclas de milano, a causa del tiempo que se pierde en operaciones no directamente relacionadas con el mecanizado de la madera. Por ejemplo, un estudio de tiempos de una operación de ensamblado a espiga puede demostrar que la espigadora está inactiva un 30% del tiempo, porque el operario tiene que sujetar y saltar la pieza a mano.

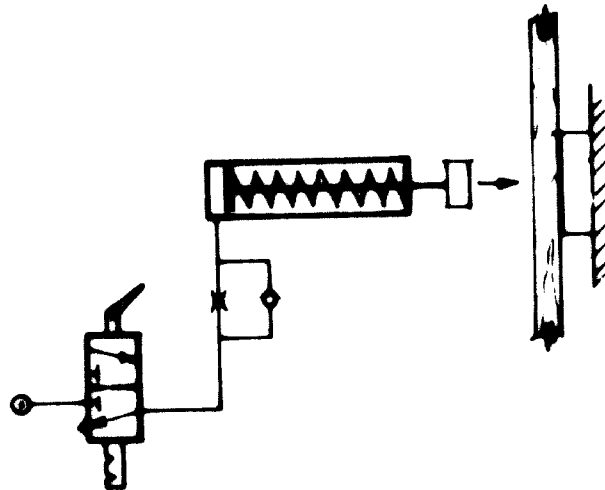


Figura 7. Abrasadora neumática

Simplemente mediante el empleo de una abrasadora neumática (figura 7), puede lograrse un aumento de un 20%, por lo menos, en la utilización del equipo. El costo del circuito que aparece en la figura es de unos 40 dólares.

La utilización de una molinadora para 4 costados puede aumentarse mediante un alimentador mecánico (elemento normalizado). En la sección F del capítulo VII puede verse un ejemplo de un mecanismo de alimentación para un cepillo regresador.

E. Seguridad

La seguridad del personal puede aumentarse, en muchos casos mediante la ABC. Puede diseñarse el equipo y el proceso de tal modo que resulte prácticamente imposible que un operario efectúe impropriamente una operación de alimentación y correr así un riesgo de accidente. En un diseño de esta índole, la función del operario se reduce a verificar que el alimentador esté cargado y que el equipo funciona bien; las operaciones arriesgadas son realizadas por el mecanismo de ABC. Por ejemplo, al alimentar una sierra eléctrica estacionaria de trocear, puede utilizarse el circuito presentado en la figura 8, en vez de un puntal de impulsión manual, para empujar material relativamente pequeño.

En el circuito de la figura 8, al accionar el botón manual el cilindro alimentador efectúa un movimiento de avance y retroceso. Al conectarse la válvula automática, el símbolo del cilindro oscilará de modo continuo alimentando a la sierra el contenido del depósito hasta que se desconecte de la válvula la palanca. Este mecanismo hace perfectamente segura la operación de alimentación, ya que las manos del operario no hacen más que pulsar botones, accionar palancas y cargar el depósito alimentador.

El costo de los componentes del circuito de la figura 8 ascendería a unos 80 dólares.

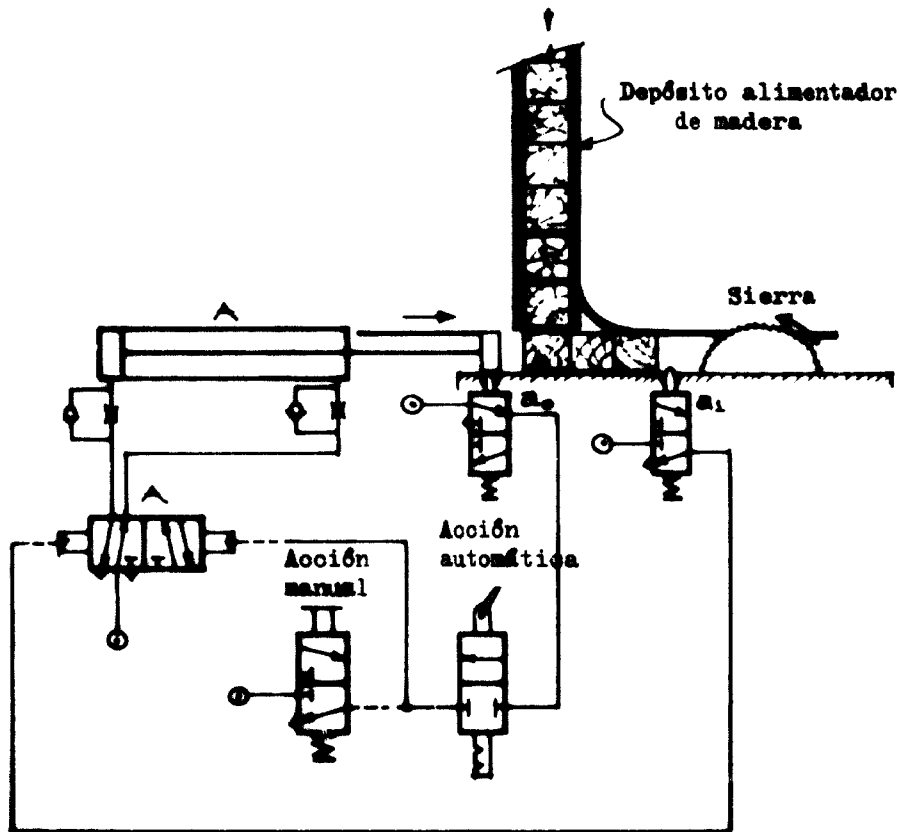


Figura 8. Alimentador para sierra de mesa

III. ANALISIS DE LA NECESIDAD DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

A. Punto de vista del director de empresa

De los ejemplos dados en el capítulo anterior se desprende claramente que la ABC puede acrecentar la competitividad de una empresa, al determinar un aumento de la producción al tiempo que una disminución del costo de la misma. Los gerentes de fábricas de muebles y ebanistería no deben vacilar en emprender proyectos ABC. Sin embargo, han de considerar primero los siguientes factores:

- Aspectos económicos
- Requisitos técnicos previos
- Necesidades de personal
- Capacidad de gestión

Aspectos económicos

Un principio básico de todo cambio introducido en un proceso de producción es que los beneficios que reporte superen el costo, y esto se aplica también a la ABC. Es verdad que, a veces, un proyecto puede resultar más costoso, en comparación con las economías que una empresa deriva del mismo. No obstante, puede procederse a la ejecución del proyecto en razón de las mejoras que se obtendrán en la calidad o la seguridad, las que, por supuesto, también son beneficiosas. En todo caso, cualquiera que sea el motivo de la automatización -seguridad, calidad o economía-, el conocimiento del costo relativo de los proyectos contemplados sigue siendo importante al decidir cuál de ellos se va a adoptar.

Suponiendo que la decisión de automatizar se base enteramente en el costo, cabe utilizar la siguiente fórmula para determinar la inversión máxima que una empresa deberá hacer en un proyecto dado:

$$I = \left[\frac{nV}{1 + \frac{i}{200}(n+1)} \right] \left[\left(\frac{Q_2}{Q_1} - 1 \right) \left(m + w \left(1 + \frac{p}{100} \right) + V_1 \right) + V_1 - V_2 \right]$$

- I = inversión máxima permisible
- i = tipo de interés corriente sobre el dinero (% por año)+
- n = periodo de depreciación (años)
- N = número de horas de explotación al año
- Q₁ = producción por hora antes de introducirse la ABC
- Q₂ = producción por hora después de introducirse la ABC
- m = costo fijo de la máquina por hora, incluidos los gastos generales
- w = salarios directos por hora
- p = proporción de costos indirectos de mano de obra (porcentaje de w)
- V₁ = costo variable por hora de la máquina con la producción Q₁
- V₂ = costo variable por hora de la máquina con la producción Q₂

Requisitos técnicos previos

Si una empresa, en lugar de proceder a una adaptación de la automatización se limita a adoptarla, la producción podría disminuir en vez de aumentar, sobre todo si el personal no está preparado para un proceso automatizado relativamente complejo. Por ejemplo, los operadores que no saben manejar una máquina pueden dañarla. O, en caso de avería, el personal de mantenimiento puede no saber cómo reparar el equipo de manera satisfactoria.

Necesidades de personal

La introducción de la automatización en una planta entrañará los siguientes cambios en las necesidades cualitativas y cuantitativas de personal técnico:

<u>Función</u>	<u>Número de empleados</u>	<u>Aptitudes requeridas</u>
Producción directa	menos	menores
Mantenimiento	más	superiores
Transporte	menos	superiores
Ingeniería	más	superiores

Capacidad de gestión

Es posible que resulte necesario mejorar la gestión de las fábricas que desean automatizarse. Cuando la gestión de una planta es un "lfo", antes de introducirse la automatización, será un "lfo automatizado" una

vez introducida. En otras palabras, la automatización per se no produce milagros administrativos; por el contrario, puede requerir de algunos. El aumento de productividad resultante de la automatización trae consigo mayor demanda de materiales, programación más compleja, exigencias técnicas más precisas (p. ej., control dimensional), etc. Si la dirección de la empresa no puede hacer frente a esas interrelaciones más complicadas, mejor será aplazar la introducción de un mayor grado de automatización. Una empresa que adolece de una gestión débil ha de comenzar por el tipo más elemental de automatización y avanzar paulatinamente hacia tipos más complejos, a medida que mejora su capacidad de gestión.

B. Punto de vista del ingeniero

Si se pidiera a un ingeniero que automatizara un proceso determinado, ¿cuál sería su primer paso? ¿Concebir inmediatamente un sistema que imitase todas las acciones del actual operario del proceso? De ninguna manera. El primer paso sería analizar la necesidad de automatización, es decir, determinar el grado exacto de automatización que la empresa necesita en ese proceso, y proceder en consecuencia.

Si la empresa desea aumentar la producción total, la operación que corresponde automatizar será la que ocasione el atasco en la producción. El análisis revelará si la operación de que se trate es o no es la causa real del atasco. Si, por ejemplo, la operación revela una acumulación de unidades en su entrada, puede ser que el atasco se deba únicamente a que, procedimientos de programación defectuosos, en cuyo caso sería absurdo proceder a la automatización de dicha operación. Hay casos en que una aparente necesidad de automatizar desaparece cuando se aplican los principios de planificación y control satisfactorios de la producción.

En ocasiones, una simplificación de las técnicas de producción merced al estudio de métodos (o del trabajo) puede dar el mismo resultado que la automatización, o aun mejor, como se verá por el siguiente ejemplo.

Se fabricaban patas de cama de madera redondeando un bloque rectangular hasta darle un perfil cónico, después de lo cual se taladraba un orificio de extremo a extremo. Era importante que el orificio estuviese bien

centrado, pero resultaba extremadamente difícil lograrlo. La dirección de la empresa quería automatizar la operación de taladrado. Al estudiar el proceso, el ingeniero que recibió el encargo comprobó que en la operación de taladrado la empresa utilizaba un torno para madera. El taladrado en sí mismo resultaba fácil; lo difícil era mantener la barrena centrada. Tras algún estudio y deliberación, el ingeniero recomendó que el operario taladrara primero el orificio y redondeara después el bloque. Hecho esto, las dificultades desaparecieron; no hubo necesidad de aumentar el grado de automatización. (Véase la fig. 9.)

En el ejemplo anterior, la necesidad de automatizar quedó eliminada merced a la simplificación del proceso. El mismo resultado puede obtenerse mediante la simplificación del producto a través de un análisis de valor, generalmente cambiando el diseño. Por ejemplo, no hay necesidad de automatizar el proceso de fabricación de cierta parte cuando puede darse un diseño nuevo al producto final, de modo que admita una parte similar que pueda adquirirse a precio módico en el mercado. O bien, si puede aumentarse cierta tolerancia crítica de diseño sin merma de la calidad del producto, cualquier problema de automatización que afecte a la tolerancia podrá, cuando menos, resolverse con más facilidad, si no eliminarse. En realidad, cuando el diseño de las partes o de la totalidad del producto puede simplificarse con miras a la automatización, es posible que haya llegado de todos modos el momento de revisar ese diseño.

La figura 10 ilustra los resultados de un análisis de valor que condujo a la simplificación de un producto. Los miembros transversales de los respaldos de sillas se estaban ensamblando a espiga en agujeros practicados en los miembros verticales. Como el ensamble a espiga resultaba bastante difícil, el director de la empresa estaba pensando en echarse encima muchas dificultades para automatizar el proceso. Sin embargo, el análisis de valor reveló que el proceso y, por ende, su automatización podían simplificarse, si los orificios de los miembros verticales se ampliaban de modo que pudiera prescindirse del ensamble a espiga. Lo único que se necesitaba era controlar la profundidad de los agujeros y la longitud de los miembros transversales, cosa fácilmente realizable con la ABC.

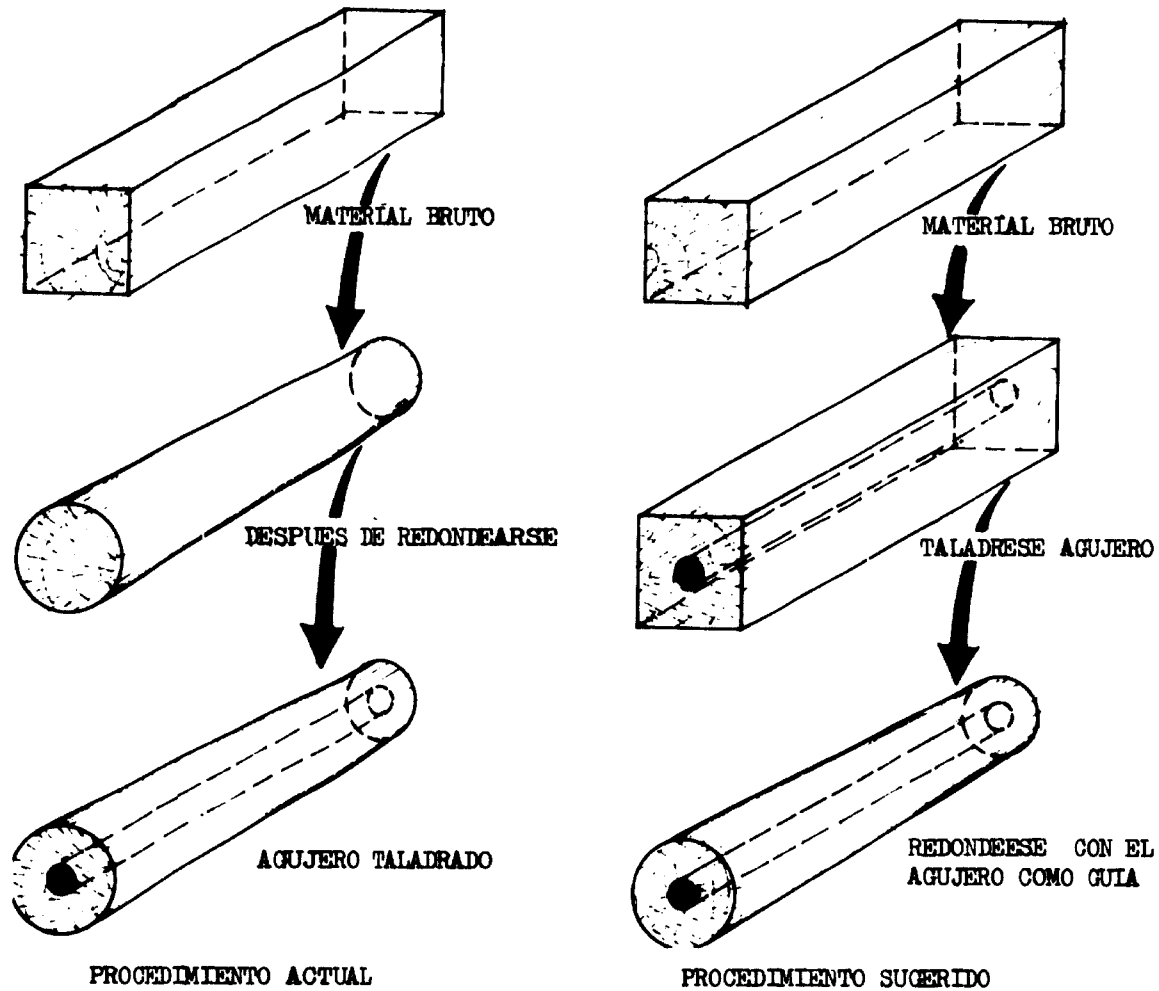


Figura 9. Comparación del proceso utilizado para la fabricación de patas de madera para camas. El proceso sugerido permitió practicar agujeros correctamente centrados con menos dificultad que el actual, e hizo innecesaria la automatización.

En otras palabras, el ingeniero, tras haberse decidido a automatizar, trata de simplificar su trabajo, sin rehuirlo. Y, habiéndose convencido de la necesidad de automatizar un proceso, se asegura de que la automatización es viable.

A veces, hay que normalizar una línea de productos. La automatización entraña cierta pérdida de flexibilidad, lo que la hace inviable frente a una gran variedad de productos. Por ejemplo, sería difícil y costoso establecer un sistema automático que montase 20 tipos diferentes de sillas. Es preciso hallar una fórmula intermedia, en el sentido de que sólo se fabricarán unos cuantos tipos (o tamaños) de sillas. Por otro lado, puede haber algunas operaciones que sean idénticas para todos. Esas operaciones podrán, desde luego, automatizarse.

Una vez establecidas la necesidad y posibilidad de automatizar un proceso (no necesariamente el contemplado en un principio), deberá hacerse un estudio de tiempos del mismo. Se analizará la tarea para distinguir los distintos elementos y se registrará el tiempo empleado en cada uno de ellos, a fin de poder determinar cuáles llevan más tiempo. Sobre la base de ese estudio de tiempos, el ingeniero podrá decidir automatizar tan sólo el elemento que consume más tiempo, o combinar algunos de los elementos mediante la automatización. Sólo entonces procederá a diseñar el sistema ABC.

En el diseño del sistema, el ingeniero deberá tener en cuenta la seguridad, el costo y otros aspectos operacionales del proyecto. Además, puesto que utiliza como punto de partida la situación actual, es preciso que comprenda bien esa situación y también la manera como la modificación proyectada influirá en toda la empresa. El ingeniero que sea capaz de hacer todo eso tendrá un conocimiento de muchas disciplinas y, por consiguiente, podrá aspirar a una elevada retribución de sus servicios.

Es importante que una empresa que ha contratado a un ingeniero para concebir un sistema ABC reciba de éste todas las instrucciones necesarias acerca del manejo de nuevo equipo, así como copias de todos los planos necesarios para el buen mantenimiento del mismo.

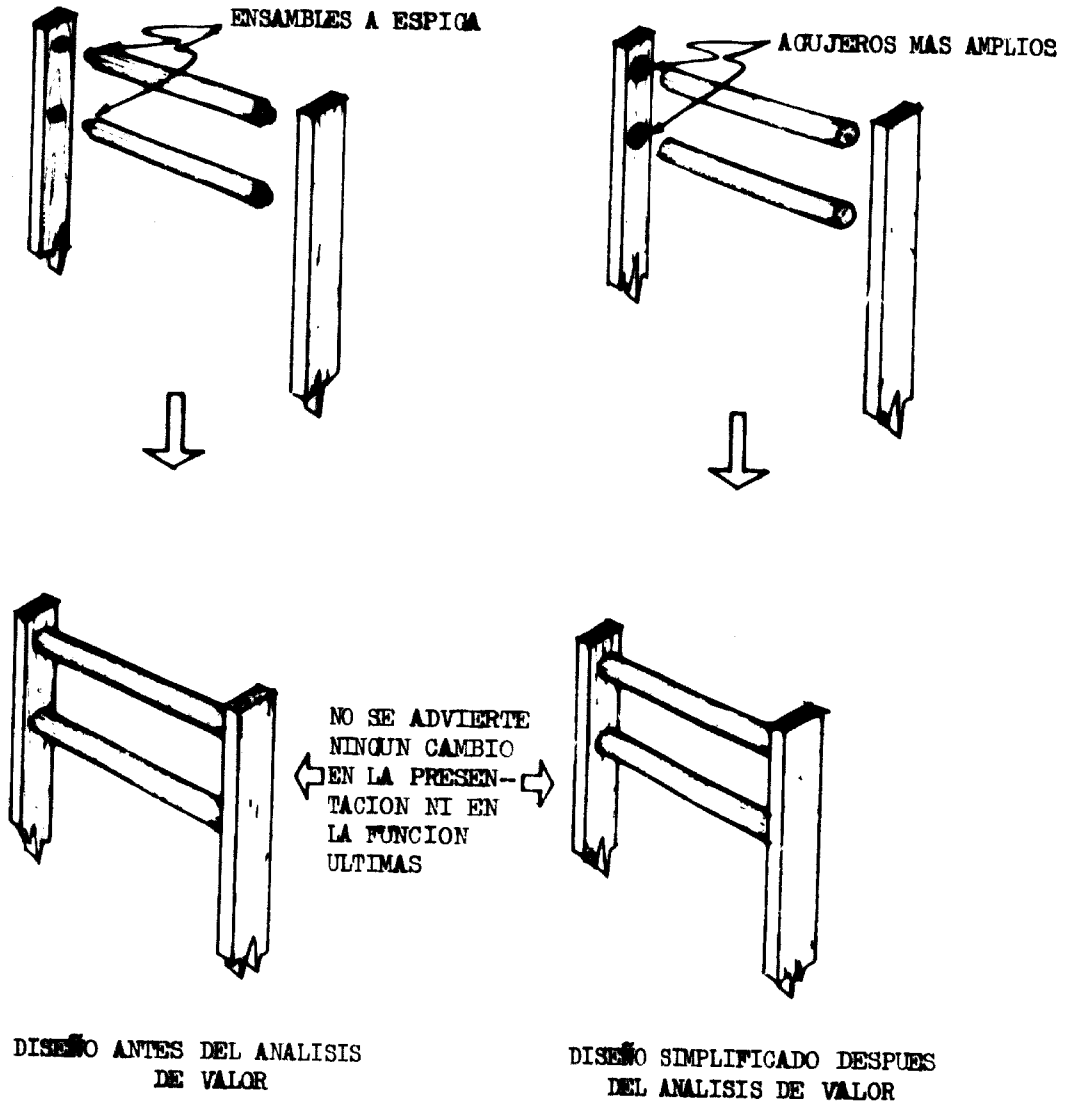


Figura 10. Simplificación del producto merced al análisis de valor

C. Un ejemplo real del empleo analítico de la ABC

A causa de un programa estatal de construcción de viviendas, una fábrica satisfacía a duras penas la demanda de marcos de ventana. La dirección de la empresa preveía que pronto no podría dar abasto, ni siquiera con tres turnos diarios. Además, había escasez de obreros calificados. En vista de ello, la dirección organizó un equipo de técnicos y obreros para hallar la manera de evitar la pérdida de ventas por falta de capacidad productiva.

Al analizar los diversos procesos aplicados en la fábrica, el equipo recopiló los siguientes datos sobre las operaciones manuales que más influyen en la capacidad de producción:

<u>Operación</u>	<u>Capacidad de producción (marcos por día)</u>	<u>Costo unitario de mano de obra (dólares por marco)</u>
Corte	22	0,04
Ensamble a espiga	5	0,40
Mortaja	12	0,10
Montaje	16	0,06

Se vio enseguida que la operación de ensamble a espiga no sólo constituía un atasco, sino que, además, era la operación más costosa de la lista. Se puso en marcha un esfuerzo concertado para mejorar esa operación.

Después de un estudio más a fondo, el equipo tenía tres planes de acción de entre los que elegir uno, a saber:

1. Diseño e instalación de útiles y accesorios
Aumento de capacidad, 20%
Costo, \$6,00
2. Adquisición de una máquina de hacer espigas
Aumento de capacidad, 800%
Costo total fijo de la máquina, \$200 anuales
Costo variable total de mano de obra, mantenimiento y energía, \$0,09 por marco
3. Subcontratación de la operación de espigado
Costo (hasta 200 marcos diarios), 0,08 por marco

El plan 1 no resultaba atractivo; aunque hubiera supuesto alguna mejora, la operación habría seguido constituyendo un atasco. El plan 2 era muy tentador; como la empresa daba a la operación de ensamblado a

espiga un valor de \$0,89 por marco, el volumen de rentabilidad mínima de la máquina era $200 / (0,89 - 0,09) = 250$ marcos al año, volumen muy inferior al previsto. Sin embargo, el costo inicial de la máquina (\$1.000) hubiera repercutido adversamente en las disponibilidades financieras de esa pequeña empresa. Por consiguiente, se eligió el plan 3, que permitía eliminar el atasco sin un gasto fijo en efectivo y a un menor costo de explotación.

Eliminando el atasco del ensamble a espiga, el siguiente objetivo era, obviamente, la mortaja. Esta operación consistía en marcar en la madera el tamaño y lugar de la mortaja y luego cortarla a mano con formón. Habiendo observado a los dos mortajadores, el equipo estimó que poseían las aptitudes necesarias para realizar el trabajo. El problema era que, incluso con obreros altamente calificados, el trabajo llevaba demasiado tiempo. Como solución, se acordó comprar una prensa de segunda mano para taladrar madera y equiparla con una herramienta para hacer mortajas. La prensa costó sólo \$20, pero la capacidad de mortajado se aumentó de 12 a 23 marcos por día. Se cambiaron las funciones de los dos mortajadores: uno se encargó de marcar la madera y el otro de cortarla.

La operación de montaje fue el siguiente atasco, el cual se remedió un tanto instalando un dispositivo de sujeción hecho con una vieja manguera de incendios (véase sección A del capítulo VII). La capacidad aumentó de 16 a 21 marcos por día.

Las capacidades de las operaciones de corte, mortaja y montaje eran ahora aproximadamente iguales y suficientes para satisfacer la demanda durante los tres meses siguientes. Sin embargo, la demanda siguió aumentando rápidamente. En vista de ello, se procedió sin demora a buscar la manera de incrementar las capacidades de montaje y mortaja hasta 40 marcos diarios, la capacidad que podía alcanzarse en la operación de corte adquiriendo una sierra tronadora desplazable. (La operación de ensamble a espiga no planteaba ningún problema de inmediato, ya que el subcontratista aún podía suministrar 200 marcos al día. No obstante, se proyectó la negociación de un contrato de larga duración para este trabajo.)

En un estudio de tiempos del trabajo del operador de la herramienta mortajadora, se registró la siguiente distribución de tiempos:

	<u>Porcentaje</u>
Sujeción y aflojamiento de la pieza	60
Mortaja en la prensa de taladrar	20
Manipulación de la pieza	20

Era obvio que la operación de sujeción llevaba relativamente mucho tiempo. Como la fábrica disponía ya de un equipo de aire comprimido (para pulverizaciones), se decidió utilizar un sistema neumático para la sujeción de las piezas. Con esa solución, se aumentó la capacidad en alrededor de un 40%, hasta unos 32 marcos por día. Esa cifra aún era inferior a los 40 marcos diarios que se habían proyectado, pero la solución proporcionó a la empresa un mayor margen de tiempo en que buscar la forma de aumentar aun más la producción.

En una fase posterior, los técnicos del taller concibieron otro accesorio ABC para la vieja prensa taladradora empleada para mortajar: un sistema oleoneumático, compuesto de un cilindro ordinario de aire acoplado a un cilindro para comprobar el aceite (a efectos del control de alimentación), que proporcionaba la energía para la operación de mortaja. Por este medio, se consiguió finalmente aumentar la capacidad a 40 marcos por día. Ese aumento se debió, principalmente, a la mayor velocidad de corte. En las secciones G y H del capítulo VII se dan detalles acerca de esa solución.

En el caso de la operación de montaje, en la que la sujeción fue también el principal atasco, a causa de los problemas de alineación que planteaba, el esquema indicado en la sección C del capítulo VII permitió incrementar la capacidad potencial a 104 marcos por día.

Al año de haberse iniciado el programa de mejora de la capacidad, se hizo patente de nuevo la necesidad de duplicar la capacidad total, y fue necesario emprender nuevos estudios.

Empezando de nuevo por la operación de corte, en la que con la introducción de la sierra tronzadora desplazable se había iniciado la última serie de aumentos de capacidad, se conectó un cilindro de aire a la sierra, según se indica en la figura 5 (capítulo II), lo que permitió alcanzar con creces la capacidad deseada.

En la sección de mortaja, se estimó que la manipulación de la madera consumía demasiado tiempo y debía automatizarse también. Sin embargo, ello entrañaba una drástica modificación de los anteriores accesorios, así como la eliminación del viejo sujetador. El cilindro de aire del sujetador, en cambio, podía seguir utilizándose. Mediante la adaptación del esquema que figura en la sección I del capítulo VII se consiguió aumentar la capacidad de mortaja a más del doble.

D. Principios generales del análisis de necesidades

Con el ejemplo discutido en la sección precedente se ilustra la aplicación de los siguientes preceptos generales:

- a) Conocimiento de los costos;
- b) Determinación exacta de las condiciones actuales;
- c) Estudio de las opciones posibles;
- d) Adopción de la opción más favorable desde el punto de vista de las ventajas y el costo de explotación;
- e) Mejora de la explotación paso a paso, según las necesidades y las posibilidades del momento;
- f) Mejora del equipo existente, en lugar de sustituirlo;
- g) Participación del personal del taller en la solución de los problemas relacionados con el diseño.

E. Necesidades especiales de las industrias del mueble y la ebanistería en materia de ABC

Al investigar la necesidad de la ABC en las pequeñas industrias del mueble y la ebanistería, es conveniente pensar en operaciones por separado: manipulación del material, posicionamiento, sujeción, mecanizado y montaje.

Manipulación del material

La simple manipulación del material no acrecienta el valor del producto que con él se fabrica; por eso, es preciso que las operaciones involucradas sean lo más eficientes posible.

Alimentación

Salvo en el caso de equipo altamente automatizado, las máquinas para trabajar la madera se alimentan normalmente a mano. La alimentación manual es ineficiente, a causa del largo intervalo de tiempo que transcurre entre la alimentación de cada una de las piezas trabajadas, lo que se traduce en una subutilización de las máquinas. Además, la alimentación manual puede dañar las máquinas; por ejemplo, si la alimentación no está debidamente controlada, la hoja de la sierra de mesa puede quedar inutilizada. La alimentación puede mejorarse por lo común utilizando accesorios normalizados, como cintas transportadoras, cilindros de aire o aceite y alimentadores accionados con energía eléctrica.

Transporte

Las operaciones de transporte en el interior de los talleres son antieconómicas, por lo que deben evitarse. Cuando no puedan evitarse, conviene utilizar cintas transportadoras o medios de transporte a granel, como bandejas y arcones.

Rotación y eyección

La rotación y eyección automáticas de la pieza trabajada y la eyección automática de los desechos pueden determinar un aumento de la utilización de las espigadoras, las mortajadoras, las taladradoras, las moldeadoras, las cepilladoras, las sierras, etc., sin desperdiciar el valioso tiempo de los operadores calificados. El equipo neumático es particularmente útil para este tipo de operación automática.

Apilamiento

El apilamiento de productos mecanizados puede mejorarse con la ABC. Para ese fin, puede utilizarse el circuito del cilindro A del ejemplo dado en la sección F, del capítulo VII, siempre que se reemplace el interruptor de seguridad S por un interruptor de cierre normal.

Posicionamiento

Como el posicionamiento de la pieza que se va a mecanizar ha de hacerse cuidadosamente, suele consumir bastante tiempo. La ABC puede realizar funciones de posicionamiento, por ejemplo, en el taladrado de

agujeros para espigas, en las mortajas, en los ensambles a espiga, en el fresado y en otras operaciones en que la herramienta se aplica a la pieza. También puede utilizarse para el posicionamiento de piezas pesadas, como en las operaciones de tapizado.

Sujeción

La sujeción por medio de la ABC puede reemplazar la sujeción mediante tornos, incluso cuando éstos se utilizan para sujetar la pieza trabajada en operaciones manuales (v. gr., trabajo de talla). El resultado es una sujeción más rápida y fácil. El tiempo así ahorrado puede dedicarse a actividades productivas.

Mecanizado

El equipo en que algunos componentes se trabajan a mano puede complementarse con la ABC. De este modo, no sólo se reducirá la fatiga del operario y se aumentará la capacidad, sino que, además, se alargará la vida de la herramienta y se mejorará la calidad del producto, al mantener la velocidad correcta de aplicación de la herramienta. La ABC ha encontrado útiles aplicaciones en las sierras tronzadoras desplazables, en las mortajadoras, en las fresadoras (elevación de bancadas) y en las mandrinadoras.

Pudiera ser posible diseñar versiones ABC más sencillas y económicas de ciertas máquinas caras. Ejemplo de ello es la máquina recaladora que figura en la sección G del capítulo VII.

Montaje

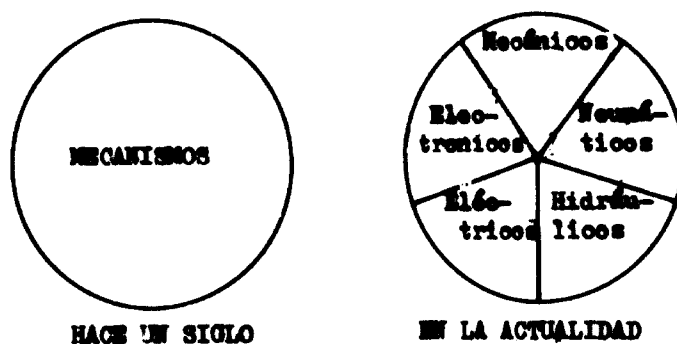
La ABC puede facilitar también las operaciones de montaje. Se puede ver un ejemplo de ello en la figura 4 (capítulo II).

IV. DISPOSITIVOS BASICOS PARA SISTEMAS DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

El primer medio de aumentar la automaticidad de las plantas de fabricación de muebles fue el empleo de dispositivos mecánicos. Las posibilidades de utilizar la presión de un fluido y la electricidad, se conocían, pero no se pudieron aplicar en la práctica por no haber las tecnologías intermedias necesarias. Sigue utilizándose todavía la palabra "mecanización" para describir los niveles inferiores de la automatización.

Con el desarrollo de la tecnología, se han difundido más los dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos para hacer más automáticos los procesos (fig. 11). Combinando esos dispositivos los ingenieros pueden ahora diseñar sistemas complejos que incluso comprenden controles.

Figura 11. Tipos de dispositivos disponibles para la automatización



A continuación se examinará el funcionamiento de los siguientes tipos de dispositivos desde el punto de vista de su aplicación a la automatización de bajo costo:

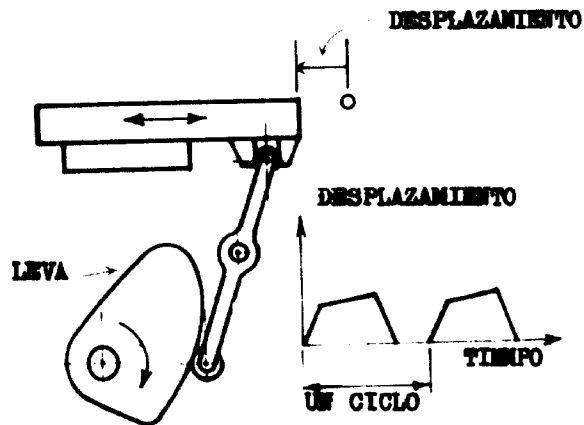
Mecánicos
Neumáticos
Hidráulicos
Eléctricos
Electrónicos

Estos últimos se utilizan casi exclusivamente para fines de control; los demás se utilizan no sólo para control sino también para obtener movimientos que realizan trabajo. El lector debe tener presente que esos movimientos son combinaciones de dos movimientos básicos: lineal y rotativo.

A. Dispositivos mecánicos

El dispositivo mecánico fundamental utilizado en la automatización es la leva, que se utiliza para controlar diversos movimientos de una máquina. Todas las operaciones manuales -mover palancas y hacer girar ruedas conforme a un modelo- se sustituyen por una unidad constituida por un eje con levas de distintas formas o curvas (fig. 12). Las levas levantan palancas que accionan las distintas partes de la máquina. Por lo general, una revolución del eje de levas representa un ciclo completo. Ajustando la velocidad del eje de levas, se obtiene cierto número de ciclos por unidad de tiempo. La forma de una leva determina a qué velocidad y en qué momento tiene lugar la acción particular que controla.

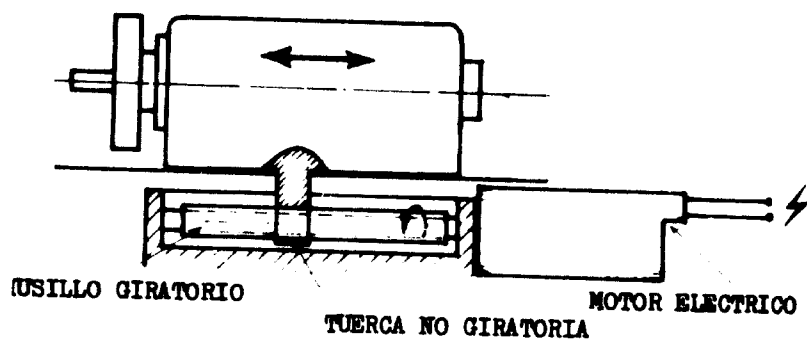
Figura 12. Mando mecánico de leva



Una construcción como la que se acaba de describir se encarga de la reflexión y el trabajo físico que anteriormente debían efectuar los operarios humanos. Este tipo de maquinaria puramente mecánica todavía puede encontrarse en algunas viejas máquinas para fabricar espiga y mortajas y en algunas nuevas de poco costo. Sin embargo, el método básico de cronometrado del control, no tiene las posibilidades que ahora se exigen para las modernas unidades automáticas.

En la figura 13 se muestra otro dispositivo mecánico, el de husillo y tuerca, utilizado con frecuencia en sistemas de automatización de bajo costo para transformar un movimiento rotativo en lineal

Figura 13. Transformación de un movimiento rotativo en lineal



Los sistemas mecánicos tienen las siguientes ventajas:

- a) Se puede conseguir un grado elevado de fiabilidad;
- b) Se puede obtener una excelente sincronización;
- c) El mantenimiento del equipo es bastante simple y lo puede realizar el personal de mantenimiento de la planta.

Por otra parte, presentan las desventajas siguientes:

- a) Por lo general, las partes deben ser diseñadas especialmente para el cliente. Esto requiere un grado elevado de capacidad de ingeniería;
- b) Por lo general, un dispositivo mecánico no es flexible; a menudo, su "programa" es fijo y difícil de modificar;
- c) Sustituir el "programa" de un sistema resulta muy costoso, pues las partes no están normalizadas y puede que deban fabricarse especialmente para el cliente;

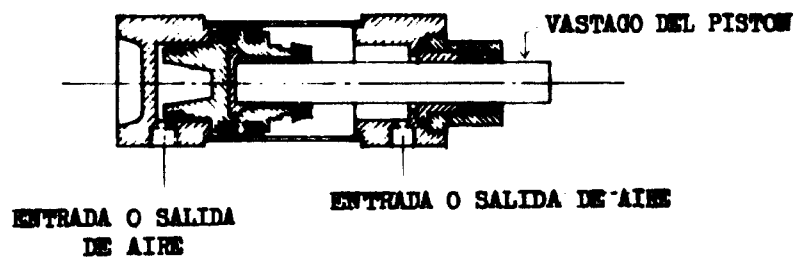
- d) Cuando deben conectarse entre sí mecanismos que se encuentran muy alejados el uno del otro, el sistema mecánico resulta demasiado caro. Ejemplo de ello es la transmisión de energía mediante un eje largo;
- e) Resulta difícil integrar en un sistema mecánico una forma de comprobar si uno de los pasos de un programa se efectúa correctamente (como cuando se rompe una herramienta).

En términos generales, salvo si se trata de mejorar equipo mecánico existente, un proyecto que a base de sistemas mecánicos para fines de automatización de bajo costo se suele rechazar por demasiado difícil o demasiado caro. Sin embargo, eso no significa que no deba adoptarse si se puede justificar el gasto.

B. Dispositivos neumáticos

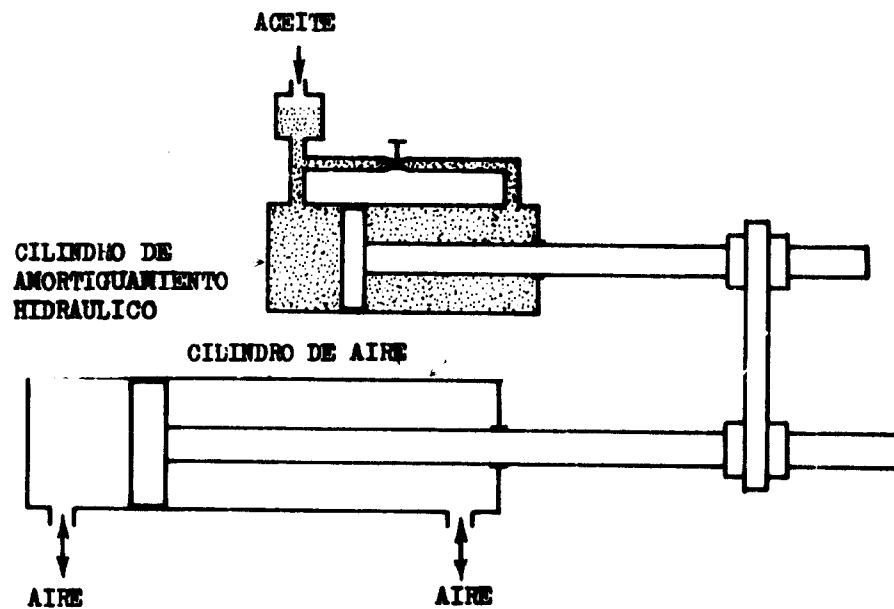
Se puede obtener fácilmente un movimiento de vaivén mediante un cilindro neumático (fig. 14), el cual si puede aplicarse, suele ser la solución más barata.

Figura 14. Cilindro neumático de doble acción



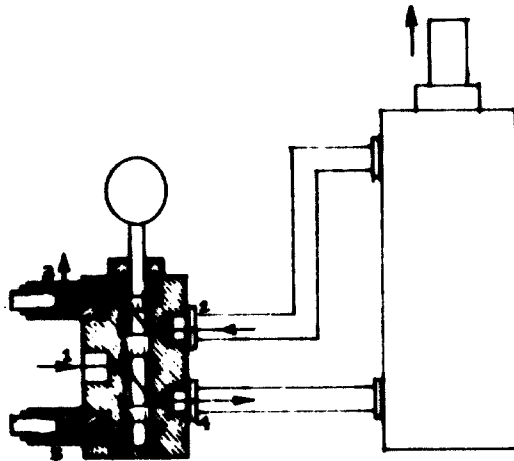
Como el cilindro neumático es accionado mediante el aire, que es compresible, resulta difícil controlar las velocidades bajas del pistón. Por ejemplo, cuando la velocidad del pistón se hace inferior a unos 75 mm/min (3 pulgadas/min), se produce un movimiento irregular (pulsaciones). Sin embargo, este movimiento irregular del pistón se puede contrarrestar mediante un amortiguamiento hidráulico, lo cual permite obtener una velocidad mínima constante de unos 40 mm/min (1,6 pulgadas/min). Este dispositivo se muestra en la figura 15.

Figura 15. Cilindro neumático de doble acción con un cilindro paralelo de amortiguamiento hidráulico



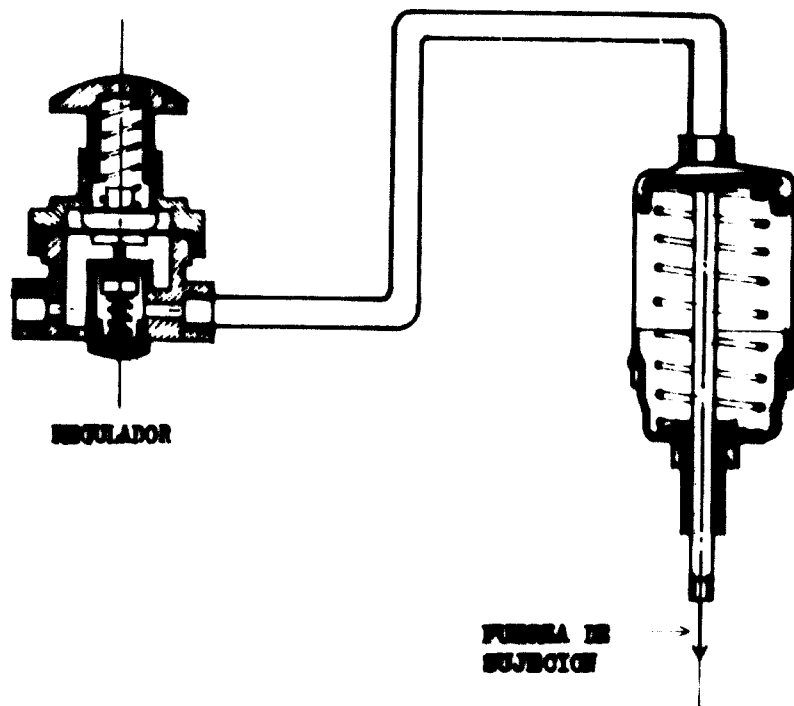
Para controlar el movimiento de vaivén del pistón, unas válvulas de control de dirección inyectan aire comprimido primero por un lado del pistón y luego por el otro, dejando al mismo tiempo que el aire escape por la parte opuesta del pistón. La válvula de la figura 16 tiene dos o tres posiciones distintas. Se coloca en una posición u otra mediante una acción manual, mecánica, eléctrica o neumática, según resulte más apropiado para una situación determinada.

Figura 16. Válvula tridireccional



El equipo neumático tiene la ventaja de que se puede ajustar la velocidad mediante la simple reducción de la corriente de aire que pasa por el orificio de escape o el tubo de inyección de aire. Con el primer método se consiguen velocidades más constantes. Sin embargo, a veces, como ocurre con los cilindros de acción única, resulta imposible utilizar el tubo de escape porque no existe. Entonces, la restricción debe hacerse en el tubo de entrada. Otra ventaja es la posibilidad de fijar y mantener la presión al nivel requerido mediante un simple ajuste del regulador de presión. Por ejemplo, para obtener una fuerza de determinada magnitud para sujetar un objeto, se coloca delante del cilindro un regulador fijado para dicha fuerza, como se ve en la figura 17

Figura 17. Cilindro de impulsión de efecto simple,
con regulador de presión para controlar
la fuerza de sujeción



Hasta ahora, sólo se han descrito dispositivos neumáticos que producen movimiento lineal. Para movimientos rotativos se pueden utilizar motores de aire comprimido controlados por el mismo tipo de válvulas ya descritas. Tales motores suelen ser del tipo de paletas o del tipo de pistón. En los motores de aire comprimido de paletas, se consigue la rotación del eje mediante el "efecto de turbina" del aire sobre las paletas aclopadadas al eje. Los motores de aire comprimido de pistón son similares a los motores de pistón de combustión, pero la fuente de energía es aire comprimido en lugar de vapor o combustible quemado internamente.

Un grupo especial de dispositivos neumáticos es el que representan herramientas manuales neumáticas tales como taladros, llaves de tuercas, aprietatuercas, destornilladores y rectificadoras. Estas presentan algunas claras ventajas en comparación con las herramientas manuales eléctricas:

- a) Son más compactas y ligeras que las eléctricas de la misma categoría de potencia;
- b) Se pueden controlar infinitas variaciones de la velocidad modificando la entrada de aire. Desde luego, también varía el par motor;
- c) Las herramientas manuales pueden sobrecargarse e inmovilizarse sin peligro de avería;
- d) Su construcción es sencilla y las partes se pueden cambiar fácilmente. Por consiguiente, el equipo es fácil de mantener.

El consumo nominal de aire de las herramientas manuales neumáticas puede ser elevado durante el funcionamiento; en cambio, suelen consumir poco aire cuando funcionan de manera intermitente. Por ejemplo, en una estación de montaje, un aprietatuercas neumático puede funcionar durante sólo dos segundos dentro de un ciclo de trabajo de 30 segundos.

En resumen, algunas de las ventajas de los sistemas neumáticos de automatización son:

- a) El montaje puede ser muy flexible;
- b) Las fuerzas se pueden controlar fácilmente (mediante un regulador de presión);

- c) Las tuberías necesarias para el sistema neumático son más simples que las de los sistemas hidráulicos (no requieren tubería de retorno);
- d) La fuente de energía (aire comprimido) es relativamente segura, puesto que, normalmente, la presión de la tubería es sólo de 7-10 atmósferas. Sin embargo, es posible que el depósito de aire esté sujeto a determinados reglamentos de seguridad;
- e) Los mecanismos de aire comprimido pueden inmovilizarse sin averiarlos;
- f) El aire comprimido se puede transportar fácilmente, por tuberías, a cualquier punto de la fábrica.

Los inconvenientes son:

- a) La compresibilidad del aire puede constituir un inconveniente cuando se utiliza en un sistema en que se desee una velocidad bastante constante mientras varía la carga. Como se ha dicho anteriormente, debe utilizarse el amortiguamiento hidráulico para atenuar este problema;
- b) El aire, como fuente de energía, resulta relativamente caro en comparación con la energía hidráulica o eléctrica.

Debido a la índole de sus ventajas, el sistema neumático es uno de los que más corrientemente se utiliza en proyectos de automatización a bajo costo.

C. Dispositivos hidráulicos

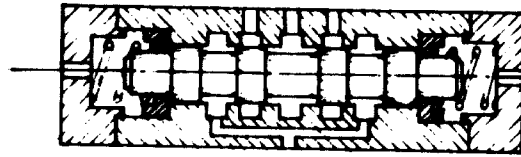
Tanto los dispositivos hidráulicos como los neumáticos utilizan la presión de un fluido: un líquido (aceite) en los hidráulicos y un gas (aire) en los neumáticos. Sin embargo, como el aceite y el aire son muy diferentes, también lo son las características de funcionamiento de los dos tipos de dispositivo. Los cilindros hidráulicos son relativamente más pequeños que los neumáticos. Asimismo, como el aceite es prácticamente incompresible, los cilindros hidráulicos pueden controlarse con precisión incluso a bajas velocidades.

En los sistemas hidráulicos, se necesita una bomba especial para suministrar a cada unidad el aceite en cantidad y presión adecuadas. Esto puede constituir un inconveniente con respecto a los sistemas neumáticos, los cuales sólo necesitan un compresor, sea cual sea el número de componentes con que cuenta el sistema.

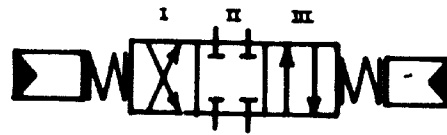
Los dispositivos utilizados para obtener un movimiento de vaivén son también cilindros, como en el caso del sistema neumático. El cilindro hidráulico se controla mediante una válvula de control de dirección que permite que el aceite afluya a uno u otro lado del pistón. La válvula de control de dirección puede accionarse de la misma forma que las válvulas neumáticas. Sin embargo, hay entre ellas varias diferencias esenciales. Por ejemplo, una válvula hidráulica suele tener más de dos posiciones de manera que, en la misma válvula, puede haber varias rutas de corriente. En la figura 18 se muestra una válvula de tres posiciones.

Otra característica de los sistemas hidráulicos es que el aceite que se ha utilizado para impulsar un componente se devuelve a un depósito, mientras en los sistemas neumáticos el aire utilizado se deja escapar a la atmósfera. Asimismo, como la presión es más elevada, las tuberías del sistema hidráulico deben encajar de manera más estanca y precisa. Esas mismas exigencias se aplican a los componentes móviles. Por lo tanto, las tuberías y los componentes del sistema hidráulico son más complicados y costosos.

En un sistema hidráulico, como en un sistema neumático, la regulación de la velocidad se consigue insertando un mecanismo que reduce la entrada de fluido por los orificios a un valor constante, independiente de las variaciones de presión (fig. 19). El inconveniente de este método de regulación es una pérdida de energía relativamente elevada porque la unidad de bombeo está diseñada para las corrientes fuertes necesarias para las grandes velocidades. El fluido desviado en este sistema debe volver al depósito mediante una válvula de derivación. El calor que se genera en la válvula debe desviarse del depósito de fluido.



ESQUEMA TRANSVERSAL



SIMBOLO ESQUEMATICO

Figura 18. Valvula hidrúlica de tres posiciones

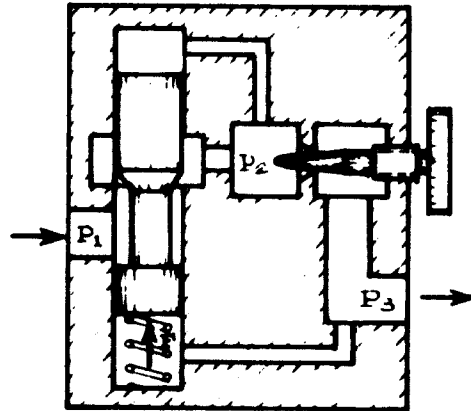


Figura 19. Válvula hidrúlica de control de "presión constante"

Otra posibilidad de regulación de la velocidad, pero más costosa, consiste en utilizar una bomba de caudal variable (fig. 20). Tiene la ventaja de que las pérdidas de energía son muy inferiores y el inconveniente de que es difícil utilizar una bomba para más de un cilindro a la vez, puesto que la variación en el consumo de aceite puede ser grande.

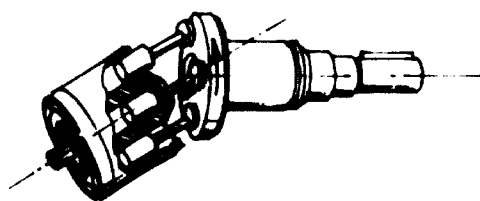


Figura 20. Bomba hidráulica de caudal variable

Por lo general, el mantenimiento de las unidades hidráulicas es mucho más complicado que el de las neumáticas y sólo puede entregarse a ingenieros especializados.

Resumiendo, las ventajas de un sistema hidráulico son:

- a) Es compacto al mismo tiempo que puede liberar grandes fuerzas;
- b) La energía se puede transmitir a largas distancias mediante tuberías;
- c) Como el aceite es el medio utilizado, un sistema hidráulico es autolubrificante;
- d) Se puede obtener con él una gran flexibilidad;
- e) Tiene la capacidad de absorber cargas de choque sin que disminuya su vida útil;

- f) Puede proveérsele fácilmente de mecanismos que impidan la sobrecarga;
- g) Se pueden controlar velocidades infinitamente variables;
- h) Se puede controlar la velocidad y colocar las cargas con gran precisión;
- i) Se puede vincular fácilmente, lo mismo que un sistema neumático, a sistemas de control eléctrico y electrónico;
- j) El costo de funcionamiento es inferior al del sistema neumático.

Los inconvenientes son:

- a) Es más caro de instalar que un sistema neumático;
- b) Es más complicado de mantener e instalar.

D. Dispositivos eléctricos

Cuando la energía requerida por los mecanismos que realizan el trabajo debe transmitirse a distancias considerables, un sistema eléctrico suele resultar, por lo general, el más barato. El más conocido mecanismo eléctrico que realiza trabajo, el motor eléctrico, sólo necesita conectarse a una red apropiada.

El movimiento rotativo de un motor eléctrico debe someterse a cierta conversión si se desea obtener un movimiento lineal. Una manera corriente es utilizar un mecanismo de husillo y tuerca, según se ve en la figura 13. Para movimientos lineales cortos, se puede utilizar una bobina magnética que mueve una pieza de hierro, como el de la figura 21.

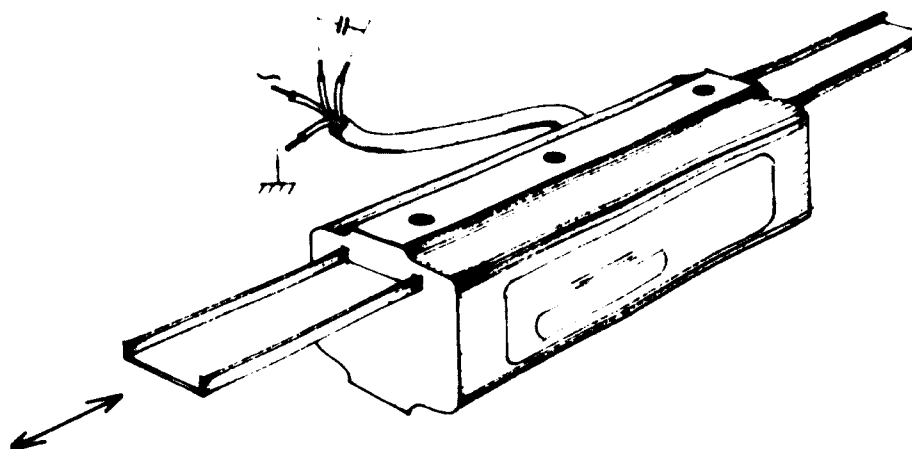


Figura 21. Bobina magnética para movimientos lineales cortos

Regular la velocidad de un motor eléctrico es mucho más difícil que regular la velocidad de un sistema neumático o hidráulico. La velocidad de un motor corriente alterna puede modificarse variando la frecuencia de ésta, lo cual requiere una instalación especial y complicada. Otro método consiste en modificar el número de sus polos, lo cual da como resultado una variación gradual más bien que continua.

La velocidad de un motor de corriente continua se puede modificar más fácilmente, modificando la resistencia. Este método puede dar una variación continua, pero no es necesariamente una solución barata. De todas formas, durante el último decenio, se ha difundido el uso de motores de corriente continua para realizar indirectamente movimientos lineales en equipo de producción especial.

Un inconveniente de los motores es que no pueden estar inmovilizados durante un período prolongado sin sufrir perjuicios.

Existe un "cilindro" eléctrico para fuerzas reducidas. Es un adelanto nuevo, que permite desarrollar una fuerza "no motriz" sin dañar la unidad. Pero, incluso en este caso, resulta más barata la solución neumática o hidráulica.

La corriente que pasa a los mecanismos eléctricos se controla frecuentemente, mediante un relé, dispositivo electromecánico que consiste en contactos eléctricos que un electroimán abre o cierra (fig. 22). Existen varios tipos, para distintas cargas y distintos dispositivos de contacto. También hay tipos especiales como relés retardadores, relés de impulsos y relés temporizados.

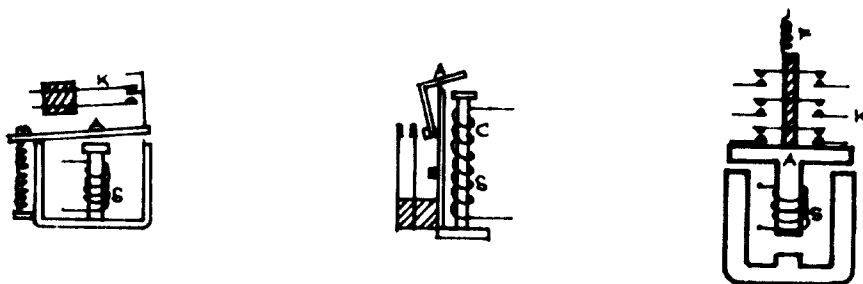


Figura 22. Relés eléctricos

En los sistemas eléctricos, los resistores y capacitores se pueden hacer de forma que realicen, respectivamente, las mismas funciones que los limitadores neumáticos y los depósitos.

Existen varios tipos de conmutadores eléctricos y lectores de tarjetas perforadas para programar sistemas de control. Por ejemplo, los conmutadores pueden emitir señales a intervalos de tiempos fijos (control de tiempo).

E. Dispositivos electrónicos

Los mecanismos y sistemas electrónicos se limitan principalmente a controlar los verdaderos mecanismos que realizan el trabajo, los cuales suelen ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos.

Los mecanismos electrónicos más conocidos son los transistores de radio. Sin embargo, el tipo principal utilizado en sistemas de control es otro, el transistor de conmutación. Lo mismo que un conmutador corriente, tiene dos posiciones, abierta y cerrada, pero no tiene partes móviles, por lo cual su duración es prácticamente infinita.

Combinando transistores con otros componentes electrónicos, se pueden construir mecanismos modulares con funciones específicas, los cuales pueden ser asombrosamente pequeños dado el gran número de componentes que a veces contienen.

V. SELECCION DE COMPONENTES PARA UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

Es difícil prescribir reglas sencillas para la selección de los componentes de un sistema ABC, pues son muchos factores que hay que tener en cuenta. A veces, sin embargo, las exigencias son tales que un determinado tipo de componente aparecerá claramente como la mejor solución. Cuando se plantea el problema de la selección, puede comenzarse contestando las siguientes preguntas generales:

- a) ¿Qué precisiones y velocidades se requieren? Es un derroche comprar un componente de alta precisión (y, por ende, de elevado precio) cuando bastaría uno de tipo corriente para el fin deseado. De igual modo, el retardo de un disyuntor puede o puede no ser un factor importante, según las exigencias del trabajo;
- b) ¿En qué medio habrá de funcionar el sistema? Por ejemplo, los mandos neumáticos son preferibles a los eléctricos cuando hay mucho polvo en el aire (como en un taller de muebles);
- c) ¿De qué tipo de energía se dispone? Si se cuenta ya con aire comprimido, como cuando se lo utiliza en un taller de muebles para la pulverización de pintura, deberá considerarse seriamente la adopción de un sistema neumático;
- d) ¿Cuáles son las aptitudes del personal de mantenimiento del taller? El sistema deberá ser tal que pueda repararlo fácilmente el propio personal. Normalmente, el equipo neumático es el más fácil de entender;
- e) ¿Qué fuerzas han de aplicarse? Los dispositivos hidráulicos pueden aplicar más fuerza que los neumáticos;
- f) ¿Cuál es la justificación económica del proyecto? La solución más barata no es, necesariamente, la mejor. Hay que preguntarse, más bien, si la ventaja que se espera obtener al seleccionar cierto elemento justifica su costo.

Normalmente, un sistema ABC basado en sólo uno de los tipos fundamentales de dispositivos descritos en el capítulo precedente resulta suficientemente satisfactorio, si bien, a menudo, se obtienen mejores resultados cuando se

combinan tipos diferentes. Por ejemplo, cuando es esencial evitar retardos en la transmisión de señales, deberán utilizarse componentes eléctricos para controlar un sistema básicamente neumático o hidráulico de componentes que realizan un trabajo.

La información que se da en el capítulo IV sobre dispositivos y las respuestas a las preguntas anteriormente indicadas proporcionarán una base suficiente para decidir qué tipos de componentes han de emplearse en un determinado sistema ABC. Hecho eso, será preciso determinar las especificaciones técnicas de cada componente. El presente capítulo contiene la información y los datos necesarios para tomar esa decisión, de forma fácilmente comprensible por el ingeniero al que se haya encargado instalar un sistema ABC en su taller.

A. Componentes neumáticos

Terminología

Es necesario explicar algunos de los términos empleados en la especificación de componentes de aire comprimido.

La compresión o expansión isotérmica de un gas es aquella en que la temperatura del gas permanece inalterada. La ley de Boyle, que es fundamental en los trabajos con aire comprimido, enuncia que el producto de la presión P por el volumen V de una masa dada de un gas ideal permanece constante en el curso de una compresión o expansión isotérmica: $PV = \text{const.}$

Problema a título de ejemplo. Un cilindro de un volumen de 283 cm^3 , abierto inicialmente al aire, es cerrado y el aire que contiene se comprime isotérmicamente por medio de un émbolo hasta un volumen de 41 cm^3 . ¿Cuál será la presión final? Utilizando i y f como símbolos para "inicial" y "final", respectivamente, tenemos que:

$$\begin{aligned} P_i V_i &= P_f V_f \\ P_f &= P_i V_i V_f^{-1} = (V_i/V_f) P_i \\ &= (283/41) P_i = 6,9 P_i \\ &= 6,9 \text{ atm, o } 103 \text{ lb/pul.}^2 \text{ (lpc)} \end{aligned}$$

$$(P_i = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ lpc}).$$

La relación de compresión r es el número de unidades volumétricas que se han comprimido en una unidad volumétrica. En el problema anterior, la relación de compresión es, pues, $r = \frac{V_i}{V_f} = 6,9$. También es igual, por supuesto, a $\frac{P_f}{P_i}$. En los trabajos con aire comprimido, donde P_i suele ser igual a P_a , esto es, la presión atmosférica o del aire libre, una fórmula conveniente para r es $r = \frac{(P + P_a)P_a}{P}$, donde P es la presión de trabajo indicada por un manómetro corriente (que indica 0 al aire libre). Si se lee P en un manómetro de libras por pulgada cuadrada (lpc), la fórmula será $r = \frac{(P + 14,7)}{14,7}$; si se lee en un manómetro de atmósferas (atm), será $r = P + 1$.

Un volumen dado de aire comprimido tendrá un volumen equivalente de aire libre, que, según se desprende de lo anterior, es igual al producto de la relación de compresión por el volumen de aire comprimido ($V_i = rV_f$).

Componentes del sistema de suministro de aire comprimido

Compresores

El aire comprimido se obtiene mediante compresores, que no son otra cosa que bombas que aspiran aire a presión atmosférica y lo suministran a una presión más elevada.

Los compresores se clasifican de diversas maneras. A los fines del presente manual, se clasificarán según:

- a) La frecuencia del ciclo de compresión (aplicable principalmente a los tipos alternativos):
 - i) De acción simple, en que la compresión tiene lugar cada dos carreras;
 - ii) De acción doble, en que la compresión tiene lugar en cada carrera;
- b) La naturaleza del ciclo:
 - i) De una etapa, en que la compresión tiene lugar en un solo cilindro;
 - ii) De dos etapas, en que la compresión se inicia en un cilindro y se termina en un segundo cilindro, dividiendo así el aumento de temperatura entre los dos cilindros y permitiendo el enfriamiento del aire comprimido entre las etapas;

c) Las partes móviles:

- i) Alternativos, en que la compresión se realiza por el movimiento de avance y retroceso de un émbolo;
- ii) Centrífugos, diseñados para suministrar grandes cantidades de aire a baja presión, y movidos por la fuerza centrífuga generada por un rotor de gran velocidad;
- iii) Rotativos, con un rotor de paletas o equivalente montado excéntricamente en un cilindro estacionario, lo que tiene el efecto de comprimir el aire entrante a un volumen más reducido.

El tipo de compresor más comúnmente utilizado en los talleres de muebles es el alternativo, que permite obtener presiones de hasta 10 atm. Las presiones inferiores a 5 atm pueden no ser suficientes para ciertas tareas, en tanto que las superiores a 15 atm pueden dar lugar a la formación de hielo en las unidades ABC, a causa de un excesivo enfriamiento por dilatación.

La capacidad de los compresores se expresa, normalmente, como el número de pies cúbicos por minuto (pcm) o metros cúbicos por minuto (m^3/min) de aire libre suministrado (ALS). A veces, la capacidad de los compresores puede clasificarse en función del volumen de aire libre desplazado, en cuyo caso el valor de ese volumen ha de multiplicarse por el rendimiento del compresor en términos de volumen de ALS.

Problema a título de ejemplo. La capacidad de un compresor se ha clasificado en 500 pcm ($14 m^3/min$) de aire libre desplazado. El rendimiento del compresor es de un 88%. Determínese su capacidad de ALS.

$$\begin{aligned} \text{ALS} &= (\text{aire libre desplazado}) \times (\text{rendimiento del compresor}) \\ &= 500 \times 88/100 \\ &= 440 \text{ pcm } (12,46 m^3/min) \end{aligned}$$

En la figura 23 se da el valor teórico de la energía requerida por los compresores de una y dos etapas para suministrar una unidad volumétrica de aire con una relación de compresión dada. En esa cifra no se tiene en cuenta el rendimiento del sistema compresor, que, por lo común, es sólo de aproximadamente un 35-50%, en razón de las distintas ineficiencias mecánicas y eléctricas.

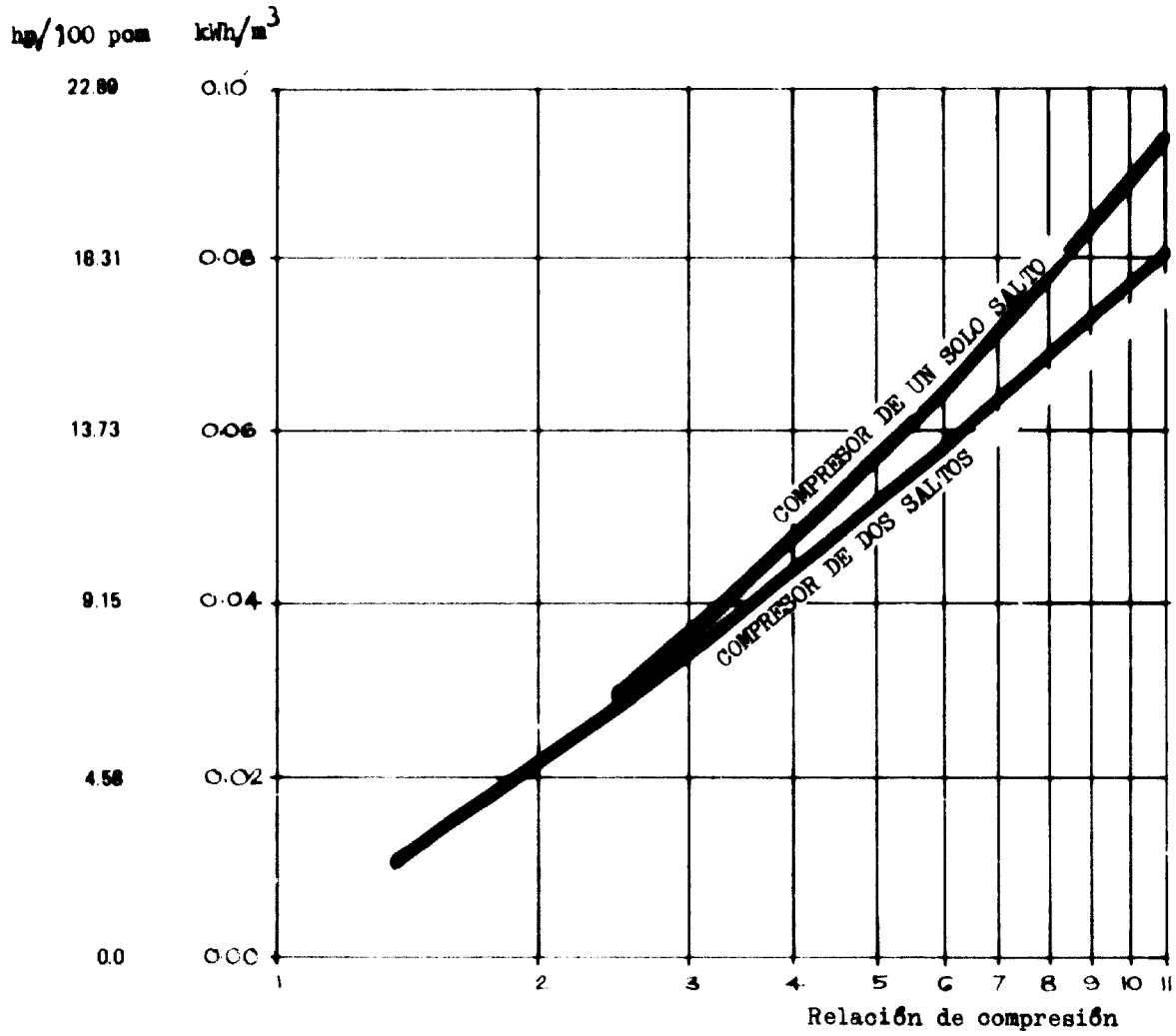


Figura 23. Energía teórica específica requerida para la compresión de aire

Receptor de aire

El volumen del receptor de aire (depósito) ha de ser por lo menos igual al volumen de aire comprimido suministrado por el compresor en una unidad de tiempo:

$$V_m = Q/r$$

donde V_m es el volumen mínimo, Q el rendimiento del compresor en una unidad de tiempo (ALS) y r la relación de compresión. Este tamaño mínimo es adecuado, teóricamente, para un sistema de demanda constante. En la práctica, es mejor emplear un depósito más grande, para atender una demanda variable.

$$V_p = A Q/r$$

donde V_p es el volumen práctico y A un coeficiente que va desde 1,5 para una demanda constante hasta 3,0 para un sistema de demanda variable.

Tuberías

En un sistema compresor de aire (equipado con depósito de aire), las tuberías principales que van a los distintos puntos de distribución deben instalarse con una inclinación de unos 3° respecto a la horizontal. Además, para extraer el agua que se pueda acumular, deben conectarse tubos de drenaje, provistos de válvulas que puedan abrirse fácilmente al punto más bajo de la tubería principal y antes del punto de distribución. De ese modo se conseguirá que no penetre en las unidades ABC más que aire limpio y seco.

Otra regla es que las tuberías que van a las unidades ABC deben conectarse a la parte superior de la tubería principal, a fin de impedir la entrada de impurezas en las máquinas.

La figura 24 muestra un sistema de tubería neumática ilustrativo de las reglas enunciadas.

Para aire comprimido hasta una presión de 12 atm, pueden utilizarse tuberías de mediano diámetro, las que, de ser posible, deberán limpiarse antes de su instalación.

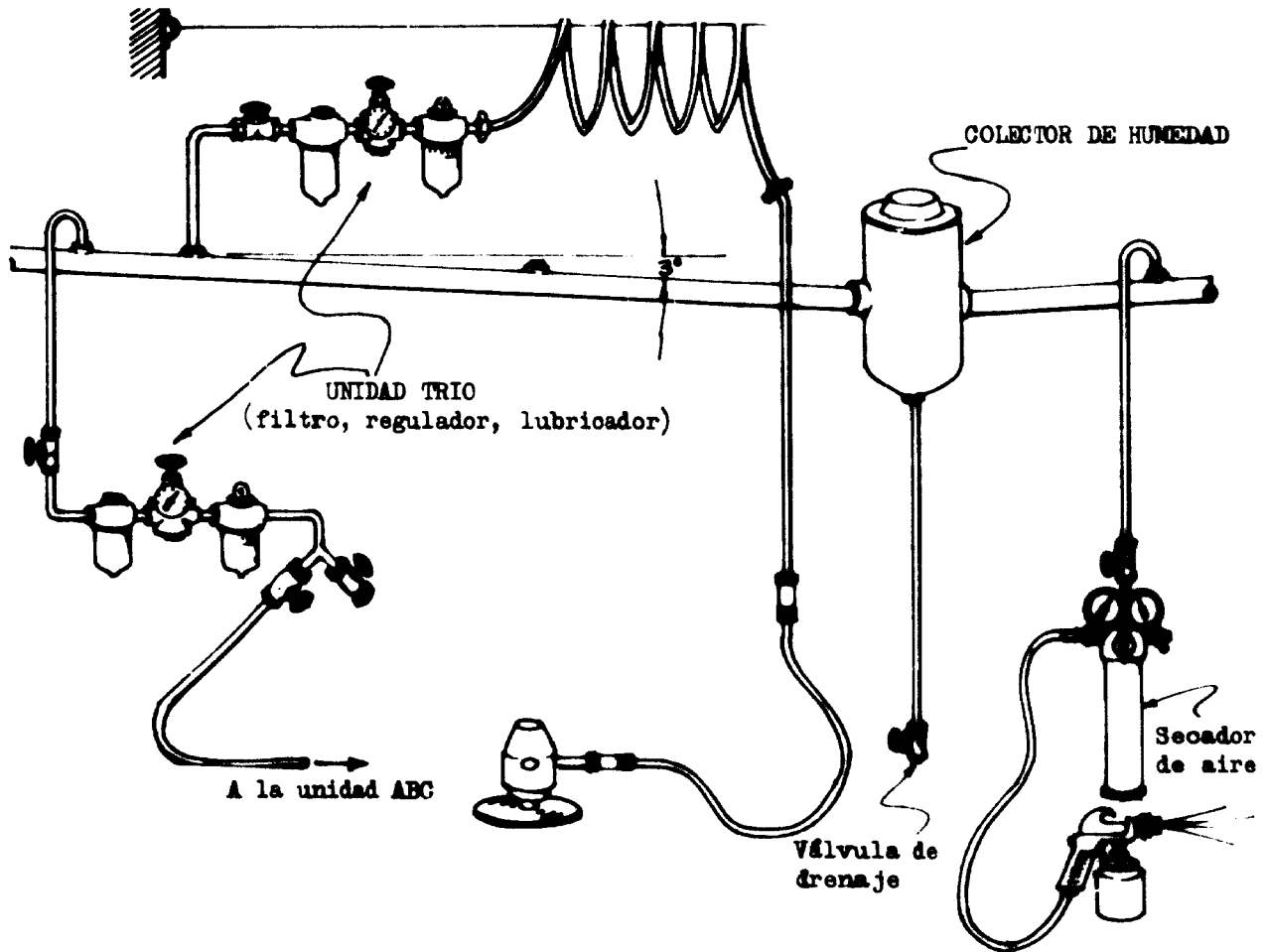


Figura 24. Sistema de tubería neumática

Como las tuberías van desde el depósito de aire del compresor hasta un sistema que puede estar a bastante distancia, conviene que tengan un diámetro lo suficientemente grande para que las pérdidas por fricción sean mínimas. En el cuadro 1 se reproduce una gafa en la que se indican los diámetros más apropiados. Para servirse de dicho cuadro, determínese primero la corriente de aire que va a transportarse. Encuéntrese su valor en la primera columna, luego pásese a la columna en que se indica la longitud aproximada del tramo y, finalmente, véase el diámetro de tubería recomendado para reducir al mínimo la pérdida. Por ejemplo, 25 pies cúbicos/min ($0,7 \text{ m}^3/\text{min}$) de aire pueden transportarse hasta 150 pies (45,7 m) utilizando una tubería de un diámetro interior de 0,824 pulgadas (20,9 mm). Si la longitud total del tramo excede de 150 pies (45,7 m), deberá utilizarse en toda su extensión una tubería de 1,049 pulgadas (26,6 mm).

Cuando no se conozca la corriente de aire, utilícese la potencia del compresor (segunda columna) como punto de partida para la lectura del cuadro. Para corrientes de aire no incluidas en el cuadro, supóngase que cada unidad de potencia del compresor produce unos 3,5 pies cúbicos/min ($0,1 \text{ m}^3/\text{min}$). Este cálculo no es sino aproximado, ya que la relación corriente/potencia depende del rendimiento del compresor. En caso de duda, es mejor exagerar el diámetro de las tuberías principales pues éstas, pasan entonces a formar parte del depósito de aire.

El monograma de caída de presión de la figura 25 es también útil para el diseño de tuberías. Las flechas ilustran cómo se utiliza el monograma para resolver el siguiente problema:

Supongamos que se desea una corriente de aire de $10 \text{ m}^3/\text{min}$ (353,1 pcc/min) en un tubo de 70 mm (2,76 pulgadas) de diámetro y 200 m (660 pies) de longitud. Si la presión inicial al comienzo de la tubería es de 7 atmósferas (101,5 ppc), ¿cuál será la presión final en el extremo de salida? La intersección de las líneas que representan $10 \text{ m}^3/\text{min}$ y 7 atmósferas se busca en el lado derecho del monograma y se proyecta diagonalmente en sentido ascendente, hacia la izquierda y hasta la línea vertical que separa las dos partes del monograma. Luego se sigue la línea horizontal hasta su intersección con la línea vertical que representa la longitud de tubería de 200 m. Desde esa intersección, la trayectoria desciende diagonalmente hasta la línea horizontal que representa el diámetro de la tubería, 70 mm, y luego desciende verticalmente hasta la escala, donde se lee la caída de presión, 0,1 atmósferas (1,45 ppc). La presión de salida será, pues, $7,0 - 0,1 = 6,9$ atmósferas (100 ppc).

Cuadro 1

Diametros de tuberías sugeridos para un sistema de distribución de aire comprimido

Cortiente de aire (pc/min)	Potencia del compresor	Tramo							
		(pies)	(pies)	(pies)	(pies)	(pies)	(pies)	(pies)	
(m ³ /min)	(m ³ /min)	25	50	75	100	150	200	250	300
		7,6	15,2	22,8	30,5	45,7	61	76,2	91,5
5 o menos	0,14 o menos	1,4							
		0,622 (15,8)							
10	0,28	2,8			0,824 (20,9)				
		0,622 (15,8)							
15	0,43	4,3			0,824 (20,9)				
		0,622 (15,8)							
20	0,56	5,6							
		0,824 (20,9)							
25	0,70	7,0					1,049 (26,6)		
		0,824 (20,9)							
30	0,85	8,5					1,049 (26,6)		
		0,824 (20,9)							
35	1,0	10,0					1,049 (26,6)		
		0,824 (20,9)							
40	1,12	11,2					1,049 (26,6)		
		0,824 (20,9)							
50	1,40	14,0							
		1,049 (26,6)							
70	2,0	20,0							
		1,049 (26,6)							
								1,380 (35,0)	

Fuente: Air Compression Research Council.

Nota: Las cifras del cuerpo principal del cuadro representan diámetros interiores en pulgadas (los equivalentes en milímetros van entre paréntesis) de tubería negra normalizada que mantendrán la pérdida de presión a un mínimo razonable a lo largo de los tramos indicados.

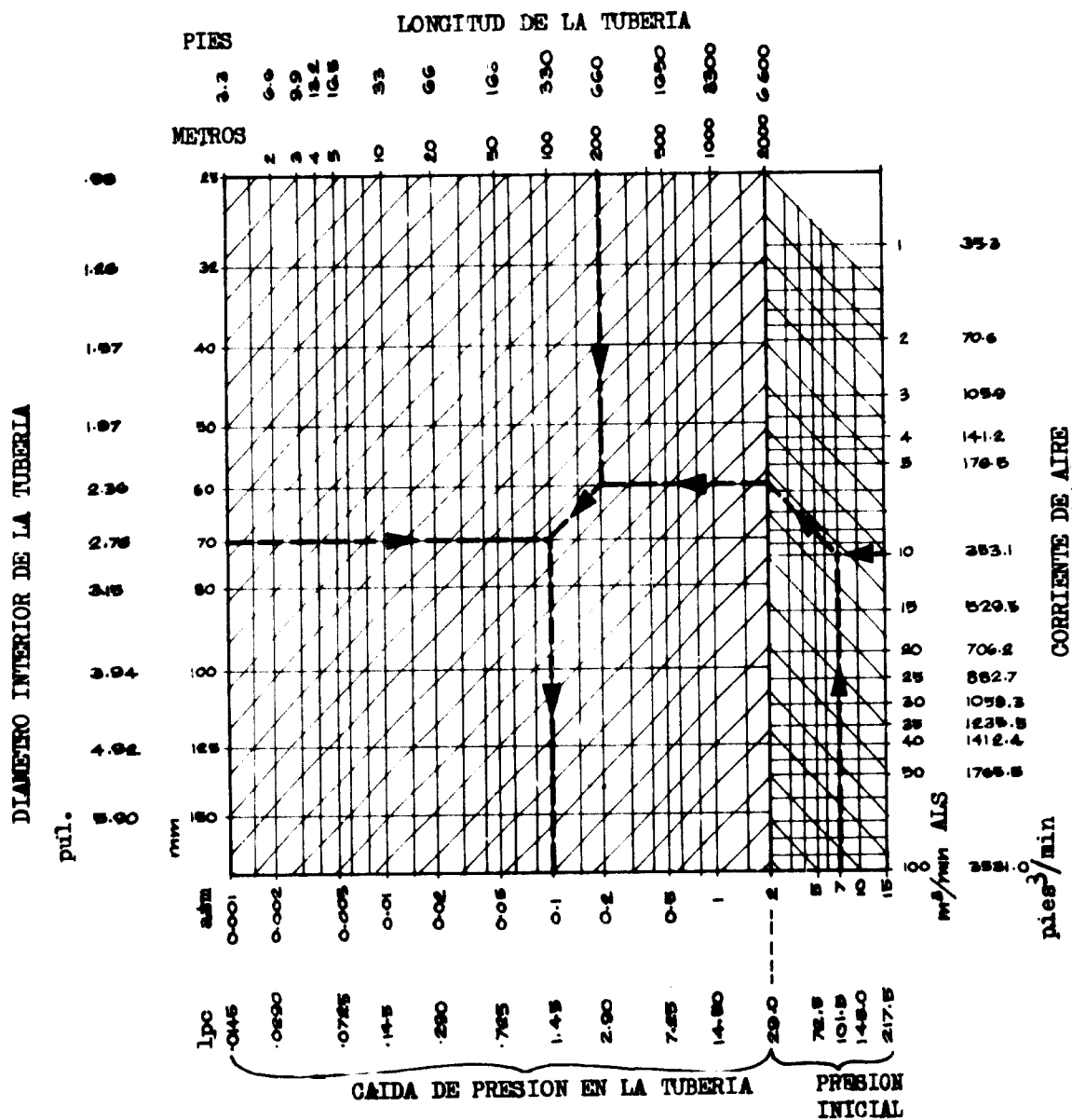


Figura 25. Monograma de caída de presión

Cualquier otro problema en el que intervengan las 5 cantidades representadas en el monograma podrá resolverse de análoga manera.

Como regla empírica, cuando se interconecten válvulas y cilindros en un circuito neumático, utilícese como guía el diámetro del cilindro. En todo caso, suponiendo que la fábrica cuanta ya con una fuente de aire comprimido, es preciso conocer las magnitudes de las fluctuaciones de presión y de la presión más baja al calcular el diámetro del cilindro para poder determinar si hay suficiente aire con que accionar el equipo. De no haberlo, deberá aumentarse la capacidad de la planta de aire comprimido.

"Acondicionadores" de aire

El aire comprimido se puede considerar totalmente saturado de vapor de agua. Como la cantidad de agua que puede retenerse en forma de vapor, en un volumen dado de aire, es función creciente de la temperatura, cualquier descenso de la temperatura del aire comprimido saturado dará lugar a una excesiva condensación de la humedad en el sistema. La cantidad de agua así depositada puede ser lo suficientemente grande como para impedir el buen funcionamiento de un sistema neumático. Además de la humedad, el aire bruto comprimido puede contener mezclas y sedimentos abrasivos capaces de causar graves daños en los componentes neumáticos.

Para evitar tales inconvenientes, se requiere un sistema "acondicionador de aire", esto es, un equipo adecuado de tratamiento de aire colocado en el circuito antes de los cilindros, las válvulas y otras herramientas para secar y filtrar el aire comprimido, agregarle lubricante y regular la presión. El esquema de acondicionamiento de aire ilustrado en la figura 26 corresponde a una unidad "trío", así designada por constar de tres componentes:

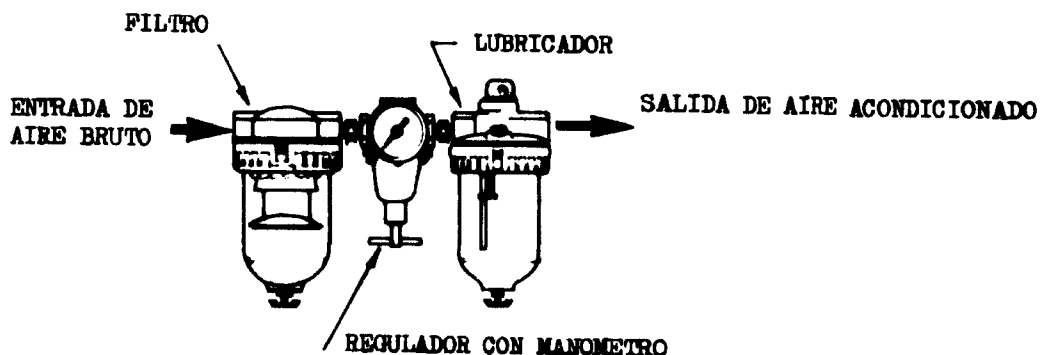


Figura 26. Unidad trío: filtro, regulador y lubricador

1) Filtro y secador de aire. Este componente aprisiona la humedad residual y las impurezas del aire comprimido haciendo girar en remolino el "aire en bruto" alrededor del vaso centrifugador. Por efecto de la acción centrífuga, los elementos más pesados quedan adheridos a la pared del vaso y eliminados de la corriente de aire. El agua y las impurezas acumuladas se extraen periódicamente del filtro abriendo la válvula que se encuentra debajo del vaso. Esta "limpieza" deberá realizarse antes que el vaso se haya llenado completamente de agua, ya que, de lo contrario, las impurezas podrían reintroducirse en el sistema.

2) Regulador de presión. Ajustando el botón del regulador de presión, puede mantenerse en la tubería una presión de aire determinada y constante. No es aconsejable tener una presión de aire demasiado elevada; un exceso de presión no significa más que un gasto de energía. Nótese que un regulador de presión sólo puede mantener presiones que sean inferiores a la de la tubería principal. No puede proporcionar una presión más alta que la de su entrada.

3) Lubricador de aire. Los lubricadores de aire son importantes porque el aire no es lubricante por sí mismo. Sin lubricación, los diversos componentes del sistema se deteriorarán y su vida de servicio se verá considerablemente mermada.

Los lubricadores de aire se llena, normalmente, con un aceite ligero, que, convertido en una fina neblina, penetra en el equipo junto con el aire comprimido. La cantidad de aceite que entre en el sistema, deberá regularse con cuidado; si es insuficiente, se producirá un desgaste, y si es excesiva, se originarán obstrucciones. Una buena regla empírica para la regulación del lubricador es que, "por cada 500 dm³ (20 pies cúbicos) de aire libre consumido por el equipo, deberá caer una gota de aceite (vista por la mirilla de cristal del lubricador)".

Una buena regla empírica para determinar el tamaño de la unidad trío necesaria es que deberá ser mayor que el componente más grande del sistema.

Cilindros

Al elegir un cilindro neumático, deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

Fuerza de alimentación requerida
Velocidad de alimentación requerida
Longitud de alimentación requerida
Requisitos del montaje
Fuerzas adversas que actúan sobre el émbolo y el cilindro
Necesidad de almohadillado en el extremo
Medio de trabajo
Consumo de aire

Fuerza de alimentación requerida

El empuje ejercido por el vástago del émbolo de un cilindro neumático depende de la presión del aire que se le suministre y del área efectiva de la cara del émbolo sobre la cual actúe la presión:

$$\text{Empuje} = (\text{presión}) \times (\text{área efectiva})$$

Si la presión se ejerce sobre la cara frontal del émbolo, el área efectiva es $A = \frac{\pi D^2}{4}$, donde D es el diámetro del émbolo, que es esencialmente el mismo que el diámetro interior del cilindro (fig. 27). El empuje es una fuerza compresiva, y tiende a empujar el vástago hacia el exterior del cilindro. Pero si se admite el aire comprimido por detrás del émbolo, de modo que actúe sobre la cara posterior, el área cubierta por el vástago resulta ineficaz a efectos de producir un empuje (fig. 28). El área efectiva, en este caso, es A menos el área de la sección transversal del vástago. El empuje es una fuerza tractiva, y tiende a tirar del vástago hacia el interior del cilindro. Es importante recordar que un cilindro con un vástago en un extremo solamente tiene más fuerza de empuje que de tiro, mientras que un cilindro provisto de un vástago que va de "extremo a extremo" empuja tanto por un extremo como tira por el otro.

Las fuerzas compresiva y tractiva de cilindros de aire de diámetros comprendidos entre 25 y 200 mm (0,98-7,87 pulgadas) en función de la presión, pueden determinarse consultando al gráfico de la figura 29. Este puede utilizarse también para cilindros hidráulicos de baja presión, como los empleados en un sistema oleoneumático. En todo caso, sin embargo, el gráfico debe considerarse sólo como una guía, pues no tiene en cuenta las pérdidas que se producen por fricción en la parte que ha de accionarse

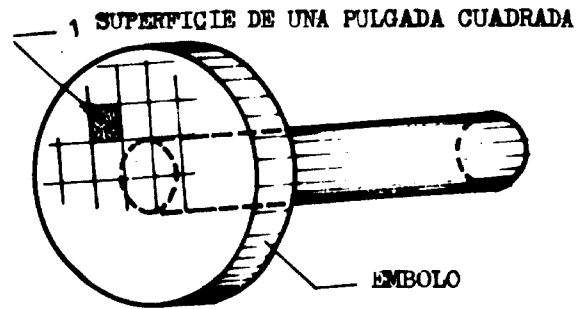


Figura 27. Area efectiva de la cara del émbolo

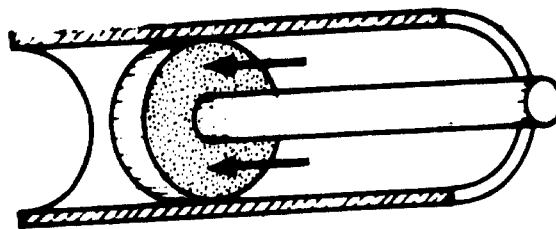


Figura 28. Superficie efectiva de la cara del émbolo

o en el propio cilindro, las que pueden variar de un 5 a un 15% con respecto al valor teórico indicado en el gráfico. Si se desea determinar con mayor exactitud el empuje disponible, siempre deberá estudiarse atentamente la información suministrada por el fabricante del cilindro.

La figura 30 ilustra un cilindro de aire que soporta un peso de carga de 454 kg (1.000 lb). El cilindro tiene un diámetro interno de 102 mm (4 pulgadas) y la presión de la tubería es de 5,44 atm (80 lpc). Según el gráfico de la figura 29, el cilindro desarrolla un empuje casi igual al peso de su carga; en tales condiciones, el cilindro no se moverá. Para mover la carga debe darse al cilindro un tamaño mayor, de modo que ejerza mayor empuje. El mayor tamaño que corresponda dependerá de la velocidad de movimiento deseada. Cuanto más tamaño se dé, tanto más rápidamente se desplazará la carga.

Hay muchos factores que tener en cuenta al estimar el mayor tamaño de cilindro requerido. A efectos del presente manual, bastará la siguiente regla empírica:

Cuando la velocidad no cuente, selecciónese un cilindro que tenga aproximadamente un 25% más de empuje que el necesario para equilibrar la carga. Si se desea una velocidad superior, aumentese el tamaño del cilindro un 100%.

Velocidad de alimentación requerida

Un cilindro de aire puede utilizarse para trabajar a velocidades comprendidas entre 0,07 y 150 mm/min (0,003-6 pulgadas/min). Para velocidades inferiores a 50 mm/min (2 pulgadas/min), es preciso acoplar un cilindro hidroamortiguador. La velocidad es un factor que hay que tener en cuenta al elegir un tipo adecuado de cilindro. Para velocidades elevadas, por ejemplo, pudiera requerirse amortiguadores en el extremo del cilindro, a fin de reducir los esfuerzos mecánicos. La velocidad cuenta también al decidir el tipo de válvula de control direccional que se utilizará, si ha de utilizarse estrangulamiento fijo o ajustable, y cómo han de colocarse éstos. Para calcular la velocidad máxima de circulación del aire y, por ende, el consumo instantáneo de éste, es preciso conocer la velocidad del émbolo y la frecuencia de trabajo del cilindro. El consumo de aire con carreras y diámetros de cilindro diferentes es una información que, normalmente, suministran los fabricantes de los cilindros. Sin embargo, el propio ingeniero puede hacer algunos cálculos sobre el consumo de aire; el volumen de aire necesario por minuto es igual al producto del área del émbolo por el número de carreras por minuto por la longitud de carrera. Esa cifra representa el consumo basado en el volumen

de aire comprimido (no libre). Al hacer los cálculos correspondientes para los cilindros de doble acción, deberán tenerse en cuenta el área efectiva de cada cara del émbolo y ambas carreras.

Longitud de alimentación requerida

La longitud de carrera que se elija para un cilindro dependerá de si la carrera ha de ser exactamente la misma que la longitud de alimentación requerida por el dispositivo accionado. Si ha de ser la misma, entonces es importante especificar esa carrera y encargar un cilindro especial. A veces, sin embargo, no importa que la carrera sea demasiado larga, ya que puede incorporarse un retén exterior en el sistema. En este caso, pueden encargarse cilindros de carrera normal, conforme a los catálogos de los proveedores.

Requisitos de montaje

Los cilindros pueden montarse de muchas formas merced a los llamados accesorios normalizados de que se dispone. Hay diferentes accesorios, tanto para cilindros como para vástagos de émbolo. Un montaje incorrecto puede dañar, no sólo el equipo accionado por los cilindros, sino también los propios cilindros.

Fuerzas adversas que actúan sobre el émbolo y el cilindro

Además de las fuerzas debidas a un montaje incorrecto, pueden ejercerse fuerzas adversas sobre el émbolo y el cilindro por otras dos causas.

La primera de ellas es que, cuando un vástago de cilindro está sujeto a fuerzas radiales (fig. 31), se pueden ejercer fuerzas sobre la junta o las paredes interiores del cilindro. Como esas partes del cilindro no están diseñadas para soportar tales fuerzas, pueden ceder prematuramente. Para impedir una excesiva carga lateral de los cilindros, es preciso montarlos cuidadosamente, de modo que el vástago no frene en ningún punto la carrera del émbolo. En caso necesario, empleese una gufa o un mecanismo regulador de la carga para lograr que no se transmitan cargas laterales al vástago del cilindro.

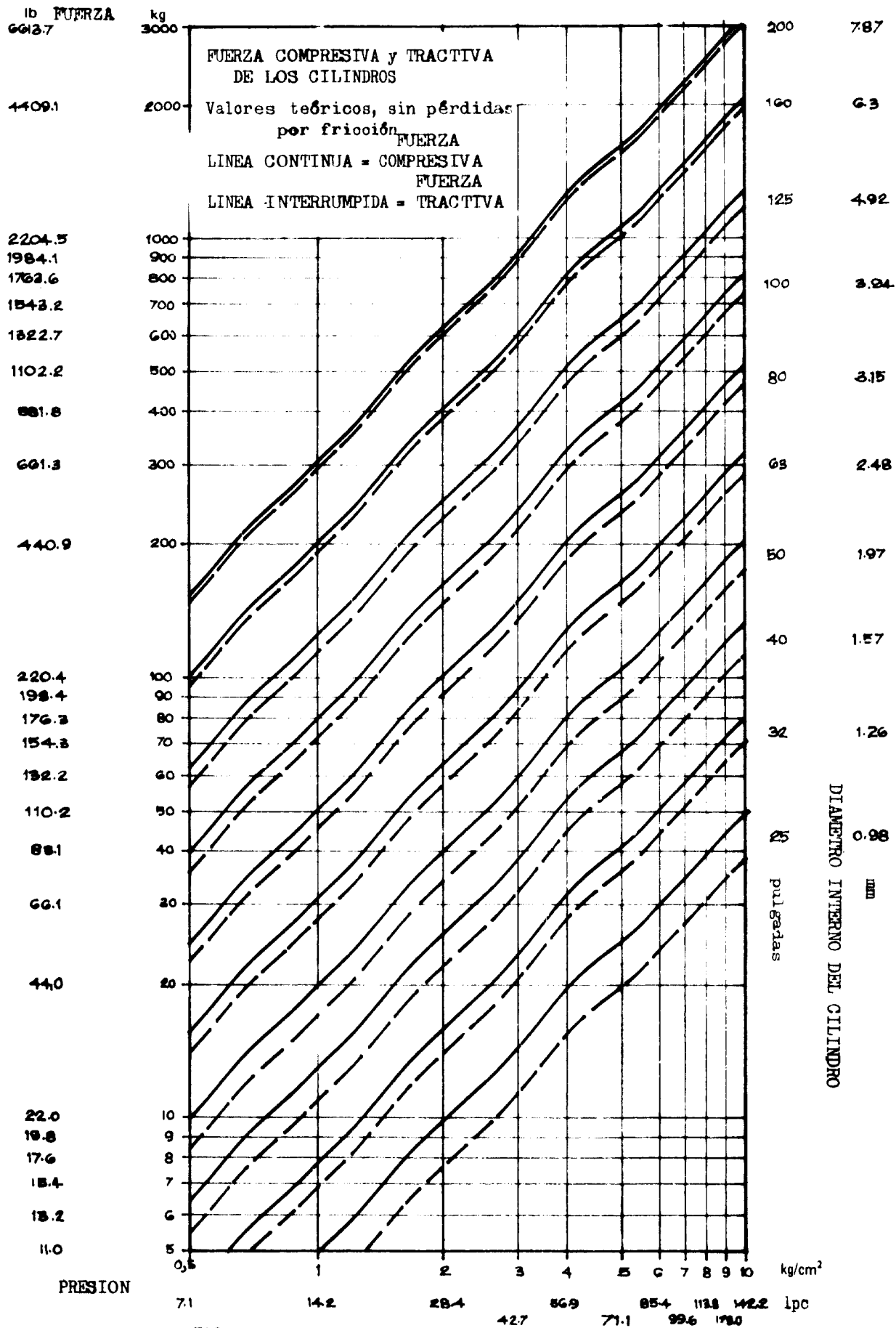


Figura 29. Fuerza compresiva y tractiva de los cilindros

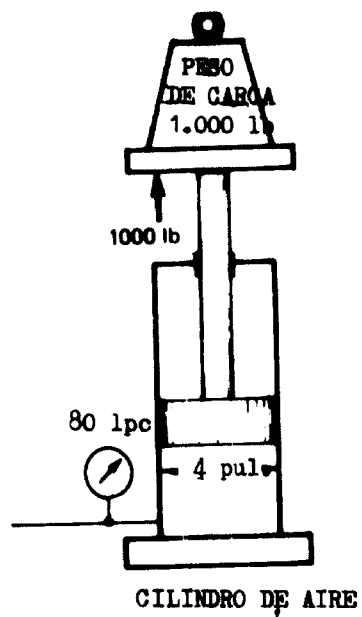


Figura 30. Equilibrio carga-empuje de un cilindro de aire

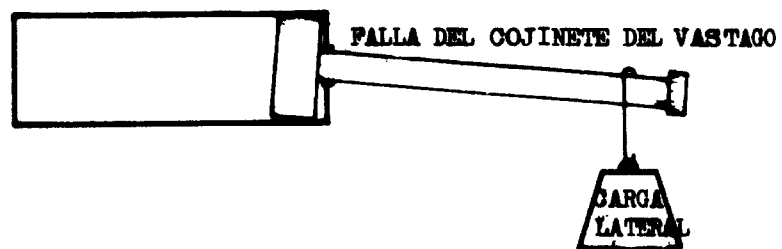


Figura 31. Efecto de las fuerzas laterales sobre un
vástago de émbolo

En segundo lugar, cuando la carrera es demasiado larga en comparación con el diámetro del vástago, éste puede encurvarse (véase la figura 32). El gráfico de la figura 33 puede servir de guía para elegir el diámetro de vástago adecuado para longitudes de carrera del cilindro conocidas.

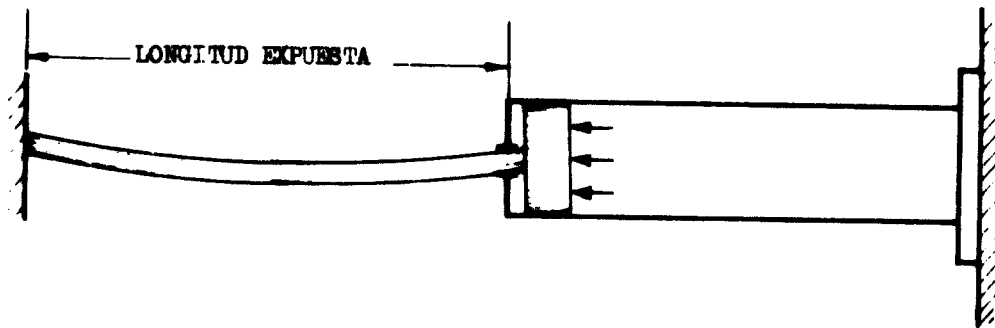


Figura 32. Pandeo del vástago del cilindro

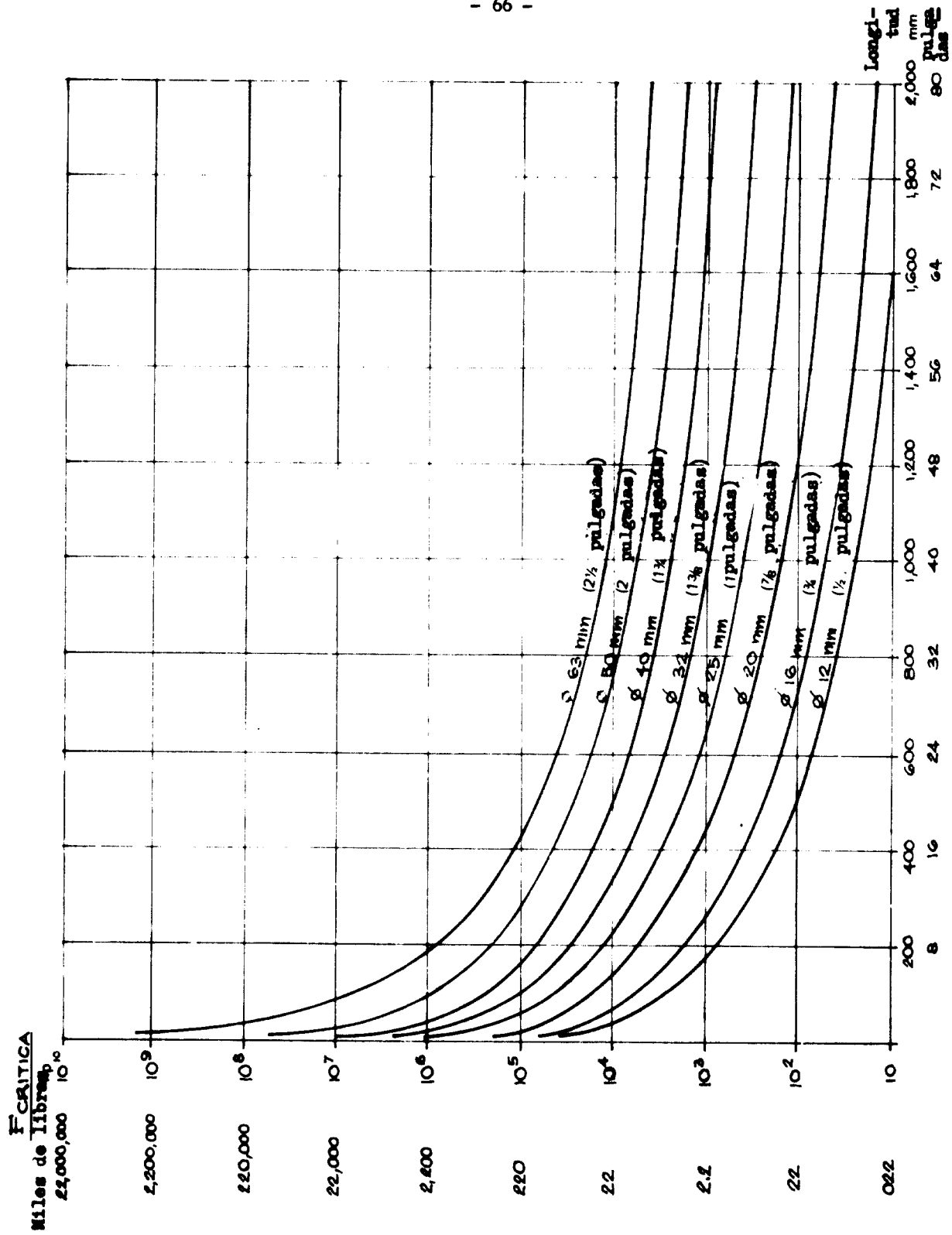


Figura 33. Diámetro mínimo que ha de tener el vástago del ámbolo para evitar su encorvamiento

Al utilizar el gráfico, búsquese en la línea del fondo la longitud de la parte expuesta del vástago en su carrera máxima. y en la línea vertical de la izquierda la carga de trabajo. La intersección de ambas líneas dará el diámetro mínimo del vástago.

Necesidad de almohadillado en el extremo

Los cilindros cuyo émbolo funciona a gran velocidad o impulsan una masa relativamente grande deben ir provistos de frenos situados en un extremo, los que disminuyen la velocidad del émbolo en la parte final de su carrera, con objeto de reducir las fuerzas mecánicas que actúan sobre el cilindro y el dispositivo accionado. Se puede ajustar el retardo producido por estos frenos.

Medio de trabajo

Se han ideado diferentes series de cilindros para diversas condiciones ambientales en que han de funcionar. Afortunadamente, las condiciones que se dan en las fábricas de muebles y artículos de ebanistería no son tan rigurosas como en el caso de las industrias químicas. Así pues, no se precisan cilindros de una resistencia especial (los que, por supuesto, son más caros).

Consumo de aire

El consumo de aire de un cilindro está en función directa de su desplazamiento, es decir, del volumen de aire comprimido que se consume en cada carrera. Para hallar el consumo en términos de aire libre, debe multiplicarse el desplazamiento del cilindro por el índice de compresión. (Véase el primer apartado de esta sección, titulado "Terminología").

Problema a título de ejemplo. El desplazamiento de un cilindro es de 44 pulgadas cúbicas (721 cm³). Hállese el consumo de aire libre a razón de una presión de trabajo P=60 psig (4,08 atm).

$$\begin{aligned} \text{Índice de compresión } r &= \frac{P}{P_0} + 1 = 5,08 \\ \text{Desplazamiento de aire libre} &= \frac{V}{r} \text{ (desplazamiento de aire comprimido)} \\ &= 5,08 \times 44 \\ &= 224 \text{ pulgadas cúbicas} \\ &= 0,13 \text{ pies cúbicos (3663 cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Válvulas

Para elegir válvulas debe disponerse de información sobre su función, capacidad, accionamiento y montaje.

Función

Las válvulas tienen por objeto controlar o regular la dirección, el volumen o la presión de una corriente. Existen válvulas de control direccional con dos, tres o cinco orificios y dos o más posiciones. Las válvulas reguladoras de la corriente pueden ser variables o fijas, con o sin retorno. Las válvulas reguladoras de la presión pueden llevar o no un orificio de salida secundario.

Capacidad

El tamaño de la válvula debe corresponder a la velocidad de paso del aire a través de ella. Para una velocidad de paso determinada, las pérdidas de presión son mayores en una válvula pequeña que en una grande. En realidad, la capacidad de una válvula puede expresarse en términos de la caída de presión como función de la corriente a diversas presiones de entrada. Suele figurar en diagramas que facilitan los proveedores.

A veces, la capacidad se expresa sólo en términos de corriente de paso; se entiende por tal, a menos que se indique otra cosa, la cantidad de aire que circula en condiciones normales y a una caída de presión de 3 psi ($0,2 \text{ kg/cm}^2$) a través de la válvula.

Accionamiento

Las válvulas pueden dotarse de diversos tipos de dispositivos de accionamiento directo o a distancia. Por accionamiento directo se entiende el accionamiento manual (mediante un botón, un pulsador o una barra, por ejemplo) o mecánico (como por ejemplo, una palanca) de la válvula. En el accionamiento a distancia, la válvula es accionada por medio de una señal neumática o eléctrica que se origina a cierta distancia de la válvula. De ambos tipos, el accionamiento directo es

el más sencillo y también el más fiable. Tiene la desventaja, sin embargo, de que la válvula debe estar cercana al operario. Obviar tal desventaja es, por supuesto, el motivo principal para recurrir al accionamiento a distancia, pese a su menor fiabilidad, mayor complejidad y más elevado costo. No obstante, todo sistema de accionamiento a distancia debe concebirse de modo que sea posible el accionamiento directo de la válvula en caso de avería del sistema.

En el accionamiento a distancia, las señales eléctricas tienen la ventaja de ser más rápidas que las señales neumáticas. Sin embargo, la necesidad de solenoides hace más costoso el accionamiento eléctrico.

Montaje

Las válvulas neumáticas suelen diseñarse de modo que se puedan montar de diferentes formas. Por ejemplo, los accesorios pueden conectarse directamente a la caja de la válvula, o bien puede utilizarse una placa de montaje especial a la cual se conectan las tuberías de aire comprimido. Este último método, que se va difundiendo cada vez más, permite cambiar la válvula fácilmente en caso de avería. Otra forma de montaje es el llamado montaje en panel, de accionamiento manual, utilizado cuando se desea alojar la válvula dentro de un armario y dejar fuera el dispositivo de accionamiento.

B. Componentes hidráulicos

La elección de componentes hidráulicos y la de componentes neumáticos se hacen de manera muy parecida, y muchos de los principios relativos a éstos son válidos también para aquéllos.

Componentes del sistema de suministro

Bombas

La capacidad de bombeo necesaria para un sistema hidráulico puede calcularse fácilmente sumando todas las necesidades del sistema y añadiendo cierta cantidad para compensar posibles deficiencias de rendimiento.

La potencia de entrada, es decir, la potencia necesaria para accionar la bomba, depende sobre todo de dos factores: de la velocidad de circulación y el nivel de presión. El aumento de la velocidad de bombeo determina un aumento, lo que afecta de modo indirecto a la energía de entrada. Como regla empírica puede decirse que la energía de entrada necesaria es directamente proporcional a la velocidad de circulación en la bomba. Una bomba de doble velocidad requiere una energía de entrada también doble para mantener el mismo nivel de presión. La energía de entrada necesaria es también directamente proporcional al nivel de presión. Si el nivel de presión aumenta cinco veces, será preciso quintuplicar la energía para obtener una velocidad de circulación determinada. La energía se expresa por medio de la fórmula:

$$\text{Potencia} = (\text{velocidad de circulación del volumen}) \times (\text{presión})$$

La potencia necesaria para la bomba se obtiene dividiendo la potencia, determinada mediante la fórmula, por el rendimiento, que suele ser de un 85%.

Amortiguadores (acumuladores)

En los sistemas hidráulicos, los choques son absorbidos por "acumuladores", que son dispositivos de almacenamiento de aceite para usos hidráulicos a alta presión (figura 34). La bomba suministra aceite al acumulador cuando no lo está suministrando a otras unidades. El aceite almacenado está disponible después para complementar el aceite de la bomba o mantener la presión de ésta cuando se encuentra parada. Asimismo, en caso de que el movimiento de empuje de un cilindro (por ejemplo) se detenga súbitamente, parte del aceite que afluya pasará al acumulador, aliviando así al sistema de repentinas fuerzas de choque, que pueden ser bastante destructivas.



Figura 34. Acumulador de tipo émbolo

Al instalar acumuladores deben tenerse en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- a) Antes de desconectar cualquier sección de tubería que contenga acumuladores, ábrase la válvula de purga para liberar de presión el sistema (figura 35);
- b) Colocar los acumuladores dentro de receptáculos resistentes;
- c) Al cambiar el gas de un acumulador, utilfoese siempre gas inerte; de lo contrario, pueden originarse explosiones, ocasionadas por el efecto diesel, si se producen fugas internas en el acumulador.

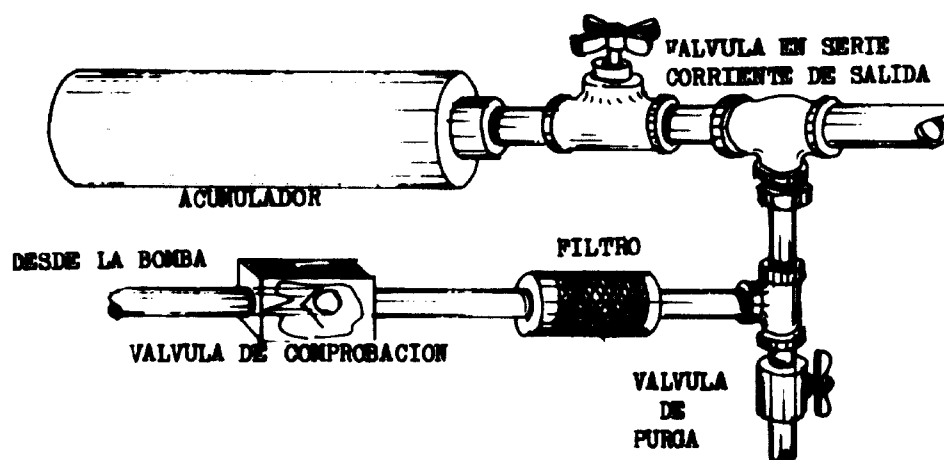


Figura 35. Método sugerido para la conexión de un acumulador

Cilindros

Fuerza de alimentación

El impulso de un cilindro hidráulico puede calcularse mediante la misma fórmula utilizada para los cilindros neumáticos: el área del émbolo multiplicada por la presión manométrica. Sin embargo, en previsión de pérdidas mecánicas y de fluido, los cilindros hidráulicos sólo deben sobredimensionarse en un 10% aproximadamente. Nótese también que, a igual volumen de bombeo, tal sobredimensión de los cilindros hidráulicos entraña una disminución de velocidad

Velocidad de alimentación

La velocidad de los cilindros hidráulicos se calcula determinando el caudal volumétrico de aceite que pasa al cilindro (normalmente el caudal de una bomba volumétrica) y dividiéndolo por el área del émbolo.

Problema a título de ejemplo. Un caudal de aceite de 10 galones por minuto (gpm) (37,852 litros/m) pasa al cilindro. El área del émbolo es de 9,62 pulgadas cuadradas (62,063 cm²). Averigüese la velocidad del émbolo (véase la figura 36).

$$10 \text{ gpm} \times 231 \text{ pulgadas cúbicas/gal} = 2310 \text{ pulgadas cúbicas/min}$$

$$\text{Velocidad del émbolo} = \frac{2310 \text{ pulgadas cúbicas/min}}{9,62 \text{ pulgadas cuadradas}}$$

$$= 240 \text{ pulgadas/min} \\ (609,60 \text{ cm/min})$$

Téngase en cuenta que al calcular la velocidad de retorno del émbolo, debe restarse del área de la cara de éste la superficie ocupada por el vástago.

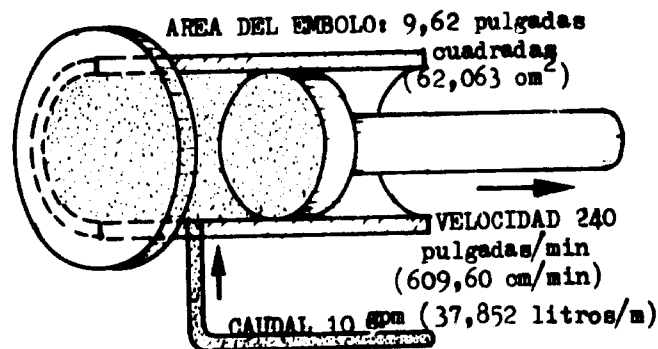


Figura 36. Velocidad del cilindro hidráulico

Válvulas y tuberías

Para sustituir una válvula, basta reemplazarla por otra similar (en el supuesto de que la antigua sea correcta). Sin embargo, al elegir válvulas en nuevas instalaciones el problema es algo más difícil, pues es preciso tener presentes su idoneidad y economía. La manera más fácil de abordar el problema consiste en determinar primero la velocidad del caudal lineal del sistema (véase el cuadro del párrafo siguiente), después el tamaño correcto de la tubería (a base de la fórmula que figura a continuación) y finalmente el tamaño de la válvula (determinado en función del tamaño de la tubería).

Las siguientes son posibles velocidades de flujo dentro de las tuberías:

Líneas de aspiración de bomba 2-4 piés/seg (0,61-1,22 m/seg)

Líneas de presión de hasta 34 atm 10-15 piés/seg (3,05-4,57 m/seg)

Líneas de presión de 34 a 204 atm 15-20 piés/seg (4,57-6,10 m/seg)

Líneas de presión de más de 204 atm 25 piés/seg (7,62 m/seg)

Conducciones de aceite en sistemas oleoneumáticos 4 piés/seg (1,22 m/seg)

La fórmula para determinar el tamaño de la tubería es la siguiente:

$$d^2 = \frac{1,27 \times (\text{caudal volumétrico})}{(\text{velocidad de caudal lineal})}$$

donde d es el diámetro interior de la tubería.

C. Componentes eléctricos

Aparte de motores eléctricos para movimientos rotativos y lineales limitados, en la ABC se utilizan componentes eléctricos sobre todo para controlar o programar la secuencia de trabajo de componentes neumáticos e hidráulicos. Dicho control se consigue básicamente por medio de señales originadas en los interruptores. Existen centenares de tipos de interruptores y a diario van surgiendo otros nuevos. En realidad, cualquier mecánico puede fabricar su propio tipo de interruptor.

El interruptor más sencillo consiste en un par de contactos que pueden conectarse o desconectarse mediante un actuador. Los interruptores más complejos pueden clasificarse conforme al número de pares de contacto independientes (polos) que pueden conectarse o desconectarse por medio de una sola operación del actuador: unipolares, bipolares, tripolares y multipolares (cuatro o más polos). En realidad, el número de polos se refiere únicamente al número de interruptores unipolares que pueden accionarse a la vez. Si, en lugar de pares de contacto, el interruptor tiene triples de contacto P, A, B, de modo que P se conecte alternativamente a A y B mediante operaciones consecutivas del actuador, entonces se denomina interruptor bidireccional. Un desarrollo de esta idea es el interruptor de direcciones o posiciones múltiples, en el que P puede conectarse de modo consecutivo a A, B, C, etc. Los polos múltiples pueden combinarse con posiciones múltiples, lo que explica el gran número de tipos distintos de interruptores existentes.

Los contactos de los interruptores suelen ser de plata, tungsteno o una aleación de gran resistencia al desgaste y a la oxidación, pero de baja resistencia eléctrica. Sin embargo, cualquiera que sea el material de que estén hechos, dichos contactos tienden a producir arcos o chispazos cuando se da o se corta la corriente. Tales chispazos hacen que las puntas de contacto se quemen. A fin de evitarlo, es conveniente conectar o desconectar los contactos con rapidez, sobre todo si la corriente que transportan es relativamente de gran intensidad, en cuyo caso el problema de los chispazos es relativamente más grave. Los interruptores de luces ordinarios producen un "chasquido" porque tienen una combinación de resorte y leva que permite conectar y desconectar con gran rapidez. En la mayor parte de los interruptores industriales también se producen estos chasquidos.

Algunos interruptores no tienen mangos ni actuadores de ningún otro tipo, sino que son accionados eléctrica o magnéticamente por otros interruptores (por ejemplo, el relé del que se tratará más adelante). En otros, el mango lo constituye el propio cuerpo del interruptor. Es decir, que la posición del cuerpo determina la apertura o el cierre del interruptor. Ejemplo de ello es el interruptor de mercurio.

De los muchos tipos de interruptores existentes, sólo se tratará a continuación de los de pulsador, de fin de carrera y de los relés.

Interruptores de pulsador

Los interruptores de pulsador se utilizan a menudo para producir de modo manual la señal de iniciación o interrupción de una operación eléctricamente controlada. Al ser pulsado, el "botón" -en general de plástico- excita un contacto accionado por resorte que conecta dos terminales. Los interruptores de pulsador son interruptores momentáneos, pues permanecen cerrados únicamente mientras se oprime el botón. De ordinario, los interruptores de pulsador sólo tienen capacidad para pequeñas cargas eléctricas, ya que debido a su construcción conectan o desconectan sus contactos lentamente. Su empleo en circuitos de alta tensión produce chispazos que acortan la vida del interruptor.

Los contactos de los interruptores de pulsador pueden tener un solo punto de conexión o desconexión, o bien pueden ser de conexiones o desconexiones múltiples. Reordenando los contactos, también pueden contruirse interruptores de pulsador con contactos de conexión y desconexión: al oprimir el botón, un juego de contactos conecta y el otro desconecta, todo ello en forma simultánea.

Un botón embutido permitirá impedir el accionamiento accidental del interruptor, accionamiento que sólo será posible si se pulsa el botón deliberadamente. A veces, es necesario un interruptor de pulsador que detenga el sistema en caso de emergencia. Este interruptor especial debe ir provisto de un botón saliente en forma de hongo, gracias al cual podrá accionarse mediante un golpe rápido de la mano desde cualquier posición. Lo importante es que el interruptor pueda ser accionado fácilmente con la mayor rapidez. También existen interruptores de pulsador con los cuales se enciende una lámpara pequeña si hay corriente en la línea o si se activa algún circuito. El propio botón puede servir de tapa de la bombilla.

Los pulsadores están ideados para ser oprimidos con el dedo; los dispositivos mecánicos, tales como levas, pueden dañarlos o averiarlos prematuramente. El interruptor de fin de carrera, del que se tratará a continuación, es el tipo indicado para su utilización con actuadores mecánicos.

Interruptores de fin de carrera

Incorporado a un circuito eléctrico o electrónico, el interruptor de fin de carrera puede efectuar conexiones o desconexiones eléctricas como resultado de una fuerza mecánica exterior. La fuerza actuante procede de ordinario de un elemento móvil, tal como una pieza de máquina, una leva, una puerta, o incluso el propio producto, que obra sobre el actuador.

Piezas de un interruptor de fin de carrera

En la figura 67 del capítulo VI se muestra la configuración básica del interruptor de fin de carrera. Pueden distinguirse cuatro elementos principales: caja, contactos, actuador y terminales.

Caja. Sirve para alojar los contactos eléctricos. Su tamaño y diseño varían según sus aplicaciones y el número y tipo de contactos internos. Por ejemplo, puede ser estanca al aceite, hermética al polvo (en fábricas de muebles) o inexplorable. La caja, de ordinario no metálica (por ejemplo, de baquelita), se instala con frecuencia dentro de una cubierta metálica más resistente, con objeto de proteger el interruptor de fin de carrera contra condiciones ambientales adversas (por ejemplo, en talleres de carpintería).

Contactos. Aparte de las diferencias en cuanto al número de contactos, cabe distinguir disposiciones de contactos tales como las siguientes:

Unipolares, de una dirección (SPST)

Unipolares, de dos direcciones (SPDT)

Bipolares, de dos direcciones (DPDT)

El interruptor que aparece en la figura 67 es del tipo SPDT. El par de contactos c,a está normalmente cerrado (NC), y el par c,b está normalmente abierto (NA).

Los contactos también pueden dividirse en otras dos categorías: de desconexión lenta y de desconexión rápida. En un contacto de desconexión lenta, el elemento móvil que realmente efectúa la conexión o la desconexión verifica un movimiento igual al del actuador y a una velocidad idéntica o proporcional a la de éste. En un contacto de desconexión rápida, el elemento móvil no se mueve hasta que el actuador ha alcanzado un punto determinado. Entonces, un mecanismo de resorte desconecta rápidamente el elemento móvil de contacto de la posición de "no accionado", haciéndolo pasar a la posición de "accionado". En este caso, la velocidad de la operación no está determinada por la velocidad del actuador, sino por el diseño del mecanismo de resorte.

Actuador. En el anexo I figuran algunos ejemplos de los muchos diseños diferentes posibles. Un tipo especial es el denominado actuador "abatible". Se emplea cuando una pieza móvil debe accionar el interruptor de fin de carrera únicamente en la carrera de ida, y no en la de vuelta.

Terminales. Situados en la parte exterior del interruptor de fin de carrera, los terminales están conectados con los contactos internos. Efectúan la conexión con los cables del circuito al que va incorporado el interruptor de fin de carrera. Según el tipo de terminal, los cables del circuito pueden conectarse al terminal soldándolos, atornillándolos o enchufándolos.

Como cada uno de estos cuatro elementos principales del interruptor de fin de carrera puede variar de forma, tamaño o número, es evidente la enorme cantidad de combinaciones a que se prestan.

Normas para la debida utilización de los interruptores de fin de carrera

La calidad de los interruptores de fin de carrera que actualmente se fabrican les permite efectuar muchos millones de ciclos de trabajo sin

el menor impedimento. Cuando estos interruptores funcionan mal, ello se debe, en la mayor parte de los casos, a la mala utilización o a selección incorrecta, del interruptor para una aplicación dada. Los errores más comunes podrán evitarse si se observan las siguientes normas.

No conectar los terminales NC y NA de un interruptor de fin de carrera a terminales de dispositivos de polaridades instantáneas contrarias. El olvido de esta advertencia puede dar lugar a un cortocircuito que dañará al interruptor, o incluso lo inutilizará si se trata de uno de los tipos pequeños, estancos al aceite y de desconexión rápida, utilizados en máquinas-herramientas. Obsérvese siempre esta norma: cuando los terminales NC y NA de un interruptor de fin de carrera hayan de conectarse a diferentes dispositivos, la conexión deberá efectuarse a terminales de esos dispositivos situados en el mismo lado con respecto a la línea.

No sobrecargar los interruptores de fin de carrera. A menudo se olvida esta norma de sentido común. Por ejemplo, un interruptor de fin de carrera de una capacidad nominal de 10 A jamás debe utilizarse en la línea de transporte de energía para accionar un motor de 10 A, cuya corriente de arranque podría ser de 60 a 100 A. A diferencia de la mayor parte de los relés, los interruptores de fin de carrera están concebidos para servicios auxiliares, lo que descarta su empleo para cargas como las que representan los motores.

Cuando el actuador funcione con lentitud, utilícese un interruptor de fin de carrera rápido. En un interruptor lento, el actuador está directamente vinculado a los contactos. Existe el peligro de que el actuador funcione con tal lentitud que los contactos normalmente cerrados se abran, inmovilizando así el dispositivo que hace funcionar el actuador antes que éste haya realizado la segunda mitad de su trabajo, es decir, cerrar los contactos normalmente abiertos.

Hay casos en que el interruptor lento es el más apropiado. Por ejemplo, un interruptor de fin de carrera de seguridad puede que sólo tenga que actuar una o dos veces en muchos años, pero llegado el caso, debe funcionar. Si el mecanismo de contacto se ha oxidado o se ha trabado de alguna otra manera a causa de su inactividad, puede que el interruptor rápido no funcione en caso necesario, con lo que se habrá perdido la acción de emergencia prevista. Pero si se emplea un interruptor lento, el actuador abrirá los contactos o arrancará todo el interruptor de su montaje.

En todos los demás casos, y especialmente cuando el movimiento actuante sea lento, el interruptor rápido suele ser el más indicado, pues su acción de contacto es muy rápida e independiente de la velocidad de accionamiento.

Instalar los interruptores de fin de carrera de modo que los actuadores no sean golpeados o disparados bruscamente. Una de las causas más comunes de desgaste mecánico en los interruptores de fin de carrera es el esfuerzo que han de soportar en el primer instante del contacto mecánico. La masa del actuador debe ser reducida. Algunos diseñadores creen que los interruptores de fin de carrera de viejo estilo son más resistentes y duran más por ser de mayores proporciones, lo que en modo alguno es cierto. Los nuevos interruptores, aunque son más pequeños, tienen una vida mecánica mucho más larga que sus antecesores de mayor tamaño, si son utilizados como es debido.

La velocidad a que se aplica la fuerza de accionamiento también tiene importancia; deben utilizarse levas cuidadosamente inclinadas. Si un interruptor de fin de carrera se dispara bruscamente tras haber sido accionado, podrá volverse a accionar cuando retroceda más allá de su punto de funcionamiento. La posibilidad de retroceso es mayor si el actuador no está en contacto con el diámetro más pequeño de la leva al producirse el disparo. La leva debe oprimir algo al actuador incluso en su posición de disparo. Algunos interruptores de fin de carrera tienen rodillos de nilón para minimizar la velocidad de retroceso.

Fijarse en que el interruptor de fin de carrera sea accionado durante un tiempo suficiente. Los interruptores de fin de carrera tardan generalmente alrededor de 0,2 segundos en accionar relés, válvulas de solenoide y otros dispositivos del circuito eléctrico. A veces, cuando una máquina ha sido dotada de interruptores de fin de carrera y trabaja bien, se intenta aumentar la producción acelerando el ciclo. Puede ocurrir entonces que la máquina trabaje mal si los interruptores de fin de carrera se accionan con tal rapidez, que sus dispositivos asociados no tienen tiempo de funcionar. Debe recordarse también que el punto de funcionamiento y el punto de reposición de un interruptor de fin de carrera no son una misma cosa. Debe preverse un movimiento de retorno suficiente del elemento accionador para asegurar la reposición del interruptor después de haber sido accionado.

No utilizar el interruptor de fin de carrera como tope mecánico. En este tipo de interruptor nunca debe rebasarse su límite de sobrecarrera, como tampoco, por supuesto, su límite mecánico. Por esa razón, dicho interruptor no debe ser accionado directamente por la pieza que se esté trabajando, pues los movimientos de ésta pueden ser difíciles de controlar. Un mecanismo de disparo bien diseñado y debidamente montado accionará el interruptor en forma controlada, independientemente de la "violencia" con que el mecanismo sea sacudido por la pieza de trabajo y de la dirección de que procedan tales sacudidas.

No dotar a los interruptores de fin de carrera de actuadores pesados o extralargos. El actuador de un interruptor de carrera ha de utilizarse tal y como se reciba de fábrica, y no se le debe alargar, a menos que esté concretamente diseñado para ello. De lo contrario, el simple peso del elemento adicional puede dañar al interruptor, o impedir que éste logre efectuar la reposición. Si la distancia existente entre el interruptor y el mecanismo accionador es demasiado grande para ser salvada por un actuador normal, habrá que montar el interruptor más cerca del mecanismo accionador o modificar el diseño de éste. Tal esfuerzo vale la pena porque posibilitará un funcionamiento más fiable y una mayor duración del interruptor.

Seleccionar el tipo adecuado de actuador con arreglo a la fuerza de accionamiento. Cada aplicación debe ser objeto de por lo menos un estudio cinemático elemental para lograr que las fuerzas de accionamiento se orienten en una dirección útil.

Relés

Otro tipo de interruptor muy útil para el control automático es el relé, consistente en un electroimán o dispositivo similar que controla la posición de uno o más contactos. Los contactos móviles de los relés suelen tener dos posiciones. La llamada posición "normal" ocurre cuando el mecanismo de accionamiento está desexcitado, y la posición de "accionado" cuando está excitado. Los contactos de relés pueden disponerse de tantas formas como los de los interruptores ordinarios. En realidad, los relés sólo se diferencian de los interruptores en la forma en que son accionados sus contactos.

En la figura 68 del capítulo VI puede verse un relé típico.

Funciones.

Los relés son muy importantes en la automatización porque pueden amplificar señales, multiplicarlas, proporcionar memoria e invertir señales.

Amplificación. Normalmente, los interruptores de fin de carrera y los interruptores de pulsador sólo tienen capacidad para pequeñas cargas eléctricas. Desde luego, siempre pueden construirse interruptores de mayor capacidad, pero sus contactos serían tan grandes, que se precisaría una enorme fuerza física para accionarlos. Utilizando un relé, puede controlarse una carga fuerte por medio de un interruptor pequeño. El interruptor no se emplea más que para alimentar la bobina del relé, que sólo toma una cantidad de corriente relativamente pequeña. La fuerza electromagnética resultante que circula por el núcleo hace que los contactos mayores del relé entren en conexión. Estos, a su vez, comunican a la carga (p.eg., un motor) una corriente de mayor intensidad. El efecto neto es una transformación de la corriente débil en otra más fuerte, capaz de realizar mucho más trabajo.

Multiplicación. Basta añadir contactos, que accionará el electroimán del relé, para controlar, mediante un solo interruptor pequeño SPST, varias cargas o señales diferentes. En efecto, de esta forma se multiplica el número de circuitos que pueden controlarse de una vez.

Memoria. Normalmente, unos resortes recuperadores permiten que los contactos de relé vuelvan a su posición original cuando la bobina es desexcitada. En un relé múltiple, sin embargo, uno de los juegos de contacto puede utilizarse para comunicar corriente a la bobina del relé incluso después de suprimida la señal original dada por el interruptor de pulsador. Los demás contactos permanecerán, por ello, en la posición de "conectados", pues el relé sigue "recordando" que se ha recibido una señal, aun después de desaparecida ésta, manteniendo unidos los contactos hasta que se recibe una señal diferente.

Otro tipo de relé memorizador es el de bloqueo, denominado en inglés "de picaporte" porque, en ellos, un picaporte de muelle se abate y mantiene los contactos en el estado que adquieren cuando una de las dos bobinas del relé es momentáneamente excitada. Los contactos sólo pueden cambiar de estado si la otra bobina del relé es excitada después. Este tipo de relé recuerda los impulsos de señal "mecánicamente". Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que, si se corta la corriente, este tipo de relé permanecerá en su "última" posición, cosa que lo hará inseguro en algunas instalaciones.

En el capítulo VI se dan más detalles sobre la capacidad memorizadora de los relés.

Inversión. A veces se desea que la señal enviada por un interruptor signifique que la corriente que circula por la carga se interrumpa en lugar de conectarse. Esto puede lograrse sencillamente haciendo que los contactos del relé interrumpan el contacto en vez de establecerlo cuando hay corriente en la bobina. Este tipo de relé se denomina relé normalmente cerrado (NC). Se dice entonces que la señal se ha invertido.

Elección

Al elegir un relé deben tenerse en cuenta la carga de contacto, el ciclo de servicio y el límite máximo de voltaje.

Carga de contacto. De ordinario, los relés tienen por finalidad controlar cargas. Cuando un juego de contactos de relé se cierra, la corriente pasa a la carga a través del mismo. Mientras permanece cerrado, debe conducir toda la corriente de la carga y, cuando se abre, debe interrumpirla.

Las tres funciones de un contacto, a saber: conexión, conducción e interrupción, deben considerarse por separado, con objeto de determinar debidamente el tipo de contacto necesario. La carga inicial al efectuar la conexión puede diferir de la carga constante al conducir. Por ejemplo, cuando se utiliza un relé para dar corriente a un motor, la corriente de carga inicial puede ser de 5 a 10 veces el nivel de corriente para el motor, entendiéndose por tal su consumo de corriente mientras funciona. En tales casos, es aconsejable utilizar relés para un nivel continuo de corriente no inferior al 50% del valor máximo de la corriente de arranque. Sin embargo, en la mayor parte de los proyectos ABC, que requieren relés principalmente con fines de interrupción, es costumbre fijar el nivel de los relés en un valor no superior al 67% de la capacidad continua de corriente deseada.

Ciclo de servicio. Las aplicaciones de los relés varían de modo considerable en la frecuencia de su trabajo. Algunos relés, por ejemplo, han de funcionar varias veces por segundo durante largos períodos de tiempo, otros, en cambio, funcionan con muy poca frecuencia. Se ha fijado (arbitrariamente) en un mínimo de un millón de operaciones (conexión-desconexión) la vida normal de los relés industriales. Individualmente, pueden rebasar por un amplio margen ésta duración mínima.

Límite máximo de voltaje. El límite máximo de voltaje de la bobina de un relé debe determinarse en función de la fuente de energía disponible. Si el voltaje de ésta fluctúa, ello debe tenerse en cuenta al determinar la gama de voltajes en que haya de funcionar el relé.

Dada la posibilidad de rotura de los relés y de los cables correspondientes en las fábricas de muebles, existe un evidente riesgo de sacudidas eléctricas para el personal. Por ello, es aconsejable instalar transformadores reductores y emplear relés de una capacidad no superior a 24 V.

Al elegir el relé apropiado para determinada aplicación, puede utilizarse como guía la siguiente lista de características importantes.

Sistema de contacto

Disposición de los contactos
Carga de cada contacto
Voltaje del circuito abierto
CA o CC
Tipo de carga
Corriente impulsiva máxima
Ciclo de servicio
Vida útil necesaria
Circuito

Sistema de actuación

Tipo de fuente de energía
Cantidad de energía disponible
Voltaje o corriente nominal
CA o CC
Voltaje o corriente máximos
Funcionamiento rápido
Retardo
CA rectificadas
Formas
Sacudida
Resistencia de la bobina
Conjunto de circuitos

<u>Condiciones ambientales</u>	<u>Requisitos físicos</u>
Temperatura ambiente normal	Espacio disponible
Temperatura máxima	Tamaño
Temperatura mínima	Forma
Especificaciones militares	Montaje
Especificaciones de laboratorio	Terminación
de normas	Enchufe
Humedad	Caja
Polvo	Tapa para el polvo
Sacudida	Herméticamente o cerrado
Vibración	Cerrado
Aceleración lineal	

D. Componentes electrónicos

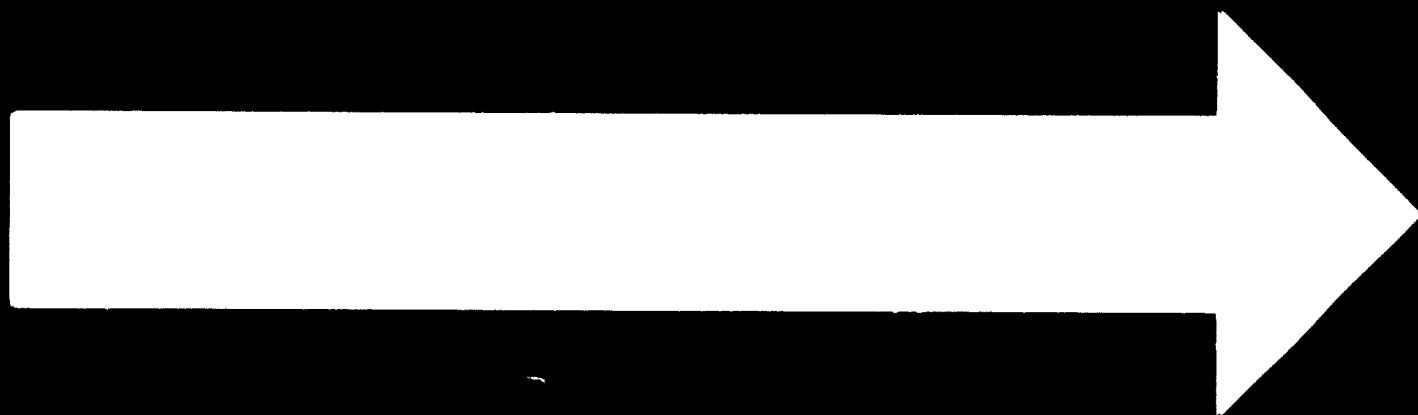
Como muchos técnicos de fábricas de muebles y de ebanistería encontrarán demasiado compleja la aplicación de la electrónica, este aspecto sólo será tratado aquí de modo sucinto.

Los componentes electrónicos se utilizan principalmente con fines de control; en realidad, para esos fines se utilizan con más frecuencia que los componentes eléctricos. El dispositivo electrónico más comúnmente utilizado con fines de control es el transistor de conmutación, que cumple la misma función que el relé. Sin embargo, hay importantes diferencias entre ellos:

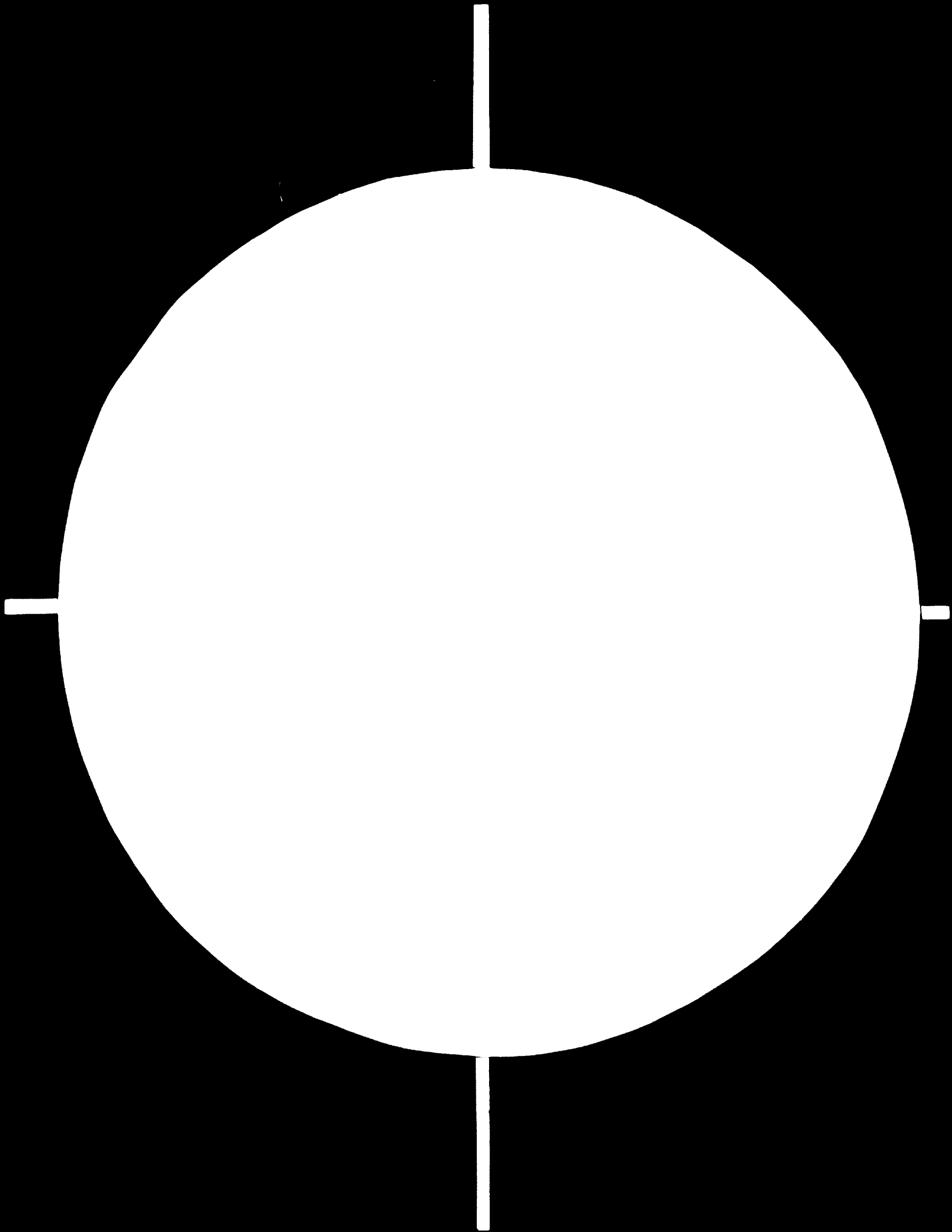
- a) Los relés son accionados por voltaje; los transistores, por el amperaje;
- b) La interrupción del relé se efectúa mediante contactos móviles; los transistores carecen de piezas móviles;
- c) La mayor parte de los relés tienen varios contactos; la mayoría de los transistores sólo cuentan con un trayecto de corriente;

- d) Los relés pueden accionarse mediante corriente alterna o corriente continua, según sea el diseño de la bobina; los transistores sólo pueden accionarse por corriente continua;
- e) Los relés no tienen una polaridad determinada; los transistores, sí;
- f) Los relés pueden ser de acción rápida, término que carece de sentido en la teoría de los transistores; pero la conmutación de los transistores se efectúa con mayor rapidez incluso que la de un relé de acción rápida.

C-280



77 .07.14

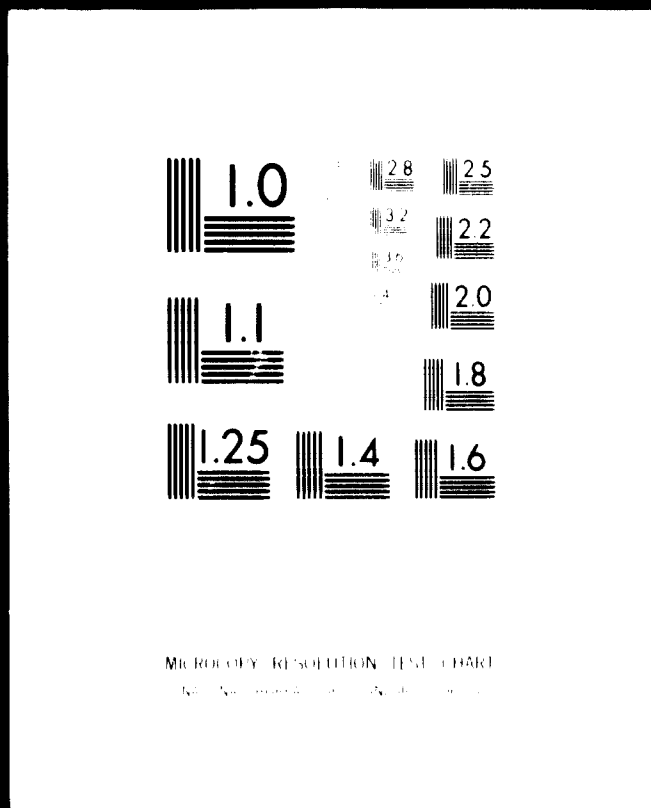


2 OF 2

D O

0 6 9 4 8

S



24x

MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NBS 1963-A

VI. COMPRESION DEL LENGUAJE DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

Los símbolos que los ingenieros de ABC utilizan en sus planos -flechas, cuadrados, líneas y semicírculos- pueden parecer jeroglíficos a quienes los ven por primera vez. Sin embargo, como se verá por las explicaciones que se dan en este capítulo, esos símbolos uniformes y sus combinaciones son mucho más fáciles de entender que las palabras y frases de cualquier lenguaje escrito.

A. Símbolos de componentes

Componentes neumáticos e hidráulicos

Cilindros

Por lo general, un cilindro se compone de un tubo cilíndrico, un émbolo con un vástago, y dos tapas en las extremidades. Las tapas están provistas de orificios roscados por los cuales se conectan con el circuito hidráulico o neumático. En la figura 37 se ven las partes de un cilindro de doble efecto sin amortiguador y el símbolo uniforme correspondiente.

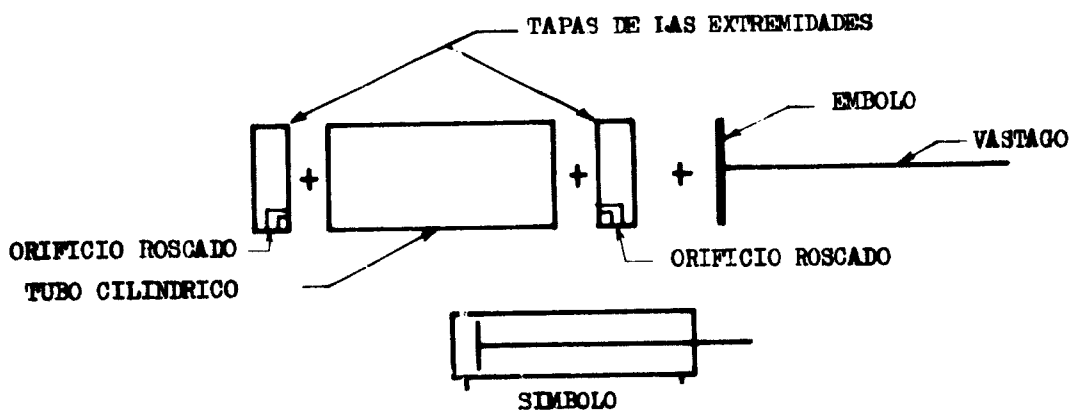


Figura 37. Partes y símbolo de un cilindro de doble efecto

Un cilindro de efecto simple (fig. 38) es igual, pero le falta uno de los orificios roscados; el movimiento de retorno del émbolo se realiza mediante un resorte mecánico.

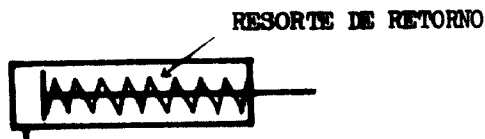


Figura 38. Símbolo de cilindro de efecto simple

Un cilindro puede también estar equipado con dispositivos amortiguadores que impidan las sacudidas al final de la carrera (fig. 39).



Figura 39. Cilindros de doble efecto con amortiguador a un lado a) y a ambos lados b) del émbolo

Cuando los dispositivos amortiguadores son regulables, los símbolos correspondientes son los indicados en la figura 40.



Figura 40. Cilindros de doble efecto con amortiguador regulable a un lado a) y a ambos lados b) del émbolo

Las figuras 41 a 44 son símbolos de tipos especiales de cilindros. En el anexo I se dan más símbolos de cilindros.

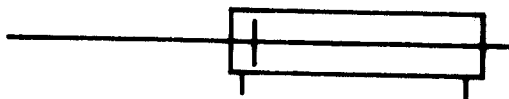


Figura 41. Cilindro con vástago pasante, sin amortiguador



Figura 42. Cilindros en tándem, con amortiguadores regulares a ambos lados



Figura 43. Cilindros de tres posiciones (carreras iguales)



Figura 44. Cilindro de cuatro posiciones (carreras desiguales)

Válvulas

Válvulas de control direccional. Para entender fácilmente los símbolos uniformes de las válvulas, es conveniente ver cómo está hecha la válvula misma. En la figura 45 se ve una válvula corriente, accionada a mano, con dos posiciones y dos orificios de conexión. En la posición indicada, el fluido no puede pasar por la válvula porque el paso entre los orificios está bloqueado por el carrete (resorte). El carrete permanecerá en esta posición si no se le acciona desde el exterior, pues el resorte lo mantiene desde dentro en esta posición. Si se empuja el carrete con una fuerza superior a la ejercida por el resorte, de forma que la parte del carrete que tiene una sección transversal reducida entre en el paso, el aceite o el aire pueden pasar a través de la válvula.

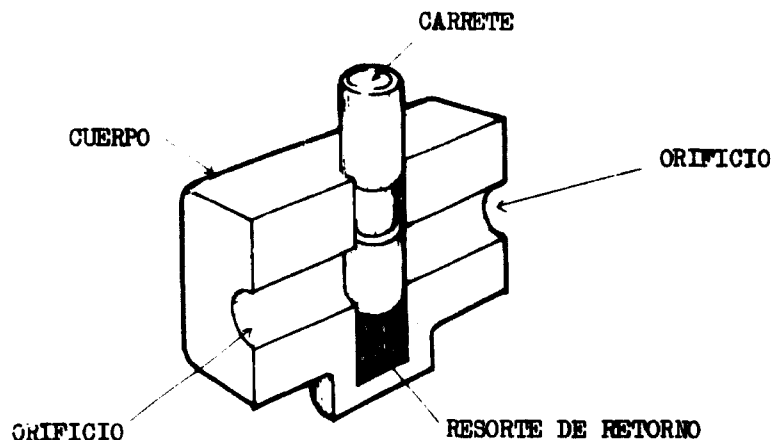


Figura 45. Válvula accionada a mano, con dos posiciones y dos orificios

El símbolo básico de la válvula de la figura 45 se indica en la figura 46. Los dos cuadrados representan las dos posiciones distintas del carrete de la válvula. El cuadrado superior representa la posición que permite el paso y el cuadrado inferior representa la posición de cierre.



Figura 46. Símbolo básico de la válvula de dos posiciones y dos orificios de la figura 45

El símbolo básico se puede desarrollar más añadiendo líneas que representan las tuberías conectadas a los orificios (fig. 47). El símbolo es más fácil de entender si uno se imagina que los dos cuadrados juntos representan el carrete y suben y bajan conjuntamente, mientras el tubo permanece fijo, igual como el carrete auténtico se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro del cuerpo fijo de la válvula. En la figura 47 a), el carrete está arriba, como en la figura 45. No se ha aplicado ninguna fuerza exterior; se dice que la válvula "no está accionada". (En realidad, está accionada por el resorte.) No pasa ninguna corriente de fluido; la válvula está cerrada. En la figura 47 b), se ha aplicado una fuerza para que el cuadrado superior se sitúe entre los orificios; se dice que la válvula está "accionada". La corriente del fluido puede pasar; la válvula está abierta.

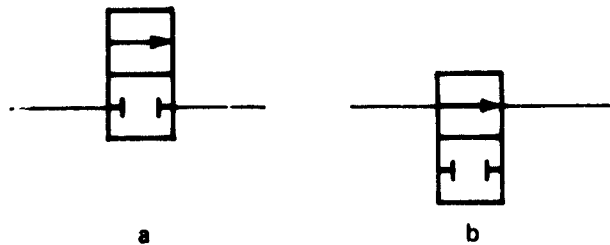


Figura 47. Símbolos correspondientes a una válvula de dos posiciones y dos orificios, en posición cerrada a) y abierta b)

Para completar el símbolo, se añaden símbolos que indican los tipos de accionamiento utilizados. Desde luego, una válvula puede accionarse de muchas formas. Algunas de ellas se indican en las figuras 48 y 49, y se encontrarán otras en el anexo I.



Figura 48. Accionadores manuales

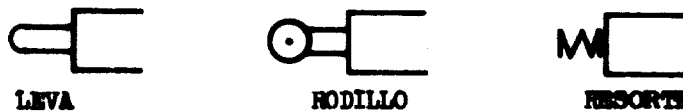


Figura 49. Accionadores mecánicos

La válvula que se está describiendo tiene un accionador interno de resorte (fig. 49) y puede tener un pulsador (fig. 48) acoplado a la otra extremidad del carrete. Se añaden los símbolos correspondientes a estos dispositivos a los cuadrados, como se ve en la figura 50.

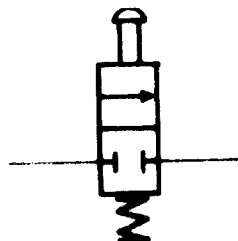


Figura 50. Símbolo completo de una válvula de dos posiciones y dos orificios, en el cual se indican los accionadores

En la figura 51 se indican los símbolos básicos correspondientes a accionadores controlados a distancia mediante aire comprimido (válvula auxiliar) o electricidad (solenoides), y en la figura 52 se ve el símbolo correspondiente a un accionador mixto controlado mediante aire comprimido y electricidad.



Figura 51. Accionadores de control a distancia



Figura 52. Accionador eléctrico con válvula auxiliar

Existen también válvulas accionadas por diferencia de presión, con prioridad en un lado. En la figura 53, la señal neumática b tiene más presión que la señal neumática a y, por lo tanto, accionará la válvula incluso en presencia de la señal a.



Figura 53. La señal b tiene prioridad con respecto a la señal a

Sin embargo, en los sistemas neumáticos, el tipo de válvula más utilizado no es el que se acaba de describir sino una combinación de dos de este tipo, una de las cuales permanece normalmente abierta (NA) y la otra normalmente cerrada (NC) (fig. 54). Si sólo se accionara la válvula normalmente cerrada, el aire pasaría por ella y haría salir el émbolo y el vástago (hacia la derecha, en la figura). En este caso, cuando se desconectara el accionador, la válvula volvería a su posición original, como en el dibujo. El vástago permanecería fuera porque al aire existente en el cilindro no podría escapar. Acoplando una válvula normalmente abierta a la anterior, se suministra un paso para la expulsión del aire, una vez desconectado el accionador.

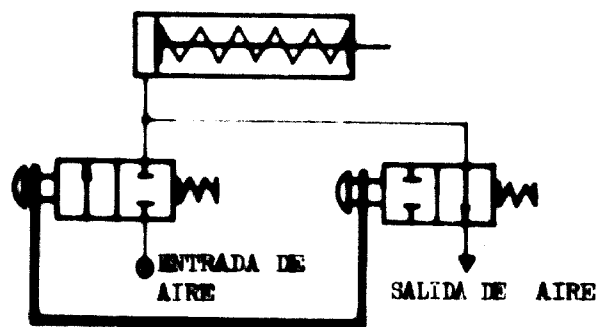


Figura 54. Las válvulas de dos orificios conectadas mecánicamente, una normalmente abierta y una normalmente cerrada

En la figura 54 se ven también dos nuevos símbolos. El círculo con un punto en el centro indica la conexión a la fuente de aire comprimido y el triángulo invertido unido a la válvula con una línea indica la expulsión a través de un orificio roscado. Si el orificio no está roscado, se omite la línea y el triángulo se coloca directamente contra el símbolo de la válvula.

Una solución más barata que la de la figura 54 es la que se ve en la figura 55, en la cual se muestra una válvula de dos posiciones y tres orificios conectada al cilindro móvil. La situación que se representa en el esquema es la posición "de reposo" (no accionada). (Normalmente, siempre se representa un sistema en la posición de reposo.) Se ve que el suministro de aire está cerrado y que el aire ha podido agotarse en el cilindro de efecto simple. Al apretar el botón, el aire entra en el

cilindro a través de la válvula. Al soltarse el botón, el resorte hace volver el carrete a su anterior posición, cerrando de nuevo la entrada de aire y dejando escapar el aire comprimido del cilindro. El resorte del cilindro obliga al émbolo a recuperar su posición anterior.

Otra válvula bien conocida es la de cinco orificios, en la cual se combina la función de dos válvulas de tres orificios mecánicamente acopladas. Por ejemplo, un cilindro de efecto doble se puede accionar mediante dos válvulas de tres orificios acopladas (fig. 56) o mediante una válvula de cinco orificios (fig. 57).

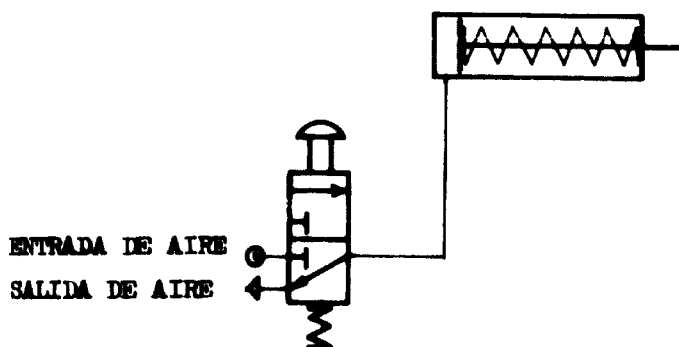


Figura 55. Válvula de dos posiciones y tres orificios que sustituye a las dos válvulas de la figura 54

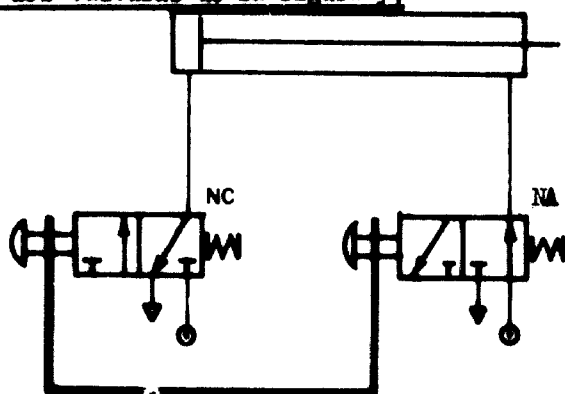


Figura 56. Cilindro de doble efecto accionado por dos válvulas de tres orificios acopladas

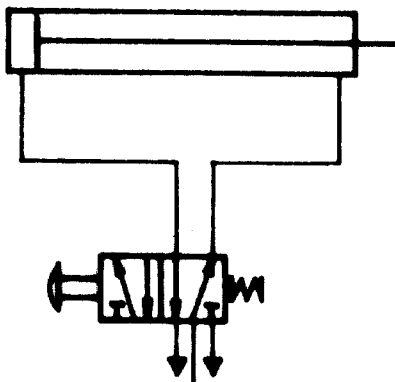


Figura 57. Cilindro de doble efecto accionado por una válvula de cinco orificios

Conforme a las normas fijadas por el Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas (CETOP) y por la Organización Internacional de Normalización (ISO), para representar la válvula de tres orificios se puede utilizar libremente cualquiera de los símbolos de la figura 58.

Hasta ahora sólo se han examinado las válvulas de dos posiciones. Las válvulas con mayor número de posiciones se representan añadiendo un cuadrado para cada posición adicional (fig. 59).

En las normas CETOP se dan designaciones numéricas a las válvulas de control direccional. Se ven ejemplos de ello en la figura 60. La primera cifra representa el número de orificios y la segunda el número de posiciones distintas.

Dos válvulas especiales de control direccional son la válvula de retención y la válvula de movimiento alternativo. La primera (fig. 61) permite el flujo en una dirección y lo detiene en la otra. La segunda (fig. 62) permite el paso a una línea común, de un flujo procedente de una u otra de dos fuentes diferentes, pero no de ambas a la vez.

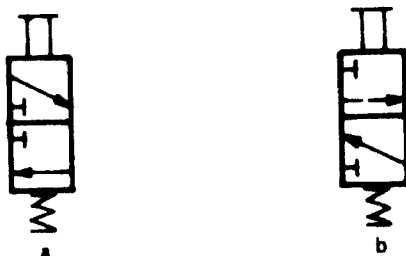


Figura 58. Símbolos opcionales de la válvula de tres orificios y dos posiciones



Figura 59. Símbolos básicos de las válvulas de dos, tres y cuatro posiciones



(a) 2/2



(b) 3/2



(c) 5/2



(d) 5/3

Figura 60. Símbolos y designaciones de diversas válvulas de control direccional

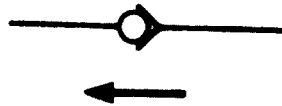


Figura 61. Símbolo simplificado de una válvula de retención. La corriente solo puede fluir en la dirección de la flecha

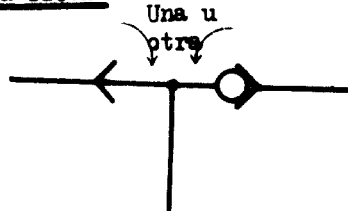


Figura 62. Símbolo simplificado de una válvula de movimiento alternativo. Las flechas indican las corrientes de flujo alternativas

Válvulas de regulación de caudal. En circuitos neumáticos, la válvula de regulación de caudal, o restrictor, es el equivalente de un reostato en los circuitos eléctricos. En la figura 63 se indica el símbolo correspondiente a un restrictor no regulable y en la figura 64 se indica el de un restrictor regulable.



Figura 63. Válvula de regulación de caudal, o restrictor, no regulable



Figura 64. Válvula de regulación de caudal, o restrictor, regulable

La combinación de una válvula de regulación de caudal regulable y de una válvula de retención se utiliza para circuitos de regulación de velocidades o de temporización (véase fig. 65).

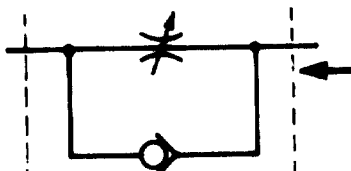


Figura 65. Válvula de regulación de caudal, regulable, de corriente libre en el sentido de la flecha; la corriente que fluye en dirección opuesta choca con la restricción.

Válvula de control de la presión. Un conocido tipo de válvula de control de la presión es el regulador de presión, cuyo símbolo se indica en la figura 66.

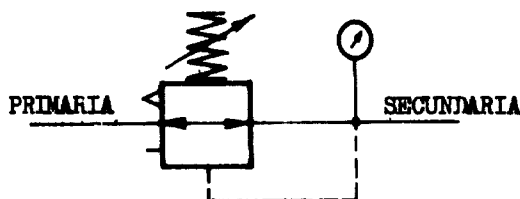


Figura 66. Símbolo simplificado de un regulador de presión. Cuando la presión en la línea secundaria supera la presión ejercida por el accionador de resorte regulable, la válvula se acciona, y expulsa el exceso de presión de la línea primaria. Cuando la presión es demasiado baja, el resorte acciona la válvula para añadir presión.

Símbolos uniformes. Los símbolos anteriormente descritos constituyen unos cuantos ejemplos de símbolos uniformes adoptados por CETOP, ISO y el United States Air Standards Institute (USASI) (Instituto de Normas Neumáticas de los Estados Unidos). En el anexo I se dan muchos más símbolos del USASI. Si se conoce un tipo de dichos símbolos se comprenderán los demás, puesto que son bastante similares y obedecen a la misma lógica.

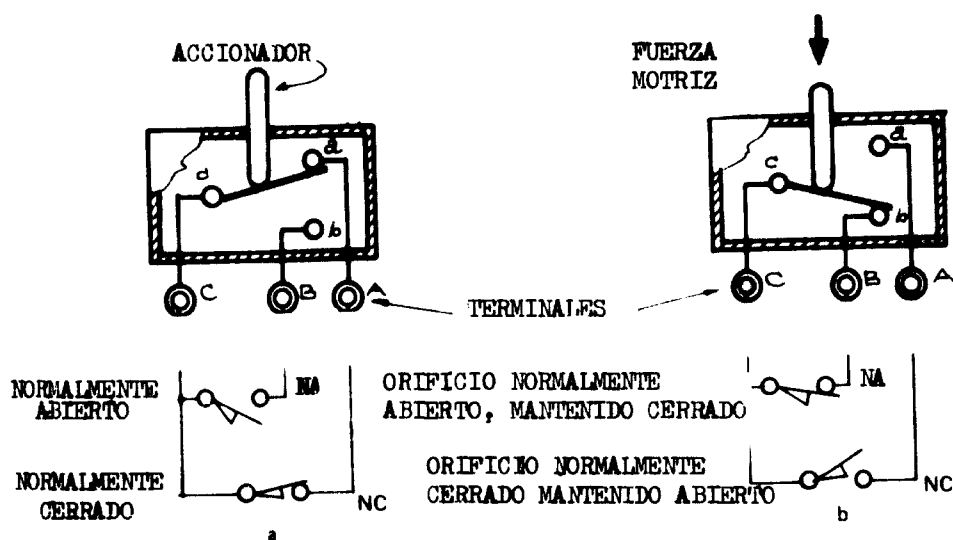


Figura-67. Diagramas y símbolos correspondientes a un interruptor de fin de carrera típico en estado no accionado (normal) a) y accionado b)

Componentes eléctricos

Como se explicó en la sección C del capítulo V, los componentes eléctricos más importantes utilizados en la automatización de bajo costo son interruptores: de pulsador, de fin de carrera y relés. En el anexo I se encontrarán los símbolos respectivos. El correspondiente al interruptor de pulsador es evidente; los correspondientes a los demás tipos requieren algunas explicaciones.

En la figura 67 se muestran diagramas gráficos y símbolos normalizados de un interruptor de fin de carrera. Tres contactos internos a, b y c están conectados a las correspondientes terminales externas A, B y C. En el estado no excitado (normal), está establecido el contacto del par a-c y está interrumpido el par b-c. Por consiguiente, el terminal A del interruptor suele designarse con las letras NC (normalmente cerrado), el B con las letras NA (normalmente abierto), y el C con la letra C (común).

Cuando se aprieta el accionador, éste hace que el dedo de contacto se mueva de a hasta b, como si girara sobre c como eje. En estado excitado, el interruptor normalmente abierto se mantiene cerrado y el interruptor normalmente cerrado se mantiene abierto mientras actúa la fuerza actuante. Cuando se retira la fuerza actuante, el interruptor de fin de carrera vuelve a su posición normal.

En la figura 68 se muestra un diagrama gráfico de un relé de un solo polo y doble operación (SPDT) típico, con los símbolos normalizados correspondientes al relé y a los interruptores que acciona

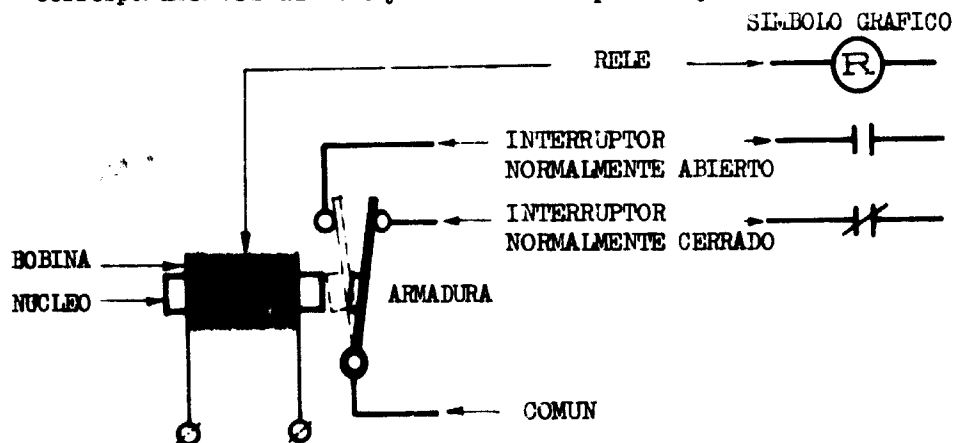


Figura 68. Diagrama y símbolos correspondientes a un relé SPDT típico. La línea de puntos muestra la posición de la armadura del relé en estado excitado

Cuando se excita la bobina del relé, el magnetismo que se desarrolla en su núcleo atrae la armadura, cerrando un contacto y abriendo el otro como en el interruptor de fin de carrera.

B. Diagramas esquemáticos de sistemas de control

Aspectos básicos de los sistemas de control

El diagrama de bloques de la figura 69 es una representación general de un sistema de control. En ese diagrama, los detectores podrían ser, por ejemplo, válvulas neumáticas o hidráulicas, interruptores eléctricos,

células fotoeléctricas (ojos eléctricos), las manos, los ojos o los oídos de una persona. Los elementos impulsores podrían ser, por ejemplo, motores, cilindros, o los pies o manos de una persona.

Toda máquina automática trabaja conforme a los principios básicos comprendidos en el sistema general que se ve en la figura 69. El sistema de control simple de la figura 70 no es más que un caso particular de la figura 69, sin detectores ni retroalimentación. Sin embargo, cabe sostener que el operador que pone en marcha la caja de control desempeña la función de esas partes ausentes.

Construcción de sistemas de control neumáticos e hidráulicos

En los sistemas, o circuitos, de control neumático e hidráulico, las válvulas sirven para fines de detección y control y los cilindros son los elementos impulsores. Por ejemplo, en la figura 71, el cilindro A está controlado por una válvula 5/2 que responde a señales A+ y A-. Las dos válvulas 3/2 situadas a la derecha perciben los cambios de posición del vástago del émbolo del cilindro y emiten las señales de retroalimentación a_0 y a_1 . Tómese nota de las siguientes convenciones:

- a) Los cilindros neumáticos o hidráulicos se designan con letras mayúsculas;
- b) El estado de un cilindro con el vástago del émbolo retraído se llama posición 0 (cero); en posición saliente, posición 1. Las etapas intermedias entre la posición totalmente retraída y la totalmente saliente se llaman 2, 3, etc., según su número;
- c) La señal a la válvula de control del cilindro se representa con un símbolo formado por la indicación del cilindro seguido de + (más) si hace avanzar el vástago o de - (menos) si lo hace retraerse;
- d) Las válvulas que detectan el estado del cilindro (posición del vástago del émbolo) y las señales de retroalimentación que emiten se indican con la misma letra que el cilindro, pero en minúscula, seguida del número correspondiente al estado.

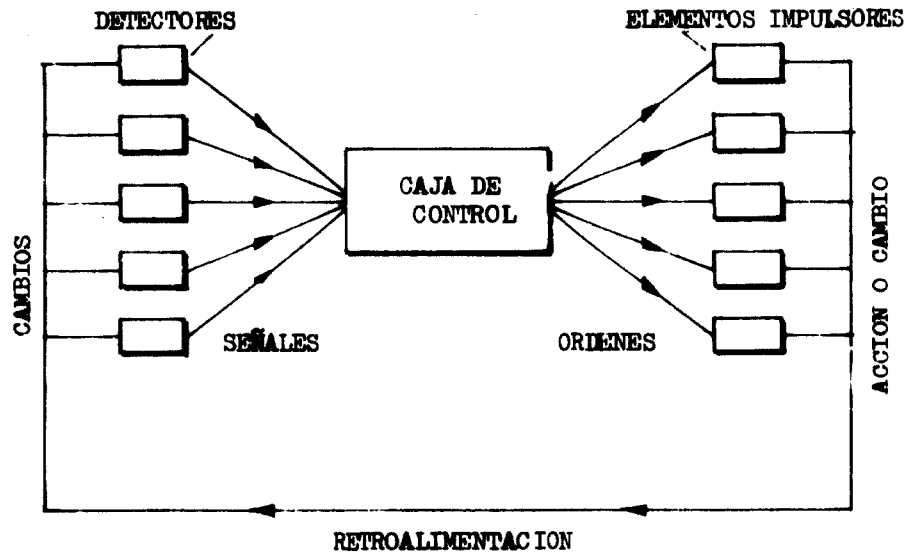


Figura 69. Diagrama de bloques de un sistema de control generalizado

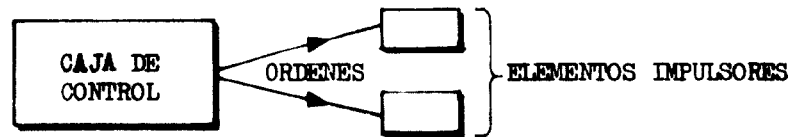


Figura 70. Diagrama de bloques de un sistema de control simple sin retroalimentación ostensible

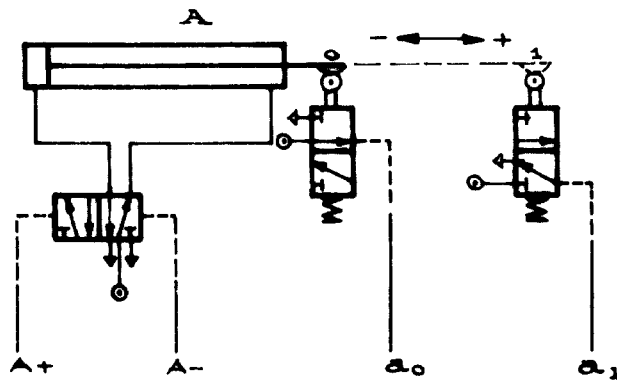


Figura 71. Diagrama de circuito neumático (o hidráulico) incompleto. Su explicación se da en el texto

Si se completa el bucle de retroalimentación de la figura 71 conectando la línea de a_0 a A_+ y la de a_1 a A_- (fig. 72), se obtiene un cilindro de oscilación continua: cuando el cilindro llega al estado 1, se acciona la válvula a_1 que envía una señal A_- a la válvula de control, la cual "ordena" al cilindro volver al estado 0; en este punto, la válvula a_0 entra en acción y envía al cilindro de nuevo al estado 1, para repetir el ciclo mientras se mantenga la presión en las líneas de alimentación.

En la figura 73, se accionan dos cilindros en la secuencia $A_+ B_+$ $A_- B_-$ cada vez que se acciona la válvula de apertura y cierre que hay a la izquierda, en la parte inferior. Este circuito se podría utilizar, por ejemplo, como sigue: el cilindro A coloca la pieza de trabajar bajo una pistola neumática para clavar grapas, y el cilindro B acciona dicha pistola.

Es evidente que, al ir añadiendo componentes al circuito, el diagrama se complica rápidamente y muy pronto su interpretación resulta bastante difícil. El cronograma de operaciones constituye una ayuda para la interpretación y para el trazado del diagrama de circuito.

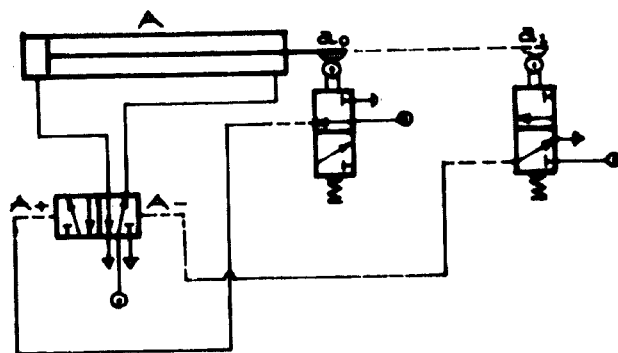


Figura 72. Cilindro de oscilación continua (terminación del circuito de la figura 71). La explicación se da en el texto

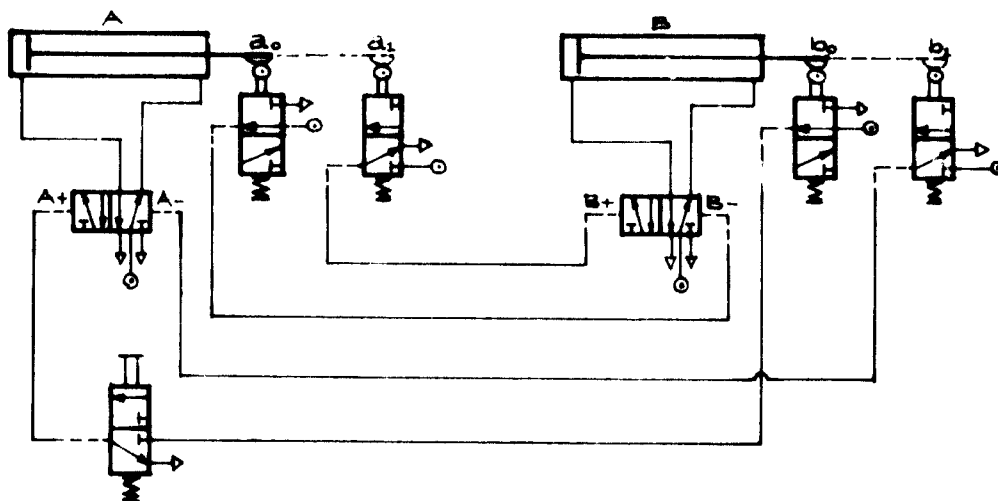


Figura 73. Circuito de dos cilindros. Cuando se acciona la válvula de la parte inferior izquierda, la secuencia de señales es b₀A⁺a₁B⁺b₁A⁻a₀B⁻

La figura 74 es el cronograma de operaciones correspondiente a los cilindros del circuito de la figura 73. Para cada elemento impulsor (en este caso, cilindros), en el diagrama hay unas líneas horizontales que representan sus posiciones distintas (en este caso, 0 y 1). Las líneas verticales dividen el ciclo completo en intervalos de tiempo, cada uno de los cuales representa un paso efectuado por el equipo durante la realización del ciclo. Estas líneas están indicadas con números romanos, de izquierda a derecha. En ese caso, la línea IV representa el fin del ciclo (así como su comienzo si se repite de manera automática).

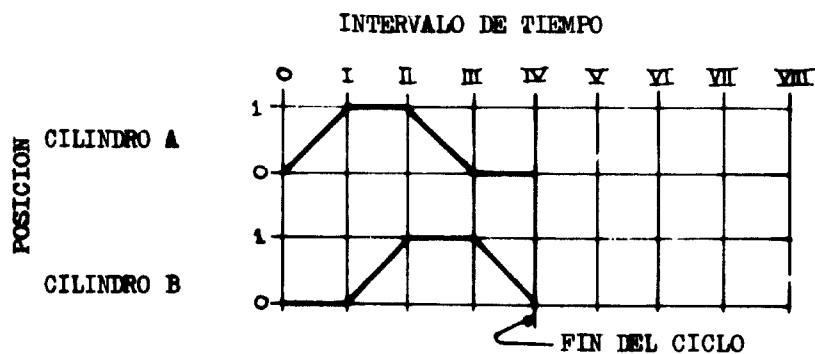


Figura 74. Cronograma de las operaciones correspondientes al circuito de la figura 73

Utilizando el cronograma de las operaciones resulta más fácil interpretar de qué forma reaccionarán los cilindros y, lo que todavía es más importante, hacer saber a un ingeniero de ABC el movimiento que quiere obtener el proyectista.

Construcción de circuitos de control eléctrico

La figura 75 es un diagrama esquemático de un sistema de cilindro neumático conectado a una válvula 4/2 accionada por selenoide y de retroceso por muelle. La figura 76 representa el diagrama del circuito eléctrico asociado. Cuando se acciona el interruptor de pulsador 1, la corriente pasa por la bobina de selenoide A (+), haciendo que la válvula se mueva. Para que el cilindro recupere su posición anterior, debe soltarse el pulsador.

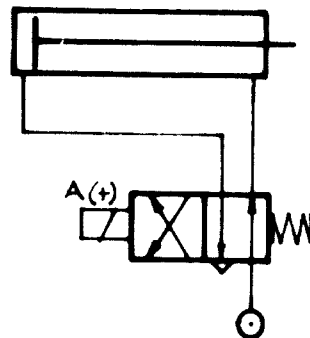


Figura 75. Cilindro neumático controlado por una válvula accionada por selenoide

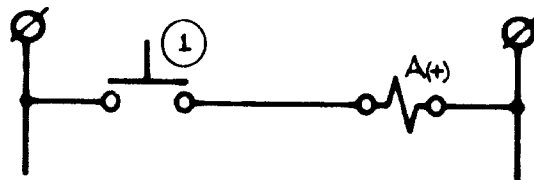


Figura 76. Circuito eléctrico destinado a controlar el cilindro neumático de la figura 75

Otra posibilidad es el circuito de la figura 77, que utiliza relés para transportar la corriente de la bobina del selenoide.

Si el cilindro debe permanecer accionado incluso cuando se suelta el botón, se puede utilizar el circuito de la figura 78. El relé S tiene dos series de contactos, S_A y S_M . Cuando se aprieta el pulsador 1, el relé S cierra ambas series. La serie S_A excita el selenoide A (+), mientras S_M proporciona "memoria" manteniendo el relé accionado, incluso una vez que se ha soltado el pulsador 1. Para que el cilindro regrese a su posición de partida, debe accionarse el interruptor de pulsador 2 (normalmente cerrado).

Se puede lograr que el vástago del cilindro vuelva automáticamente a su posición anterior, una vez alcanzado determinado punto de su carrera, sustituyendo el pulsador 2 por un interruptor de fin de carrera (normalmente cerrado) situado en dicho punto (fig. 79).

El circuito de la figura 80 da como resultado un movimiento oscilatorio del cilindro. La oscilación se inicia apretando el pulsador 1, el cual da comienzo a la secuencia: el relé W se pone en funcionamiento y cierra; el relé S se pone en funcionamiento y cierra; la bobina A se excita; el émbolo se desplaza a 1; a_0 y a_1 se abren; S_A se abre; el émbolo regresa a 0; a_0 y a_1 se cierran; S se pone en funcionamiento y cierra de nuevo; repitiéndose la secuencia a partir de este punto hasta que la oscilación se detiene apretando el pulsador 2, que destruye la memoria de W.

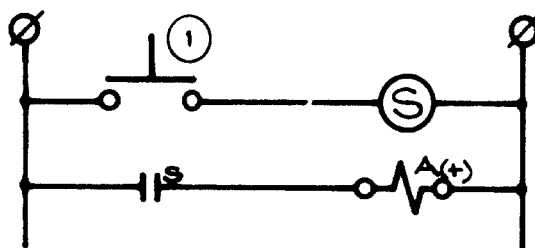


Figura 77. Inclusión de un relé para controlar la corriente de la bobina del selenoide

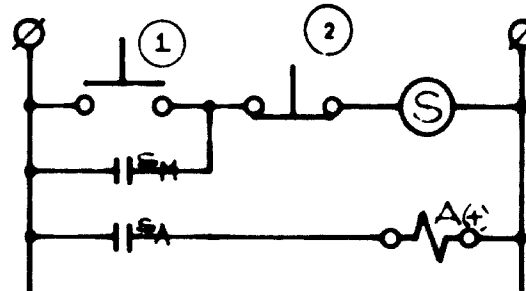


Figura 78. Utilización de un solenoide con "memoria" para mantener accionado el cilindro una vez soltado el pulsador

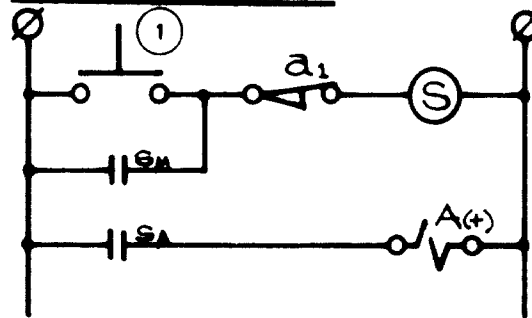


Figura 79. Empleo de un interruptor de fin de carrera para destruir la memoria del relé en un momento predeterminado

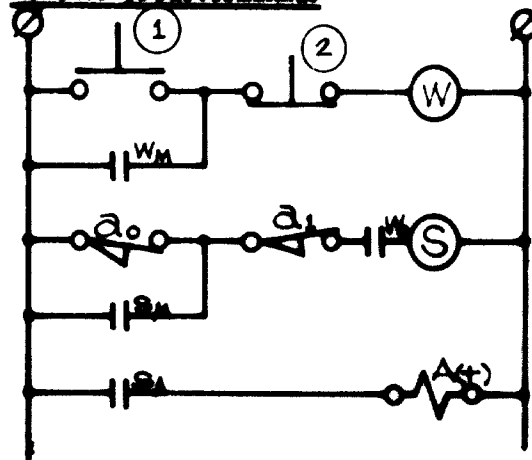


Figura 80. Circuito de control de un cilindro oscilante

Supóngase que se utiliza el cilindro de la figura 75 como prensa. Para fines de seguridad, el símbolo no debe moverse si las dos manos del operador no están fuera del alcance de la prensa. Esto puede conseguirse con un circuito (fig. 81) en que la prensa sólo se ponga en acción si se aprietan simultáneamente dos pulsadores separados, cada uno con una sola mano. En este caso, el resorte de retorno de la válvula de control constituye por sí mismo un dispositivo de seguridad. En caso de falla de la corriente, el resorte hará que la válvula cambie de dirección y obligue el cilindro a volver a su posición de descanso.

En la figura 82 se muestra una prensa accionada por una válvula doble accionada por solenoide. Para poner en marcha el cilindro, también en este caso deben apretarse a la vez dos pulsadores (1 y 2); nótese, pero obsérvese que dicha válvula (y por lo tanto el cilindro) no volverá automáticamente a 0 al soltarse dichos pulsadores (o en caso de falla de la corriente). Para que el cilindro recupere su posición anterior, debe accionarse simultáneamente otra serie de pulsadores (3 y 4). Por consiguiente, se ha previsto la seguridad del operador tanto en la carrera de vuelta como en la de ida.

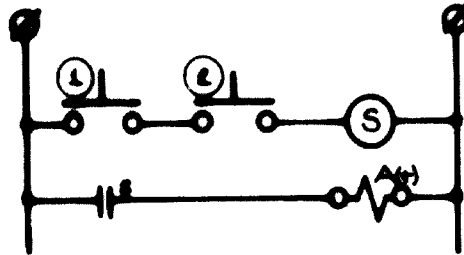


Figura 81. Circuito de seguridad. El cilindro no se pondrá en marcha si el operador no aprieta el interruptor 1 con una mano y el interruptor 2 con la otra

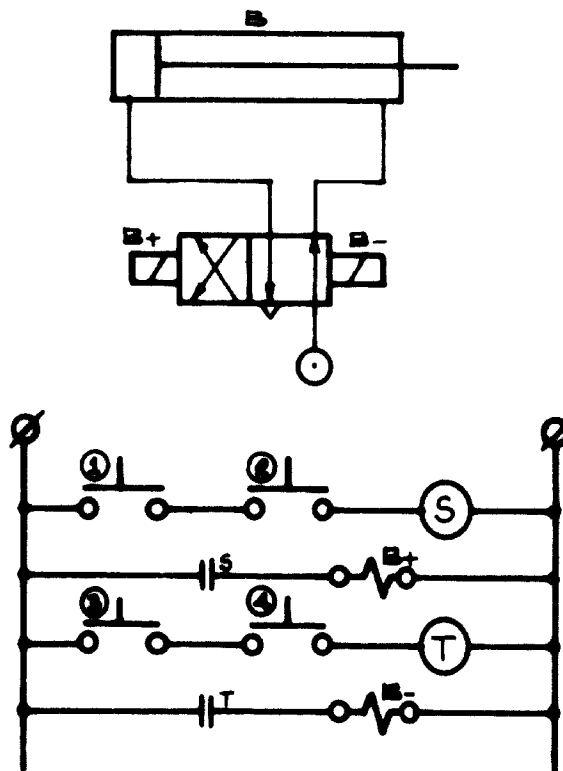


Figura 82. Prensa de cilindro accionada por una válvula doble de solenoide provista de interruptores de seguridad en ambas direcciones de la carrera

En la figura 83, se muestra un cilindro que tiene dos carreras por ciclo, la primera corta y la segunda larga.

Cuando se aprieta el pulsador de conexión, el relé R_1 y el solenoide $B_{(+)}$ se excitan simultáneamente. Por consiguiente, el símbolo avanza hasta la posición 2 de mitad de carrera, en la cual se acciona el interruptor a_2 , que excita R_2 y desconecta la válvula del solenoide. El símbolo regresa a su posición anterior y, en cuanto se accione a_0 , avanza de nuevo, efectuando esta vez su carrera completa, hasta a_1 . Con ello, se abre el relé R_4 , normalmente cerrado, y el pistón se retrasa totalmente a su posición de descanso. Fin del ciclo. (El accionador del interruptor a_2 no actúa durante la carrera de retorno del símbolo.)

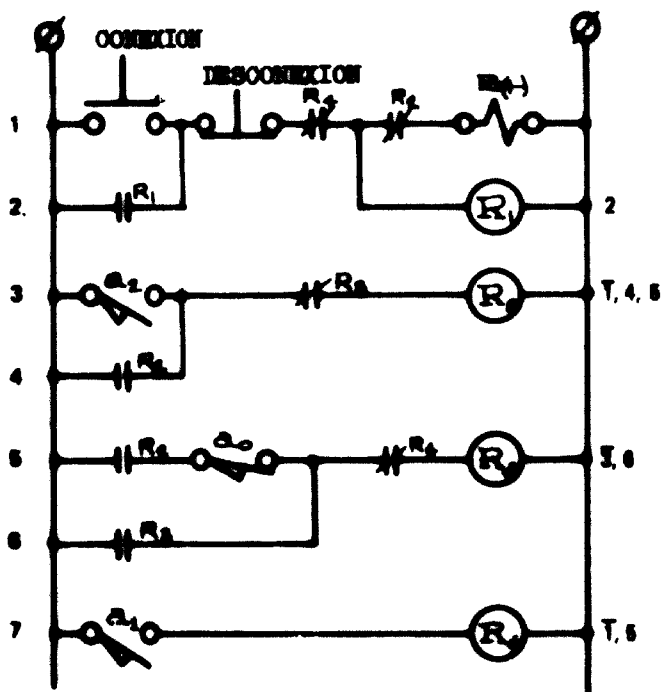
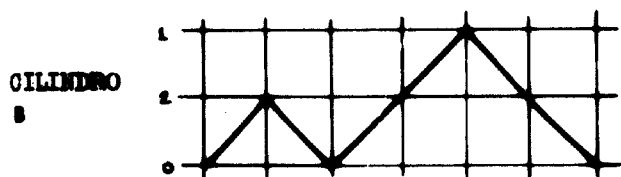
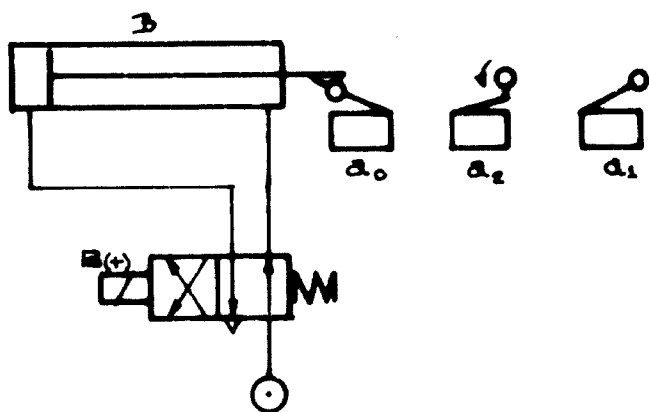


Figura 8). Circuito relé, cronograma de las operaciones y
circuito eléctrico de un cilindro de dos cartaras
sucesivas de longitud distinta

VII. EJEMPLOS DE POSIBLES APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

En este capítulo se presentarán algunos ejemplos de posibles aplicaciones de la ABC. Aunque los ejemplos corresponden a aplicaciones especiales, los circuitos también se pueden modificar para adaptarlos a otras. Como se indicó anteriormente en este manual, la ABC es bastante flexible en sus aplicaciones; por ello, se puede utilizar un mismo circuito para aplicaciones diversas con tal de que los movimientos exigidos de los componentes sean similares.

A. Dispositivo de sujeción a base de manguera

Uno de los elementos que mejor se prestan a ser adaptados para su empleo en un sistema ABC para un taller de muebles o de ebanistería es la manguera de incendio común. Puesto que tal manguera puede soportar normalmente una presión interna de hasta 20 atm, es fácil inyectar aire comprimido (por lo general a 10 atm) en un trozo de manguera, con lo que se consigue un dispositivo de sujeción barato y eficaz. Por su flexibilidad, estos dispositivos a base de manguera sirven incluso para sujetar componentes de madera curvada. La única adaptación necesaria es la de hermetizar de alguna manera cada extremo y ajustarle una válvula de neumático.

Como ejemplo, en la figura 84 puede verse un bastidor de prensa utilizado para sujetar marcos de puertas y de ventanas mientras se seca la cola. Para obtener la sujeción basta conectar la manguera a un surtidor de aire a presión. Al desconectarse la manguera el dispositivo se afloja.

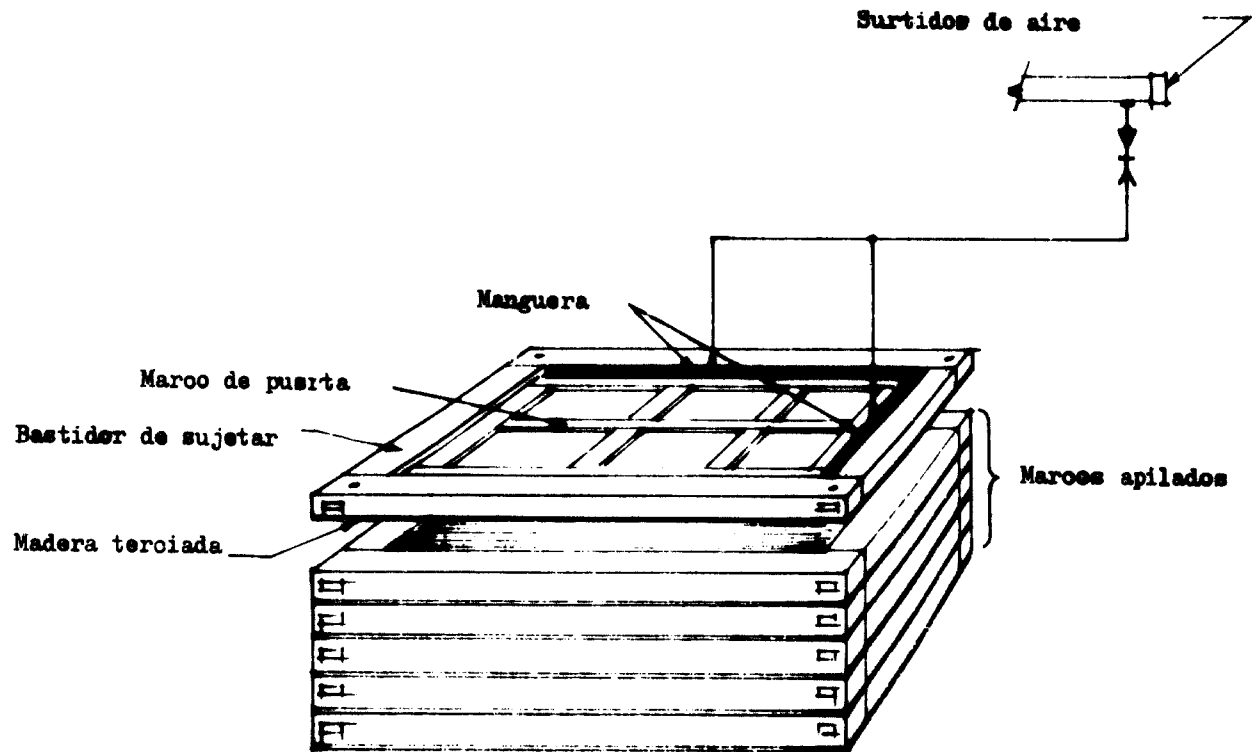


Figura 84. Dispositivo de sujeción a base de manguera

Este sistema de sujeción mediante manguera eliminó en una empresa el empleo de muchas prensas manuales que a menudo dañaban el acabado del producto y permitió aumentar la productividad de la mano de obra hasta en un 30%.

Costos de inversión

20 bastidores de sujeción	\$56
Manguera de incendio (de desecho)	-
Accesorios	<u>30</u>
Total	\$86

Condiciones anteriores a la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,06 por marco
Capacidad	16 marcos/dfa

Condiciones después de la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,04 por marco
Capacidad	21 marcos/dfa

Beneficios

- Ahorro de \$0,02 en mano de obra por marco
- La inversión se recupera con la producción de 4.300 marcos (8 meses)
- Aumento de la capacidad y mejora de la calidad
- Ahorro de espacio por apilado más compacto

B. Ribeteadora de cantos a base de manguera

La manguera de incendio se utiliza en este caso, en combinación con otros componentes (electroneumáticos), para formar una ribeteadora de cantos sencilla para paneles, como puede verse en la figura 85. Cuando se aprieta el botón de conexión la manguera se infla. Una vez lograda bastante presión en el interior de la manguera, al R₂ acciona la máquina soldadora y el temporizador. La máquina soldadora está conectada a una placa delgada de cobre que termofija la chapa de madera. El temporizador desconecta, al cabo de un tiempo predeterminado, la máquina soldadora y la válvula de la manguera, soltando así la pieza ya ribeteada.

Costo de inversión

El costo aproximado de los componentes es de \$40.

Beneficios

Mejor calentamiento del ribete sobre los cantos, mejora de la calidad del producto y aumento de la producción en un 20%.

C. Montador de bastidores de puerta

Para montar bastidores de puerta, puede utilizarse el dispositivo neumático que puede verse en la figura 86, compuesto de un cilindro de aire y de una manguera de incendio. El botón de conexión acciona el cilindro de aire A. Una vez alcanzada en él cierta presión, se infla la manguera de incendio, completándose así el montaje del bastidor. El botón desconexión suelta las abrazaderas.

Una empresa consiguió casi cuadruplicar su capacidad de montaje, sin modificar su plantilla de personal, mediante la aplicación del sistema aquí descrito. Los datos siguientes proceden de una fábrica de bastidores de ventana.

Costo de inversión

Componentes de ABC	\$130
Plantillas	150
Manguera de incendio (de desecho)	—
Total	\$280

Condiciones anteriores a la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,04 por bastidor
Capacidad	21 bastidores/dfa

Condiciones después de la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,008 por bastidor
Capacidad	104 bastidores/dfa

Beneficios

Ahorro de \$0,032 en mano de obra por bastidor
Inversión se recupera en tres meses
Mejora de la calidad

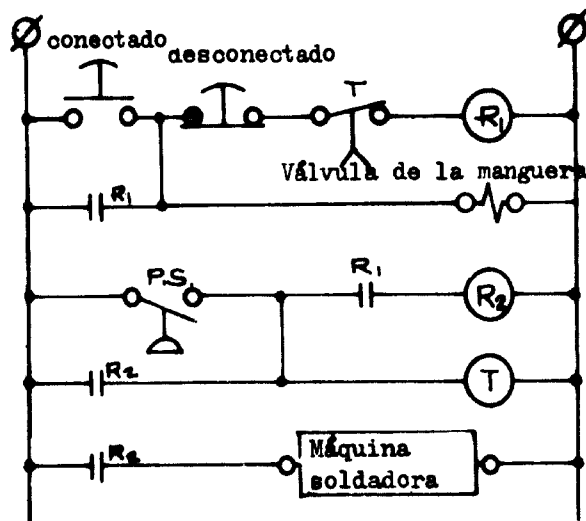
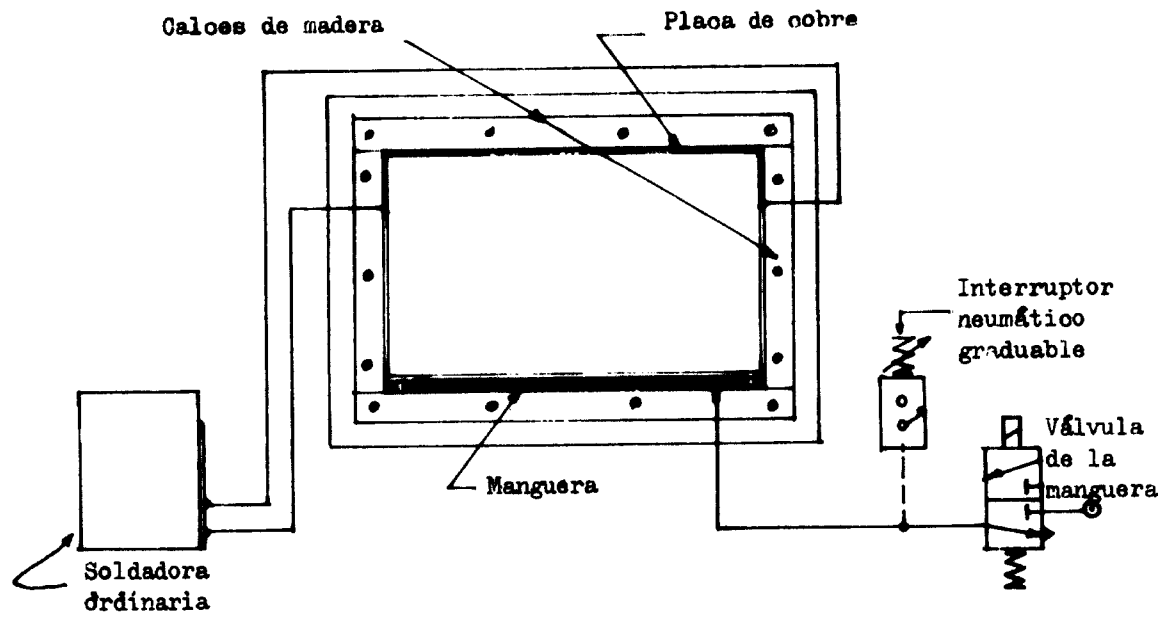


Figura 85. Ribeteadora de cantos a base de manguera de incendios

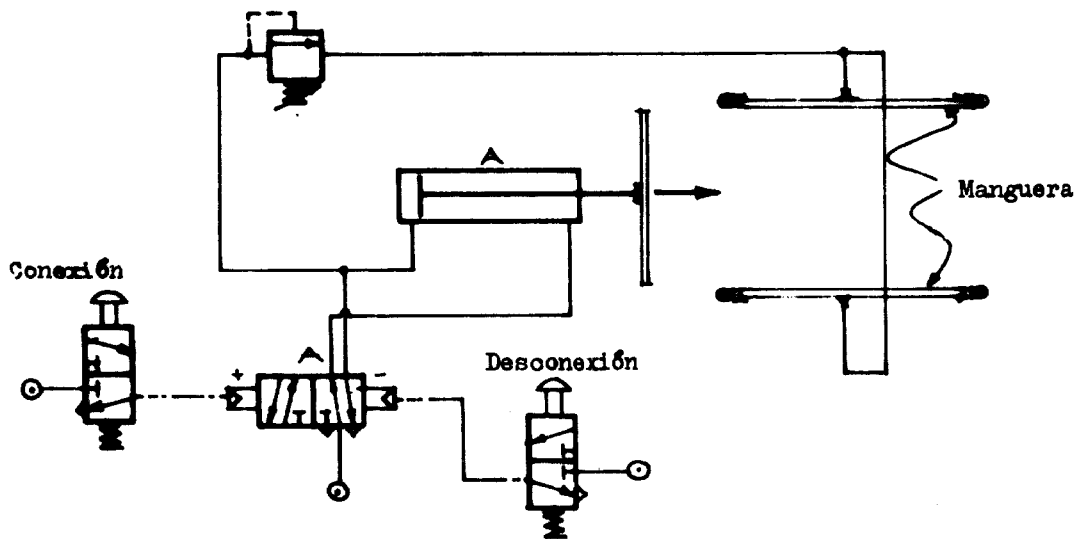
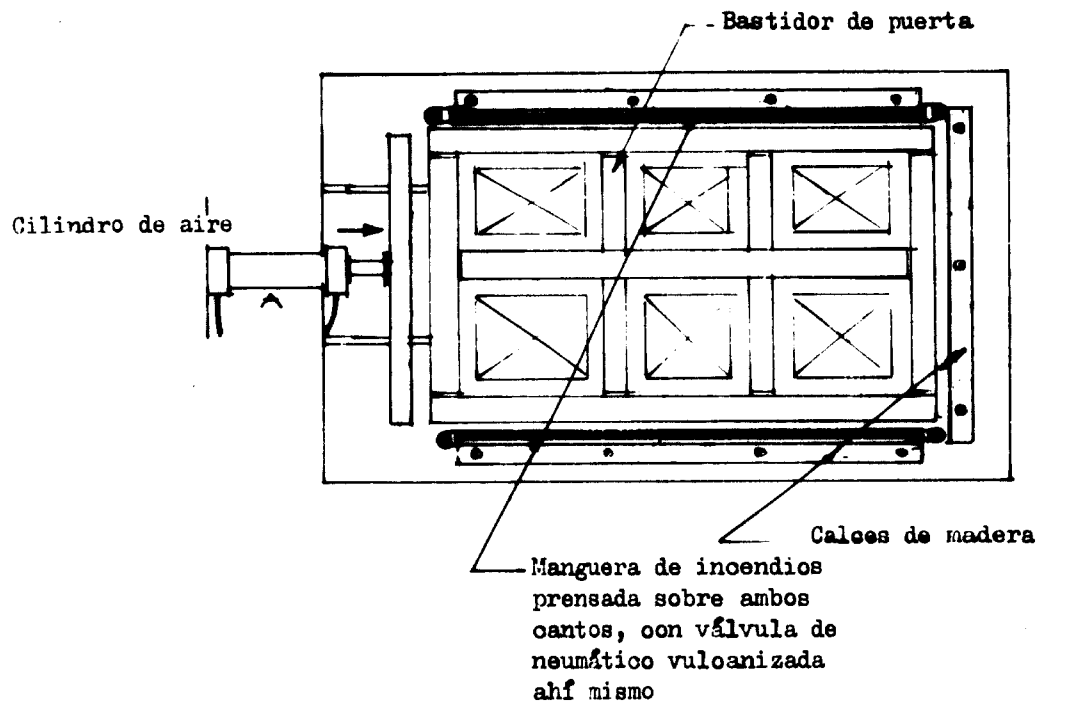


Figura 86. Montadora de bastidores de puerta

D. Clavadora neumática de clavos muy largos

Las operaciones de clavado se pueden mejorar generalmente mediante el empleo de clavadoras neumáticas. Sin embargo, en ocasiones es preciso utilizar clavos muy largos (de más de 4 pulgadas), que no se pueden cargar con facilidad en las clavadoras normales. Cuando no hay clavadoras neumáticas especiales, se sugiere el empleo del sistema que puede verse en la figura 87, si lo que hace falta es una clavadora capaz de introducir clavos muy largos. Este sistema, aunque es de funcionamiento más lento que la clavadora especial, puede facilitar algunos problemas engorrosos de clavado. Es fácil de adaptar a necesidades concretas.

Su costo aproximado es de unos 450 dólares, de los que 250 dólares corresponden a componentes de ABC y 200 dólares a plantillas, accesorios, etc.

E. Remachadora neumática de percusión

Mediante el empleo de un cilindro de percusión se pueden obtener enormes fuerzas instantáneas. Por ejemplo, un cilindro percusor de 4 pulgadas alimentado con aire a 7 atm pueden producir una fuerza de aproximadamente 2 toneladas. Los cilindros percusores pueden utilizarse para remachar y para insertar placas de articulaciones metálicas.

El dispositivo presentado en la figura 88 aceleró el remachado de patas de sillas plegables en el departamento de trabajo metálico de una fábrica de muebles. ¡Precaución!. El cilindro de percusión puede ocasionar heridas graves a personas que se dejen atrapar accidentalmente una mano. No debe omitirse el circuito de seguridad indicado en la figura. Funciona de este modo: el operario ha de impulsar ambas válvulas A y B al mismo tiempo, usando una mano para cada válvula, para accionar el cilindro. El cilindro no funciona si se impulsan las válvulas sucesivamente.

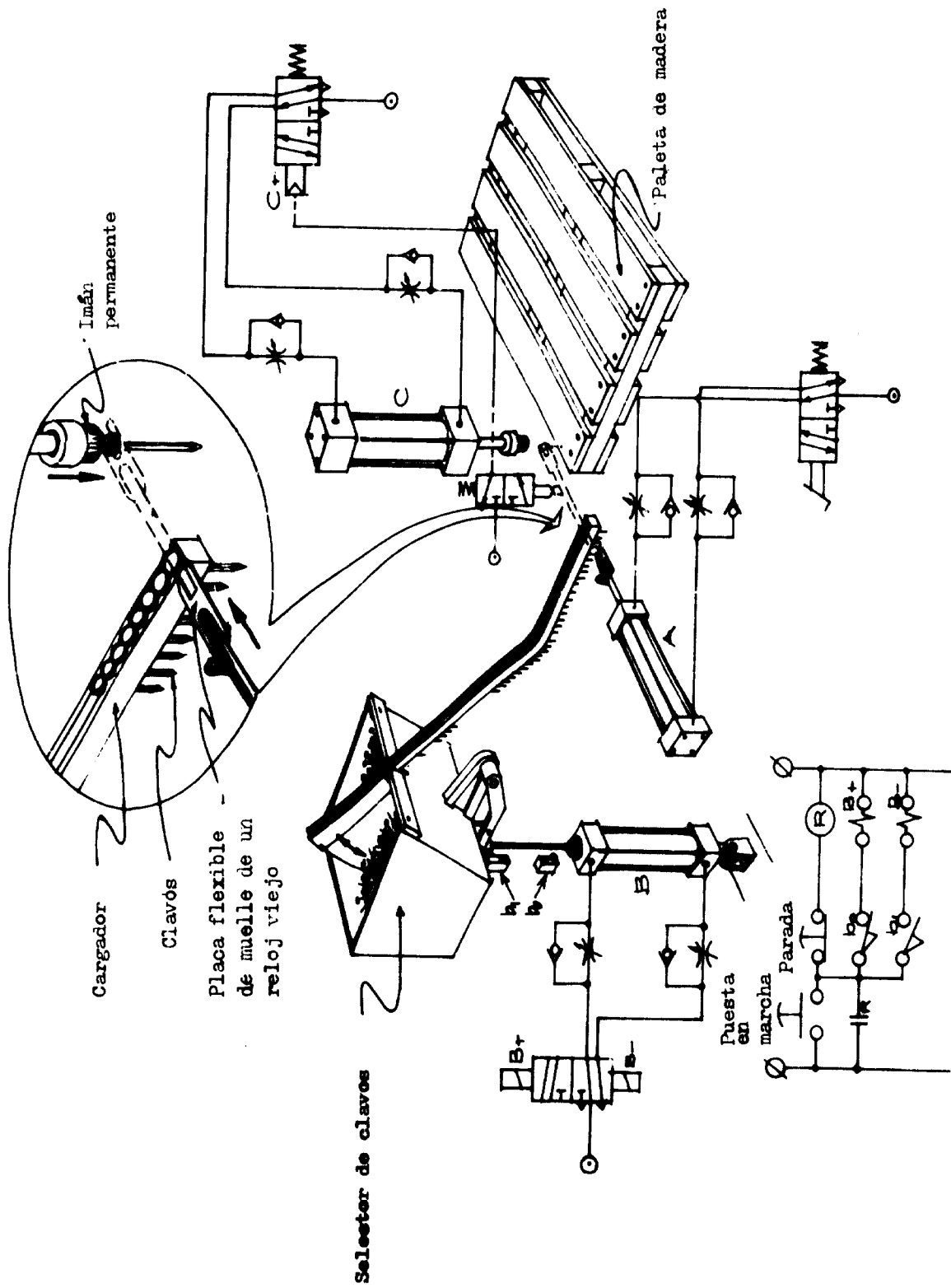


Figura 87. Clavadora neumática de clavos muy largos

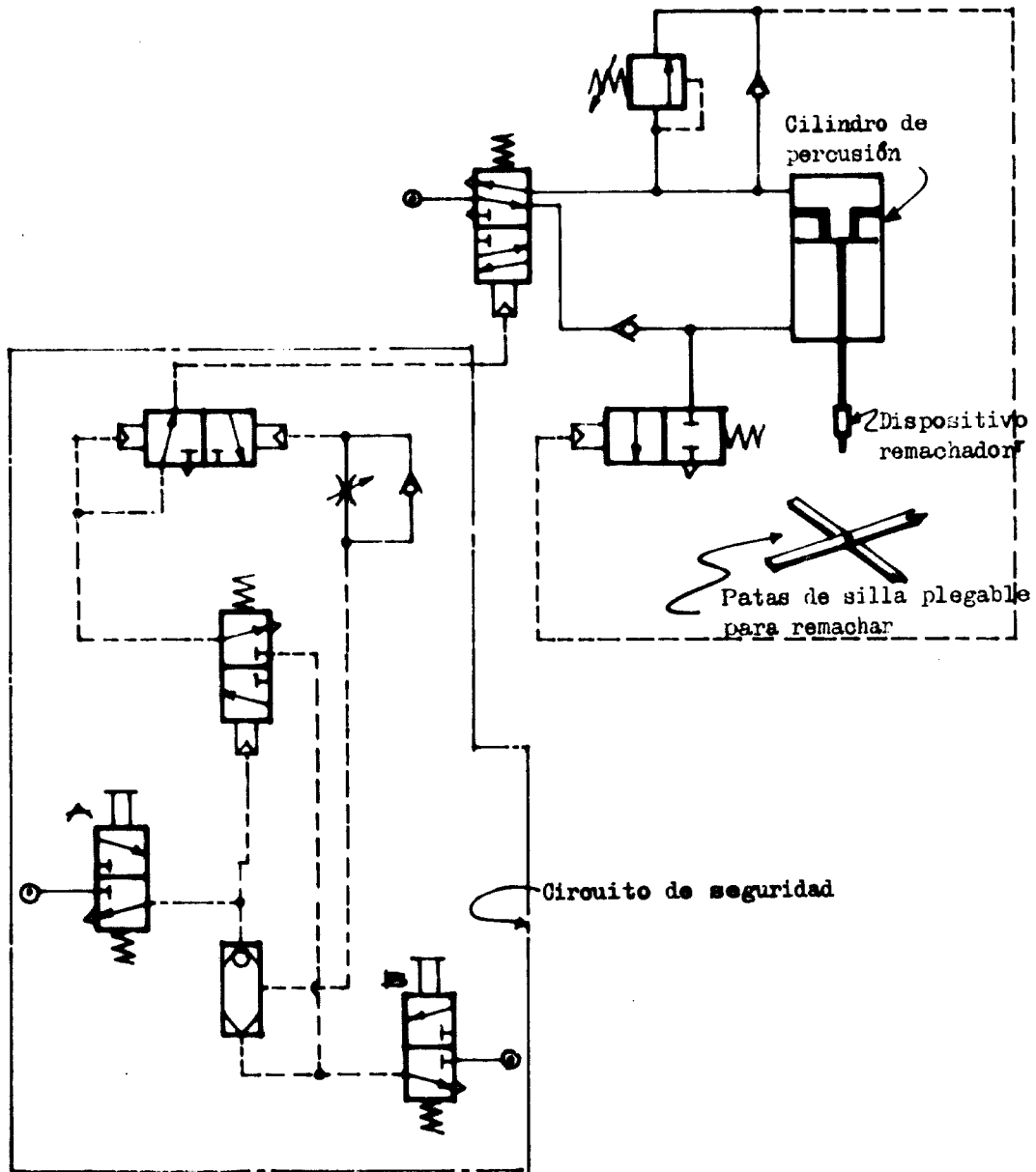


Figura 88. Remachadora neumática de percusión

Una empresa consiguió con este dispositivo los siguientes resultados:

Costo de inversión

Los costos de montaje fueron aproximadamente de \$250.

Condiciones anteriores a la ABC

Capacidad	120 sillas/dfa
Costo de la mano de obra (2 hombres, uno para o colocar el remache, el otro para fijarlo)	\$0,01 por silla

Condiciones después de la ABC

Capacidad	600 sillas/dfa
Costo de la mano de obra (2 hombres, como antes)	\$0,05 por silla
Costo de energía	\$0,002 por silla

Beneficios

- Ahorro de \$0,038 por silla
- Inversión recuperada en dos semanas
- Mejora de la calidad del remachado

F. Mecanismo de alimentación de un cepillo regresador

Un mecanismo de alimentación accionado por un sistema neumático sobre aceite consigue posicionar las piezas de trabajo con mucha mayor precisión que un sistema puramente neumático, puesto que el aceite no es compresible. En el ejemplo de la figura 89, el émbolo del cilindro A se desplaza realmente por el aceite sometido a una fuerte presión neumática. Al pulsar el botón de conexión, ese cilindro eleva la pila de tableros hasta que el tablero superior acciona el interruptor de fin de carrera S. Esto hace que la válvula Y cierre la válvula X, la que a su vez corta la entrada de aceite en el cilindro A, interrumpiendo así su movimiento ascendente. Entonces, el cilindro B retrocede y arrastra

el tablero superior hacia el regresador; y, cuando se acciona el interruptor de fin de carrera b_0 , vuelve a avanzar. (El cilindro B está equipado con una rueda ordinaria de bicicleta acoplada con una rueda dentada de trinquete que no le permite deslizar la madera más que en un solo sentido.) Cuando el tablero superior ha sido alimentado y no está ya sobre la pila, se abre el interruptor S, y el ciclo se repite hasta que todos los tableros de la pila han sido alimentados a la máquina.

Costo de inversión

Componentes de ABC	\$150
Componentes y accesorios fabricados en el taller	<u>100</u>
Total	\$250

Condiciones anteriores a la ABC

Número de operarios	2 (uno alimenta, el otro apila la madera mecanizada)
Total de salarios	\$4,20 al día
Costo fijo de la máquina	\$83 al día
Utilización de la máquina (tiempo productivo directo)	50%

Condiciones después de la ABC

Número de operarios	1 (ya no hace falta el alimentador)
Utilización del equipo	90%

Beneficios

Ahorros en mano de obra	\$2,10 al día
Ahorros por una mejor utilización de la maquinaria	\$33,20 al día

G. Taladradora automática

Una de las herramientas más corrientes en una fábrica de muebles o ebanistería es la taladradora. Se utiliza mucho para taladrar agujeros ordinarios y agujeros de clavija y para hacer mortajas.

Un proceso de perforación automatizado requiere un avance rápido del taladro hasta la pieza y un avance controlado cuando la barrena ha alcanzado la pieza por taladrar. El taladro debe retroceder, también, rápidamente en el instante en que se haya alcanzado la profundidad deseada. Es importante asimismo que la pieza esté bien sujeta, sobre todo porque así se evitan accidentes.

En la figura 90a puede verse como se automatizó una taladradora anticuada para mejorar su funcionamiento. Se le incorporó un cilindro neumático en tándem con un cilindro regulador, de aceite, para obtener un avance rápido y una alimentación controlada de la barrena. El ajuste de la tuerca del dispositivo de tándem determinará hasta donde debe llegar el avance rápido del taladro. El ajuste de la posición del microinterruptor determina la profundidad de perforación.

En la figura 90b puede verse como se hizo la transformación de la prensa para funcionamiento neumático. Por los diagramas de la figura 90c se ve que el botón de arranque acciona la prensa, pero que el interruptor de presión (PS) asegura que la perforación no comenzará hasta que la pieza esté firmemente sujeta. Una vez alcanzada la profundidad deseada, MS₁ hace retroceder la barrena y, a continuación, MS₀ afloja la prensa de sujeción.

Costo de inversión

El costo aproximado de los accesorios es de unos \$160.

Beneficios

Con este sistema se ha triplicado la capacidad de la mortajadora.

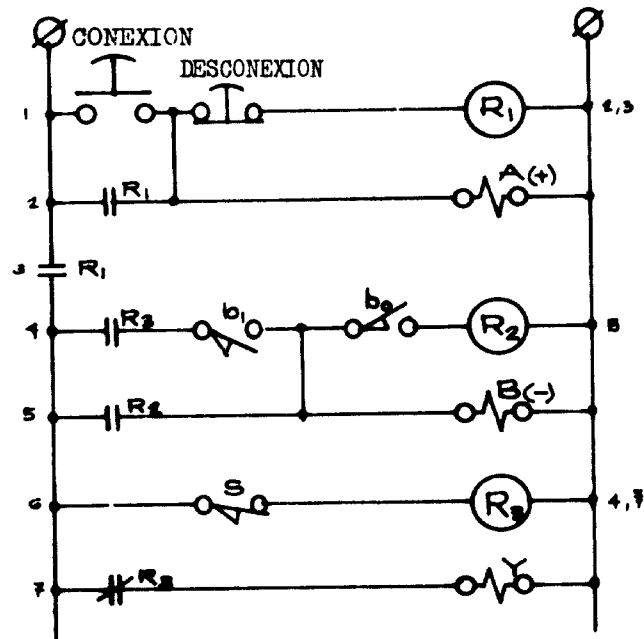
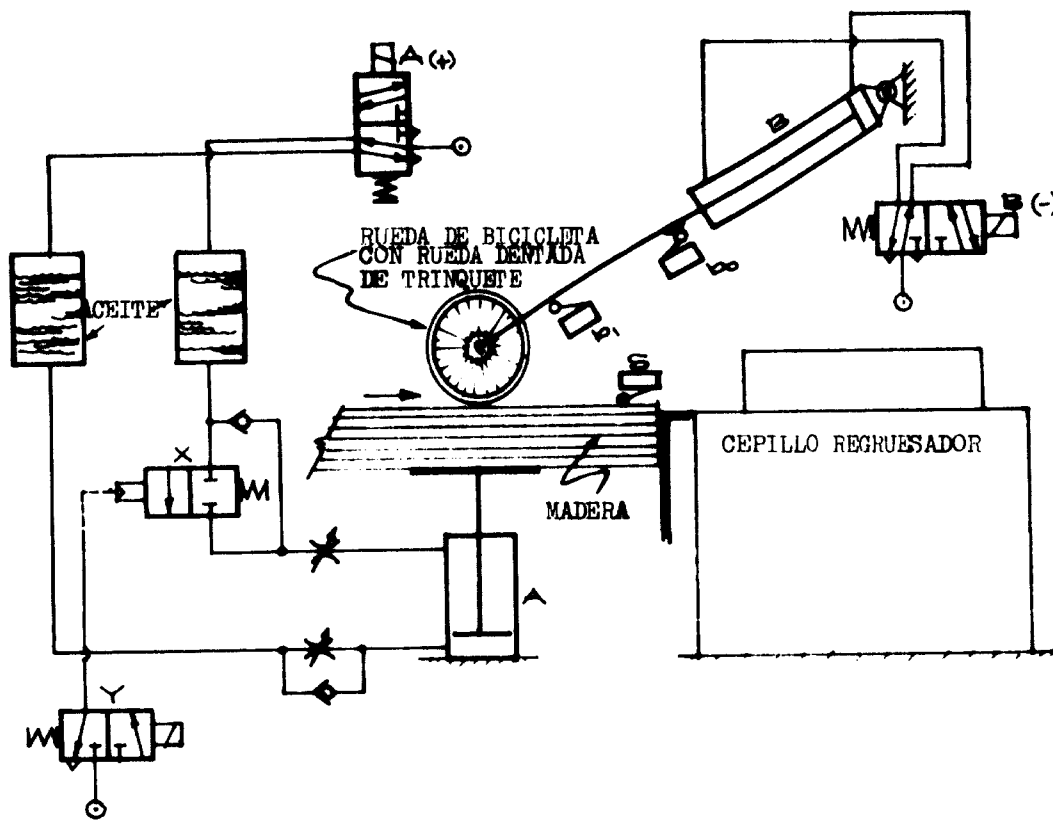


Figura 89. Mecanismo de alimentación de un cepillo regruesador

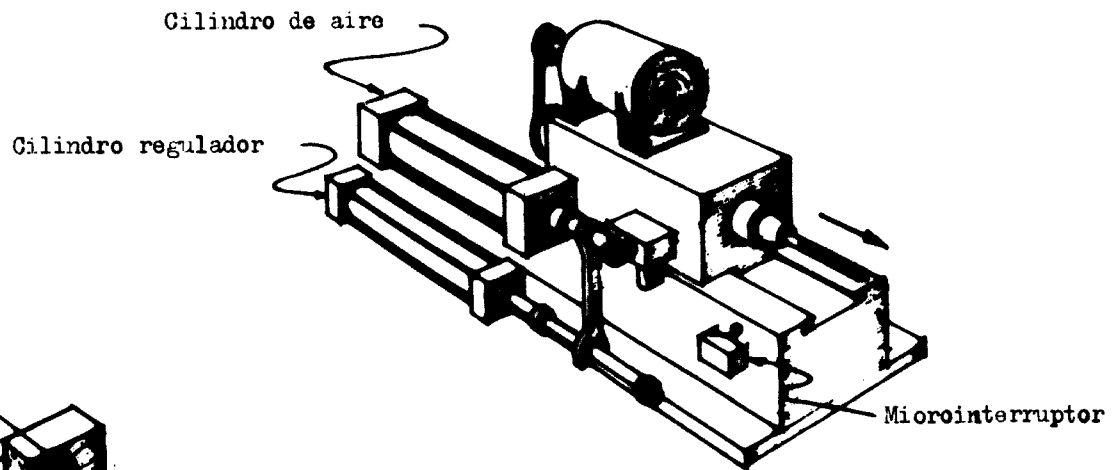
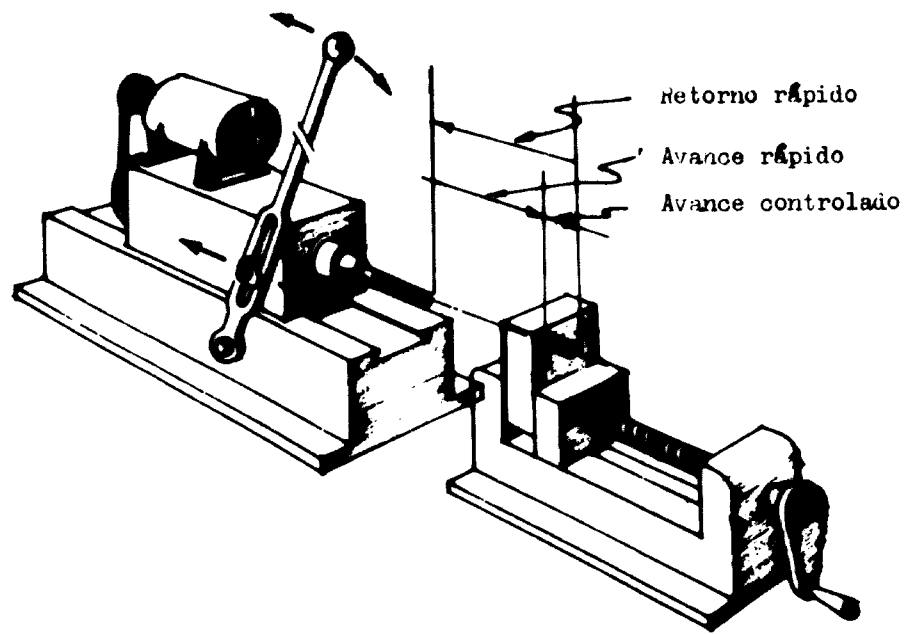


Figura 90a. Taladradora automatizada: comparación con el montaje original

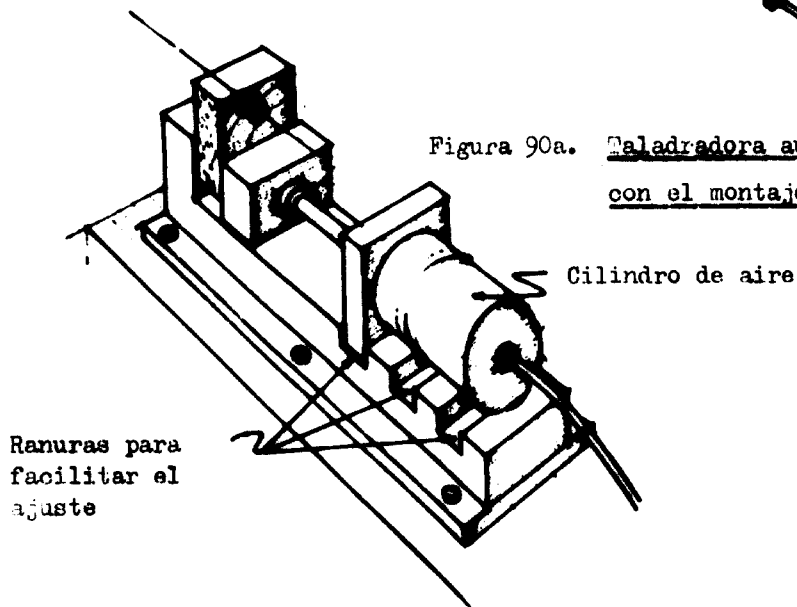
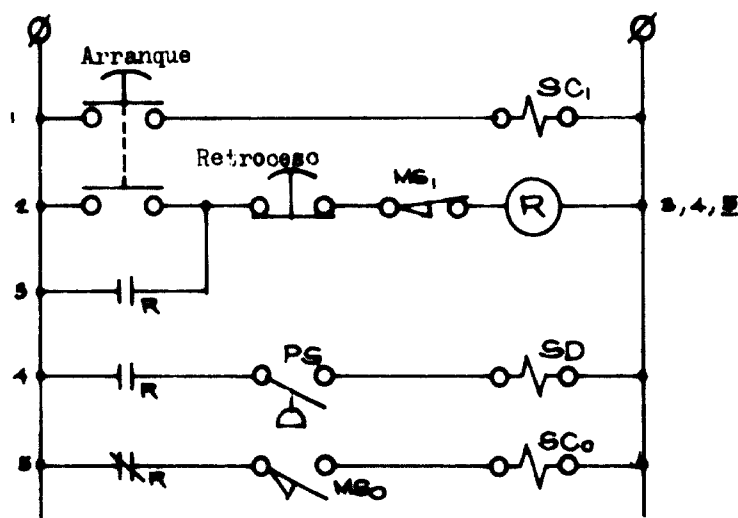
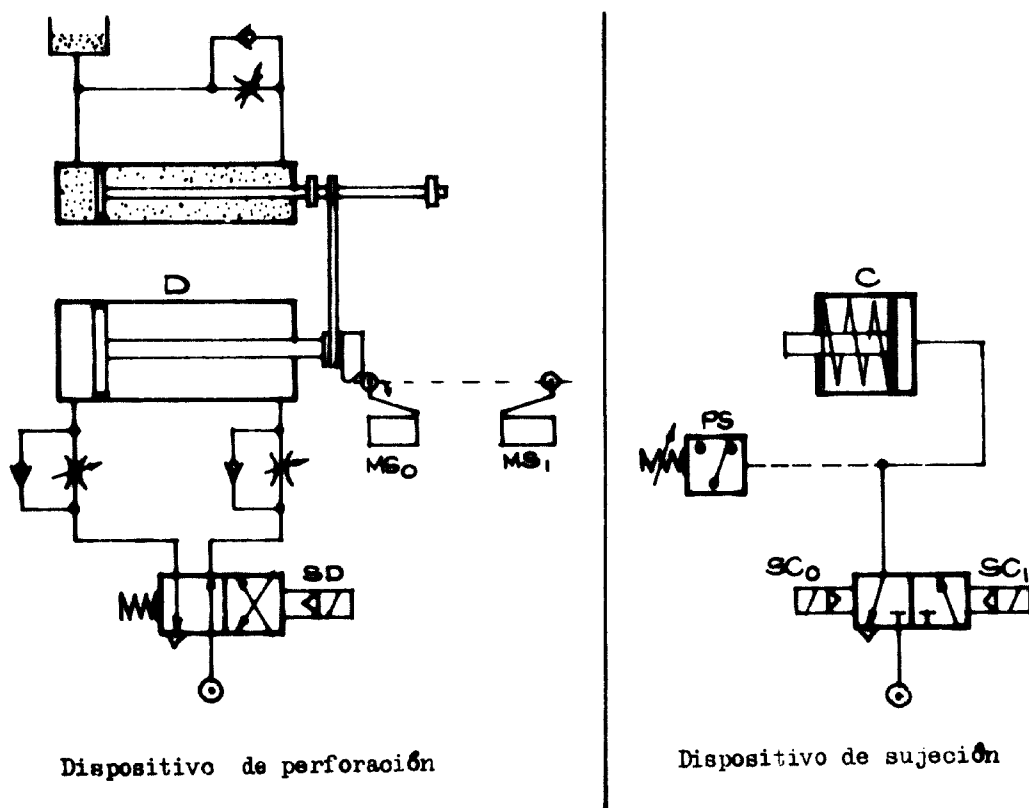


Figura 90b. Taladradora automatizada: prensa neumática



Circuito eléctrico

Figura 90c. Taladradora automatizada: diagramas de los dispositivos neumáticos y del circuito eléctrico

H. Prensa taladradora automatizada

En la figura 91a puede verse otra prensa taladradora ordinaria a la que se incorporó un cilindro de aire y un cilindro regulador, de aceite. En el diagrama del circuito de la figura 91b se observa que la taladradora puede funcionar en régimen de carrera única o de carrera múltiple, en el primer caso para operaciones de perforación ordinaria y en el segundo, para operaciones en serie de mortajar con mortajadora de cincel.

El costo aproximado de los componentes es de \$100.

I. Perforación automática con alimentación y salida automáticas

En la figura 92a puede verse otro dispositivo de perforación sencilla o de perforación de agujeros de clavija o incluso para operaciones de mortajar en carrera simple (tipo formón). Las distintas operaciones se desarrollan de acuerdo con los cronogramas de la figura 92b.

Este ejemplo supone un mayor grado de automatización, puesto que se incorporan la alimentación y salida automáticas de la pieza mecanizada. Sin embargo, las piezas mecanizadas por este dispositivo tienen que ser de dimensiones uniformes, puesto que de ello depende la exactitud de la localización del agujero.

La alimentación la efectúa el cilindro A mediante un movimiento del émbolo a través del depósito de alimentación. Cuando la pieza por mecanizar está en posición, la válvula a_1 (figura 92c) acciona el cilindro B para sujetarla, después de lo cual empieza el taladrado. (Aunque en la figura 92a puede verse un cilindro de aire ordinario como elemento motriz del taladro, pudiera ser conveniente acoplarle un cilindro

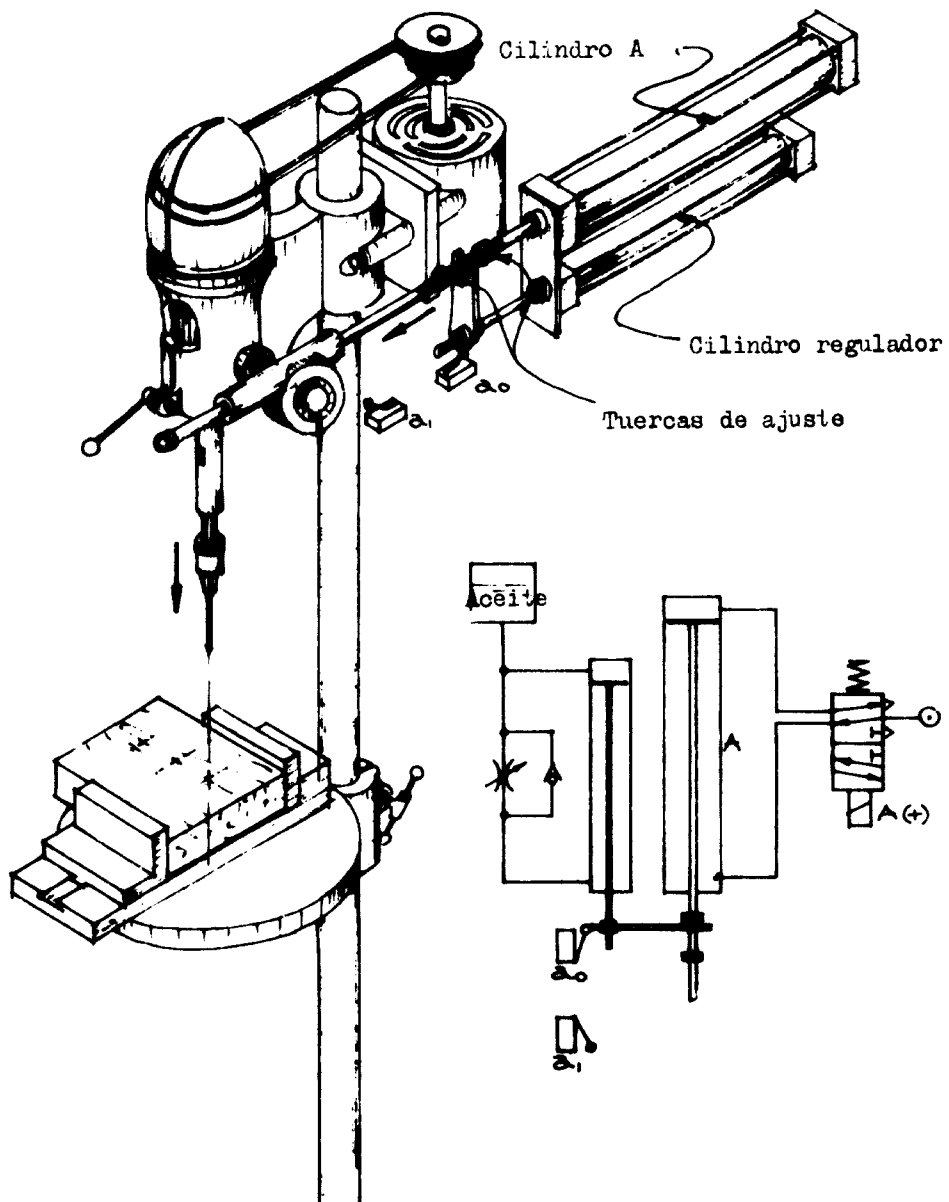


Figura 91a. Prensa taladradora automatizada: diagrama visual y circuito neumático

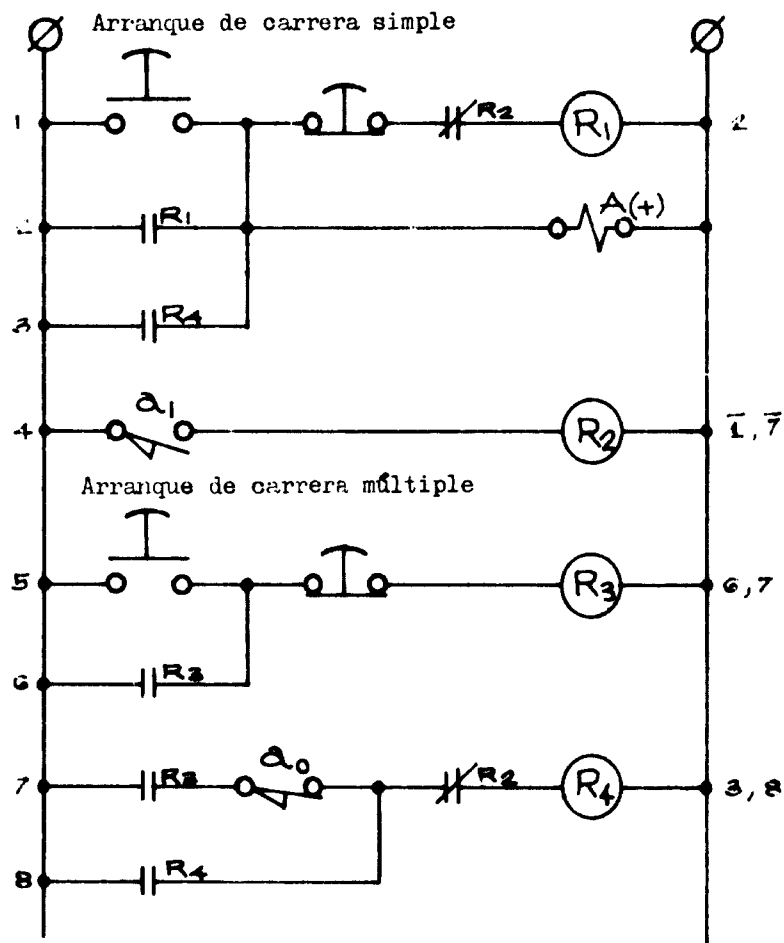


Figura 91b. Prensa taladradora automatizada: diagrama del circuito eléctrico

regulador de aceite, por las razones ya mencionadas.) Cuando se alcanza la profundidad de perforación marcada por la colocación de la válvula a_1 , el taladro retrocede y el cilindro D da salida a la pieza. El escotillón del dibujo (figura 92a) asegura la no interferencia entre la operación de alimentación y la de salida.

Costo de inversión

Los componentes del sistema puramente neumático de la figura 92c costarían aproximadamente unos \$280. La transformación del sistema de control en un sistema eléctrico reduciría el costo de los componentes en algo así como un 60%.

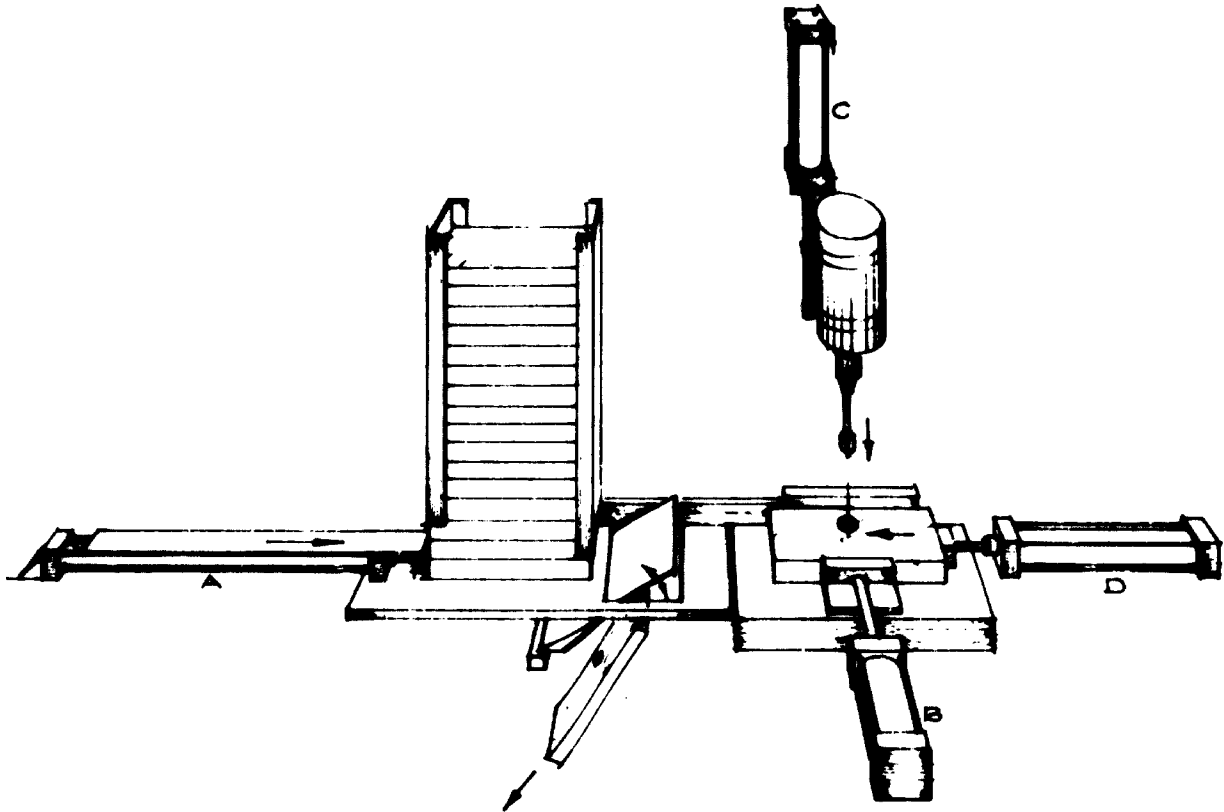


Figura 92a. Perforación automática con alimentación y salida automáticas: representación visual

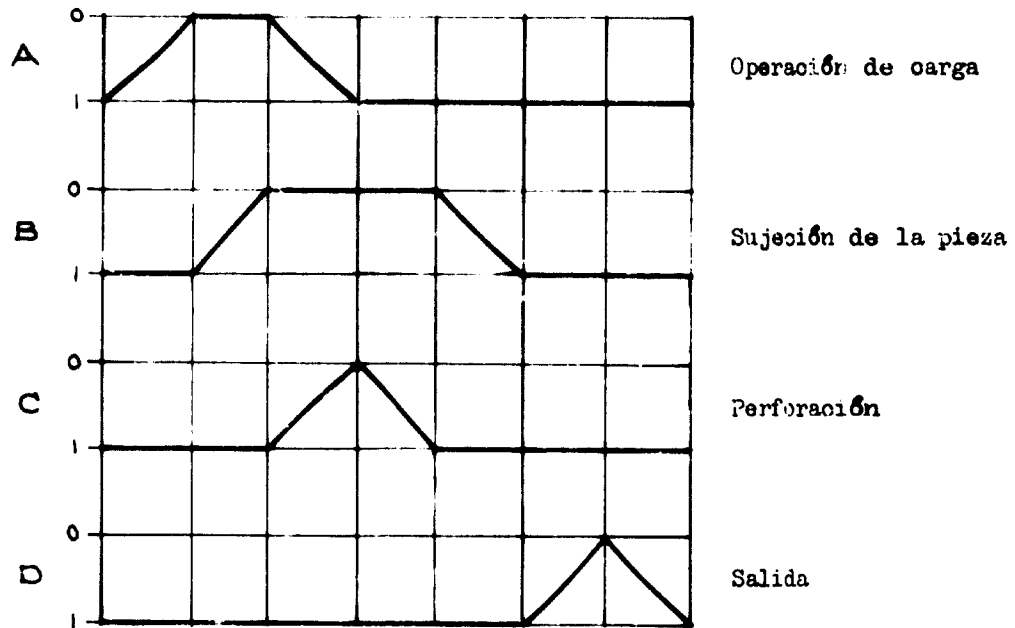


Figura 92b. Perforación automática con alimentación y salida automáticas: cronograma de las operaciones

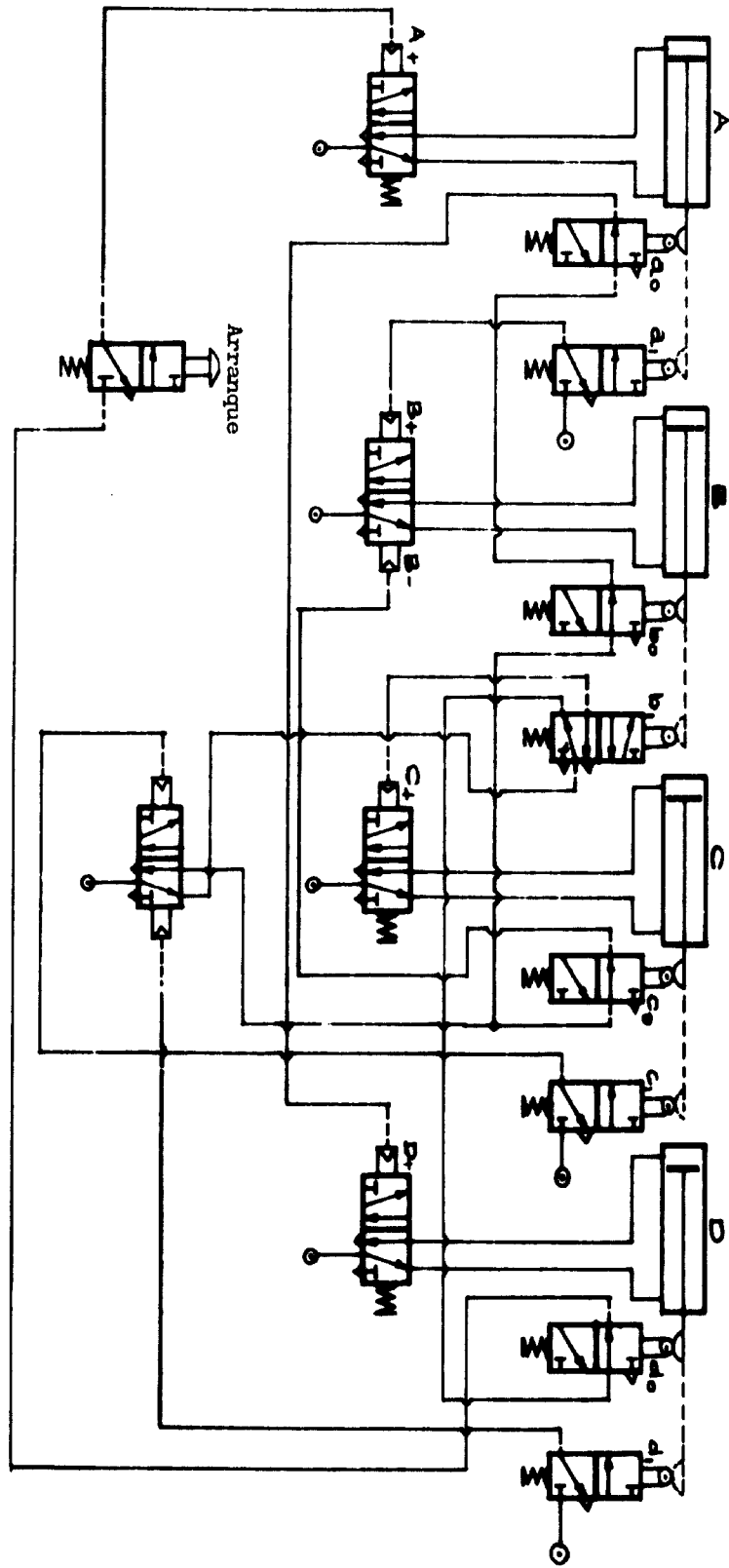


Figura 92c. Perforación automática con alimentación y salida automáticas:
circuito neumático

Beneficios

Esta adaptación de la ABC aumentó la producción de una empresa por un factor superior a 6,5. (Véase capítulo III, sección C.) Además, en vez de emplear a dos mortajadores especializados, que eran necesarios para la primitiva operación manual, bastó después con un solo operario semiespecializado para cargar el depósito de alimentación.

J. Perforación de agujeros de clavija

A veces han de perforarse agujeros de clavija con un espaciamiento muy preciso para asegurar el encaje perfecto de las piezas machihembradas. En las figuras 93a-93c puede verse una solución de ABC para este problema. Una vez conectado el sistema, colocada en posición la pieza por mecanizar y presionado el botón de arranque, entra en juego el dispositivo sujetador (cilindro D). Cuando la fuerza de sujeción ha alcanzado el nivel suficiente (transmitida por el interruptor de presión PS), se taladra el primer agujero y retrocede la barrena. A continuación, el cilindro A avanza una distancia fijada por el interruptor de fin de carrera a_1 , y se taladra otro agujero. Enseguida entra en juego el cilindro B, desplazando el taladro una distancia determinada por b_1 para la perforación del tercer agujero. (La profundidad de los agujeros de clavija queda determinada por el interruptor de fin de carrera c_1 .) Al retroceder el cilindro C del tercer agujero, los cilindros A y B vuelven a su posición original y el cilindro D suelta la pieza. El sistema está de nuevo listo para la repetición del ciclo.

Un mecanismo de seguridad incorporado a este sistema consiste en que, si se produce un corte de corriente, el taladro retrocede.

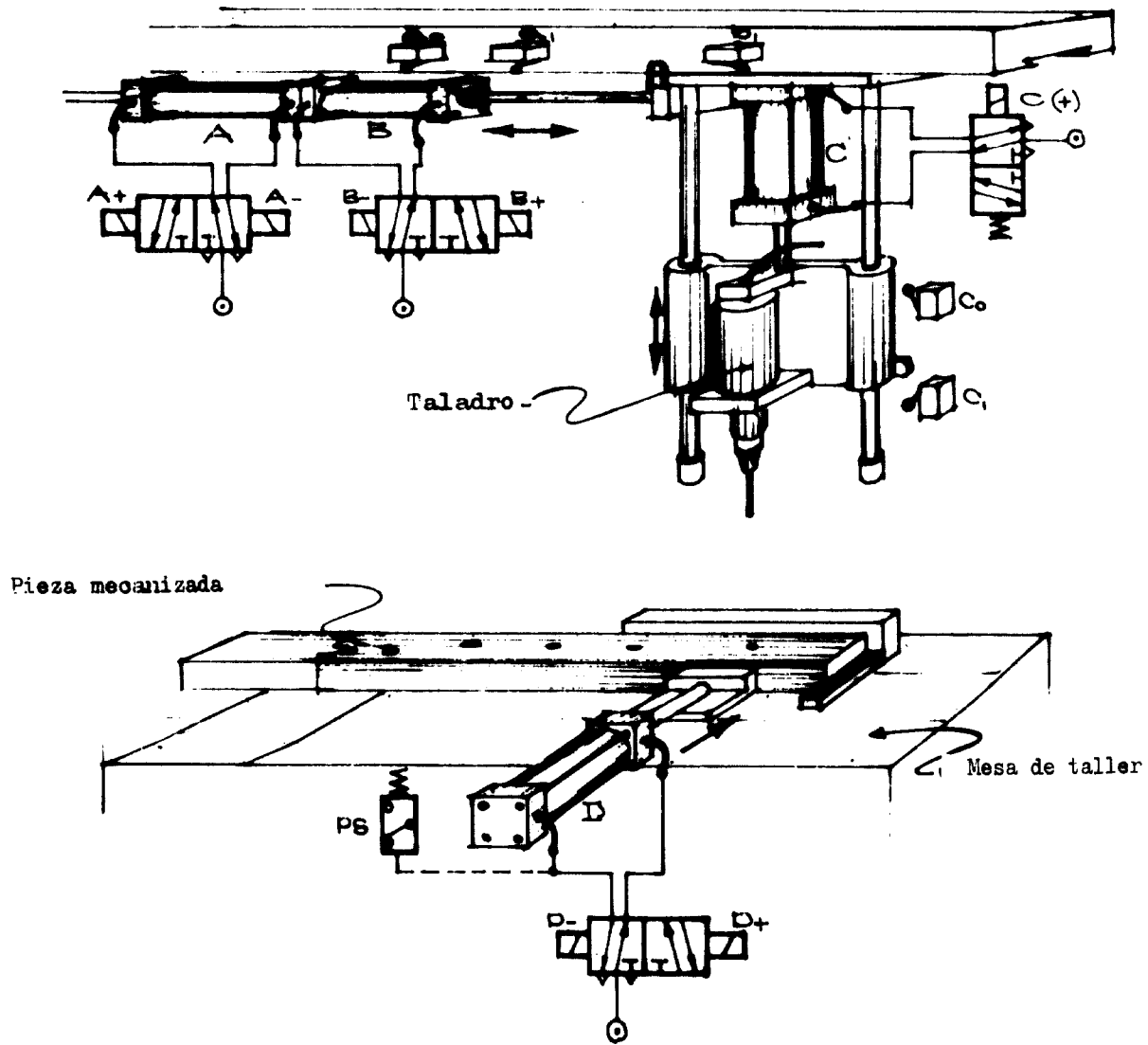


Figura 93a. Perforadora de agujeros de clavijas:
diagrama visual

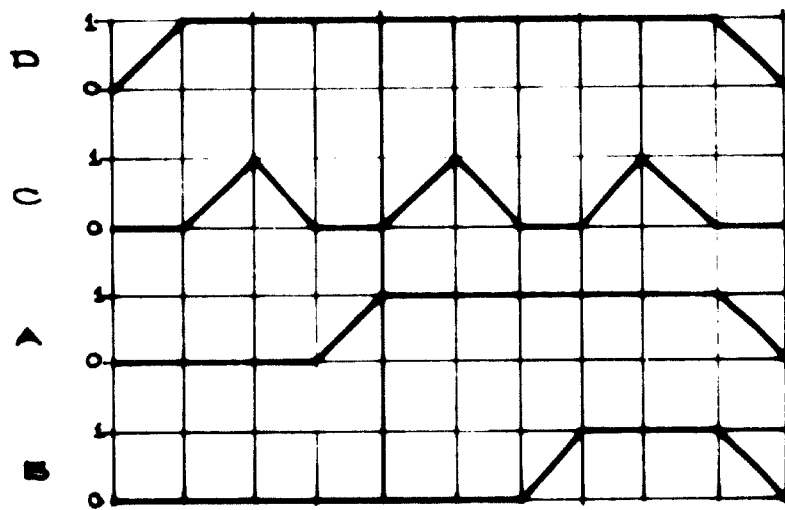


Figura 93b. Perforadora de agujeros de clavijas
cronograma de las operaciones

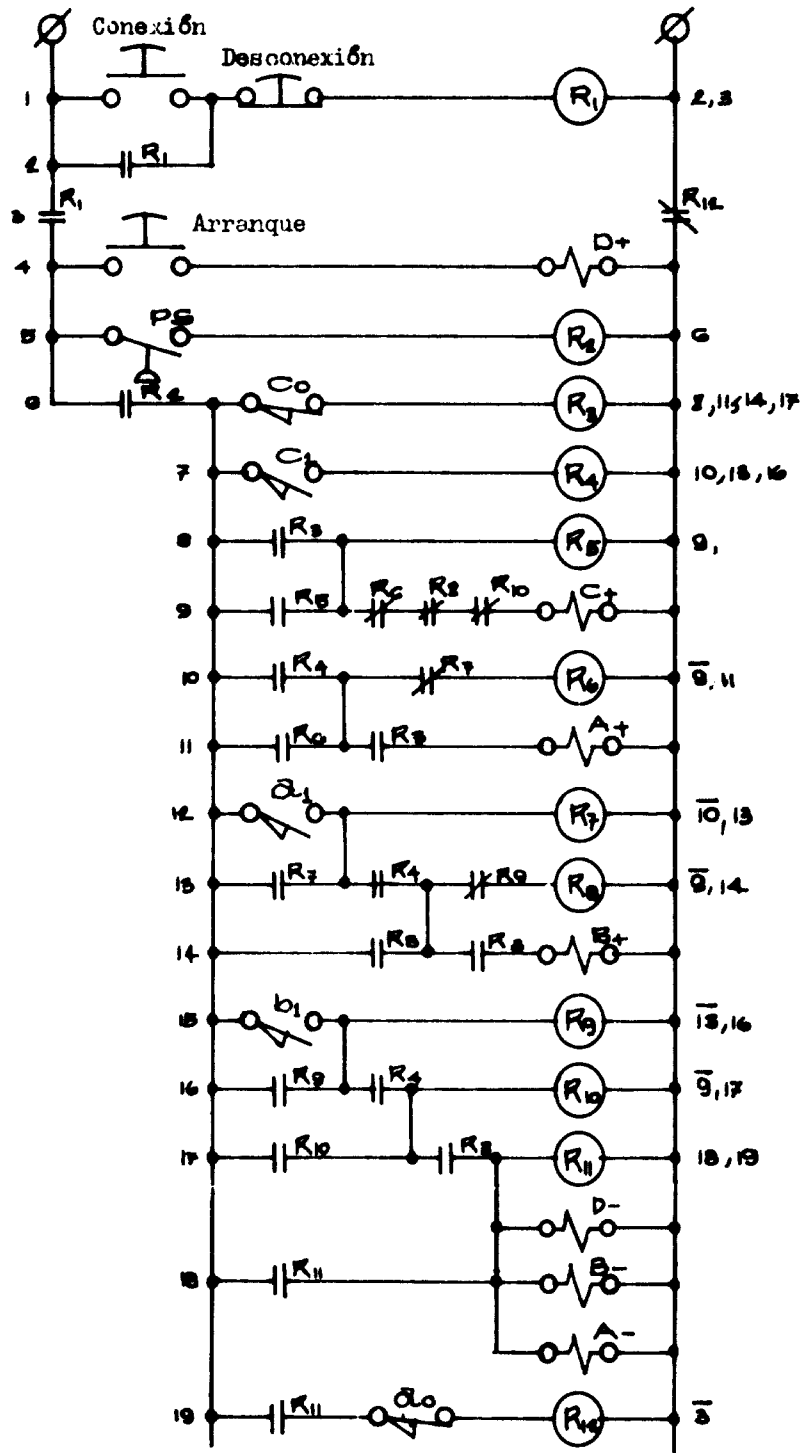


Figura 93o. Perforadora de agujeros de clavijas: diagrama del circuito eléctrico

Costo de inversión

Componentes ABC	\$180
Costo de construcción de los bastidores para el sistema	120
Total	<u>\$300</u>

Condiciones antes de introducirse la ABC

Costo de las piezas rechazadas debido a mala alineación de los orificios	\$4,00 por día
Capacidad (2 operarios calificados)	150 unidades/día

Condiciones después de introducirse la ABC

Costo de las piezas rechazadas	\$0,80 por día
Capacidad	450 unidades/día

Beneficios

Reducción del número de operarios a uno (semicalificado), dedicado exclusivamente a cargar el equipo

El dinero invertido se recuperó en tres meses, y únicamente con lo economizado por reducción del número de piezas rechazadas y de la mano de obra

K. Mortajadora para cerraduras de puerta

Con la mortajadora automática para cerraduras de puerta de las figuras 94a y 94b se asegura la uniformidad y calidad del trabajo. Para obtener la velocidad precisa de avances de la tupa y la mortajadora, se utilizan cilindros reguladores. En cuanto se acciona el mando de puesta en marcha, lo que se hace una vez fijada la puerta en la plantilla posicionadora, todo funciona automáticamente. El interruptor de final de carrera b_1 determina la profundidad de la mortaja.

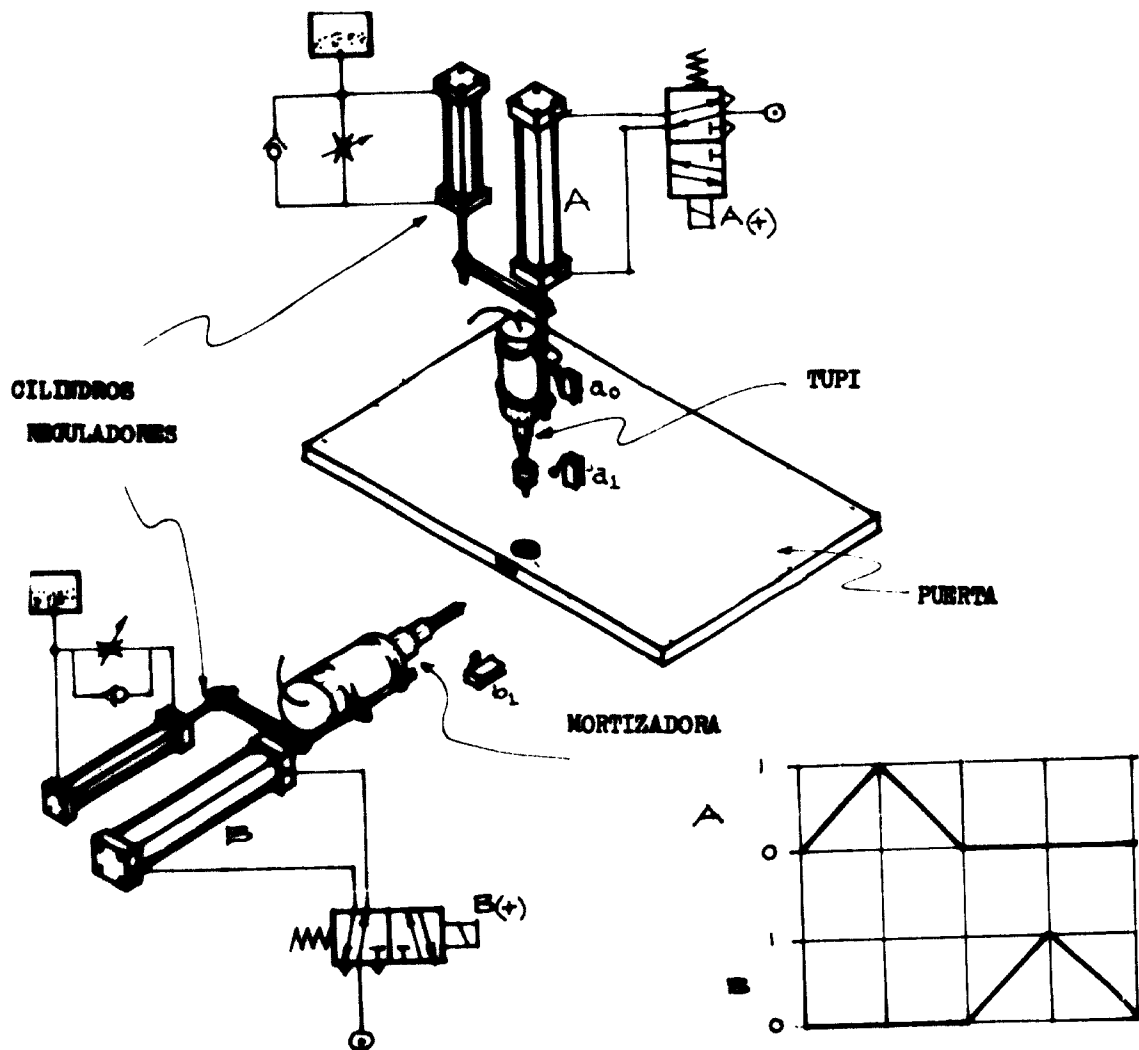


Figura 94a. Mortizadora para cerraduras de puertas; diagrama gráfico de tiempos y movimientos

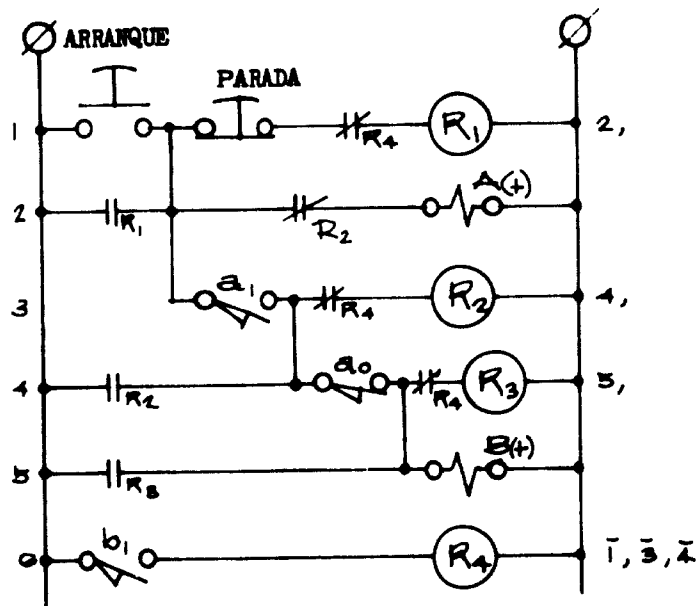


Figura 94b. Mortajadora para cerraduras de puertas:
diagrama del circuito eléctrico

Costo de inversión

Costo aproximado de los componentes, \$200.

Beneficios

Con esta aplicación de la ABC puede aumentarse la producción hasta en un 300%.

L. Operaciones múltiples en una mesa divisora

A veces, un fabricante puede tener que realizar varias operaciones en una sola pieza (v.gr., una parte de un juguete). Utilizando una mesa divisora corriente, pueden realizarse al mismo tiempo diversas operaciones, como taladrado, sortaja o roscado.

Como se ve en la figura 95a, la pieza puede colocarse manualmente en el punto O, y luego pueden ejecutarse, paso a paso, diferentes operaciones en distintos puntos, utilizando las diversas herramientas. El efecto neto, después de un ciclo (con carga continua), es el de una operación múltiple simultánea, o, en otras palabras, cada vez que se carga la máquina, se descarga un producto acabado.

Las figuras 95b y 95c muestran, respectivamente, un circuito y una consola de mando típicos para una mesa divisora.

Costo de inversión

El costo aproximado de un sistema de mesa divisora es de \$450, según la precisión de trabajo deseada.

Beneficios

Según el número de operaciones, la producción puede aumentarse en un factor de cinco. Además, los productos serán uniformes.

M. Encoladora

La figura 96 ilustra un sistema automático de encolado. Merced a un depósito y un cilindro A, el operario recibe piezas de madera cada vez que acciona una válvula de 5 orificios, 2 posiciones, accionada con el pie y de retroceso por muelle. Mientras el operario recibe la madera, se abre la válvula G, que hace que fluya cola del tanque a la madera. Este sistema permite aplicar uniformemente la cantidad correcta de cola a la pieza trabajada, lo cual se logra regulando la velocidad de alimentación y seleccionando el diámetro de la boquilla de la cola.

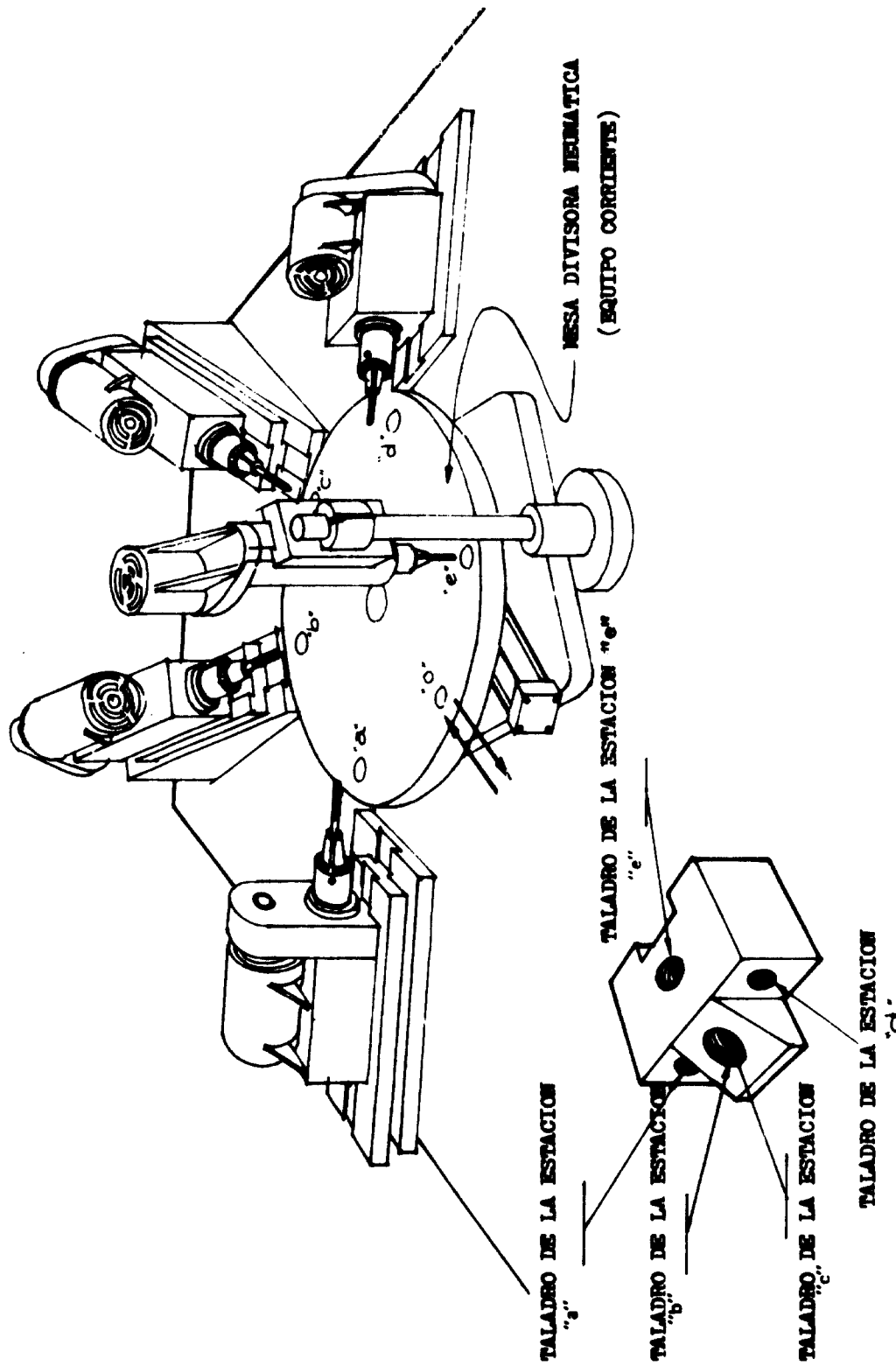


Figure 95a. Mesa divisora: diagrama gráfico

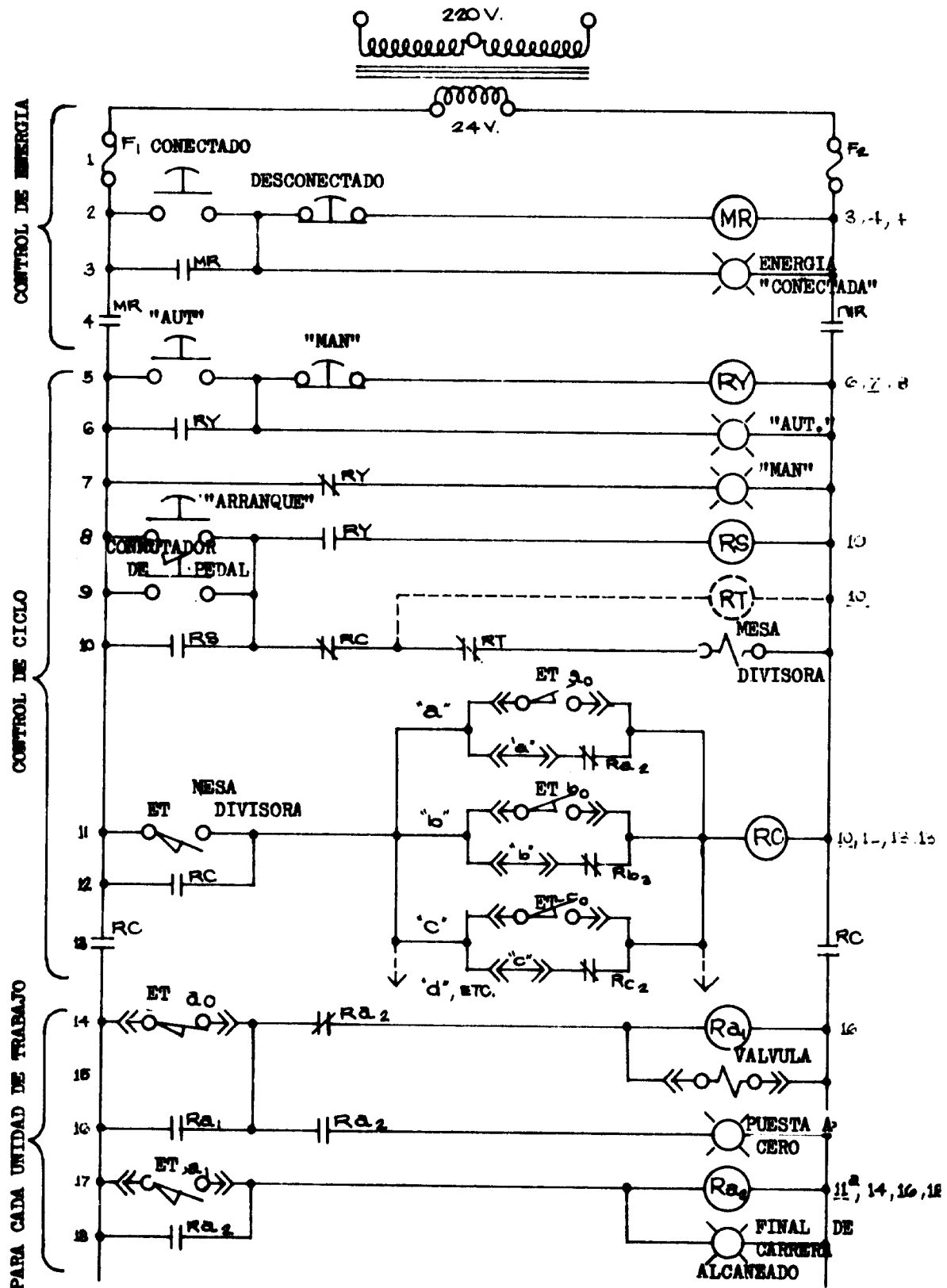


Figura 95b. Mesa divisora: circuito típico

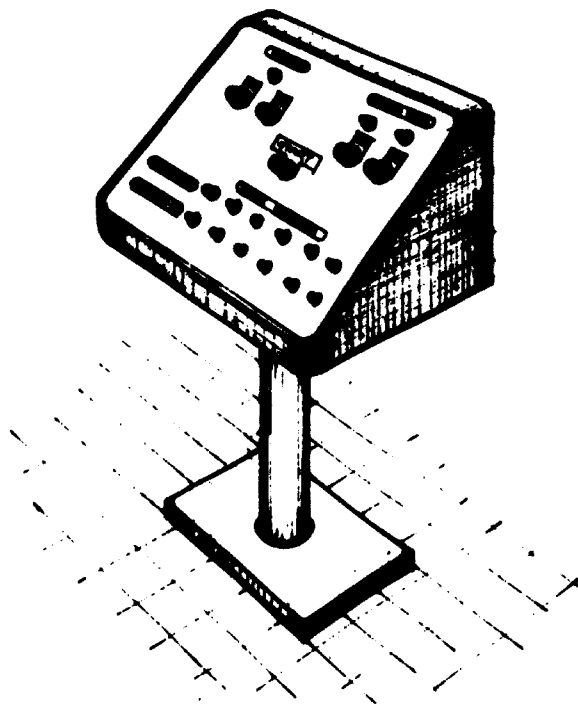
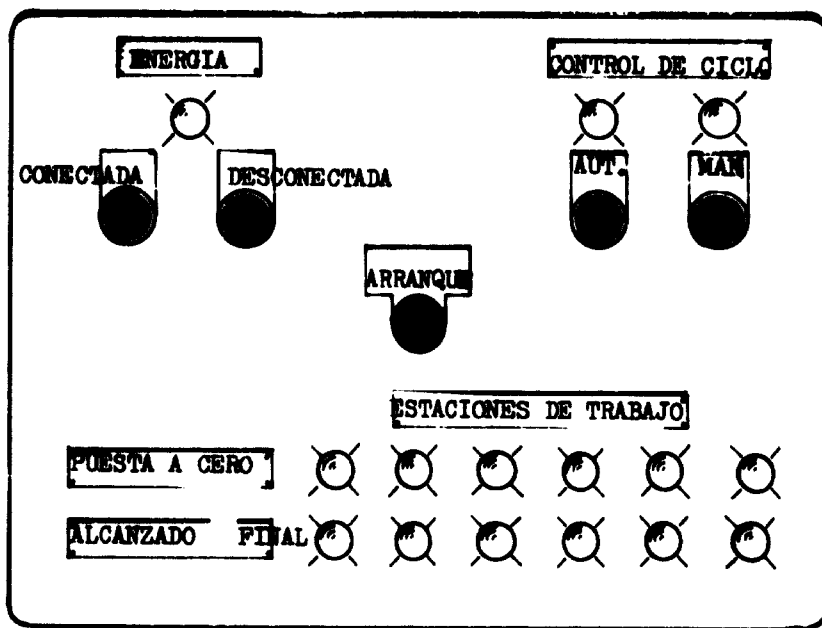


Figura 95c. Mesa divisora: consola de mando típica

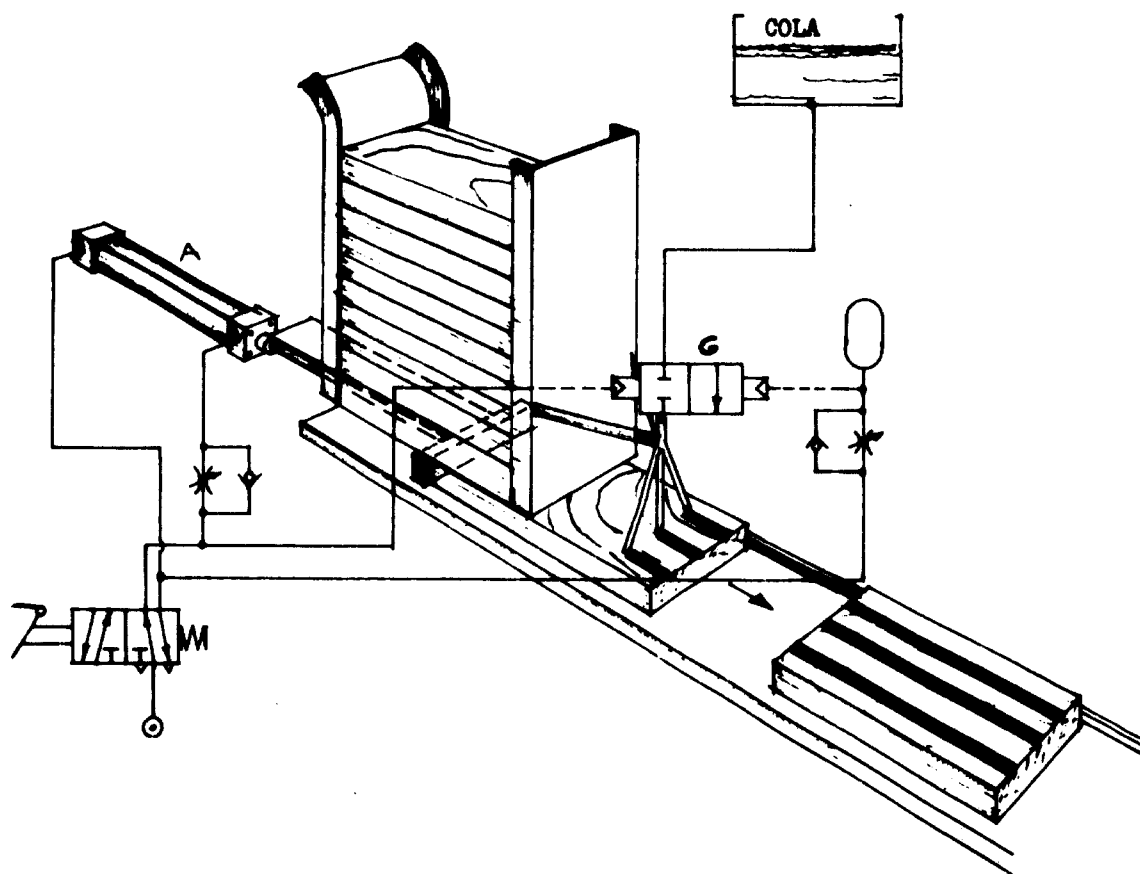


Figura 96. Encoladora

Costo de inversión

Costo de los componentes, unos \$70.

Beneficios

Una empresa que adaptó el sistema economizó \$1.800 al año solamente en cola. Además, el costo de la mano de obra se redujo hasta en \$1.300 anuales. En consecuencia, la empresa aumentó su competitividad y pudo pensar en una expansión.

N. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas

En cierta fábrica, una de las operaciones que creaban más problemas en la fabricación de cajas para bebidas era la construcción de las particiones (compartimentos). Llevaba demasiado tiempo, era insegura y el control de calidad resultaba difícil. Las particiones se ranuraban en tres puntos, con una profundidad determinada de antemano, haciéndolas avanzar contra tres sierras paralelas, hasta cierta distancia.

Las figuras 97a y 97c muestran la solución ABC. La pila de particiones por ranurar se colocaba en un depósito, de donde las piezas se alimentaban automáticamente a las hojas de las sierras en posición vertical.

Costo de inversión

Costo total del proyecto, \$600.

Beneficios

Merced al nuevo sistema se incrementó la producción en un 500% y se mejoró considerablemente la calidad. Un beneficio más fue que el aumento de capacidad hizo posible negociar un contrato para la exportación de los componentes.

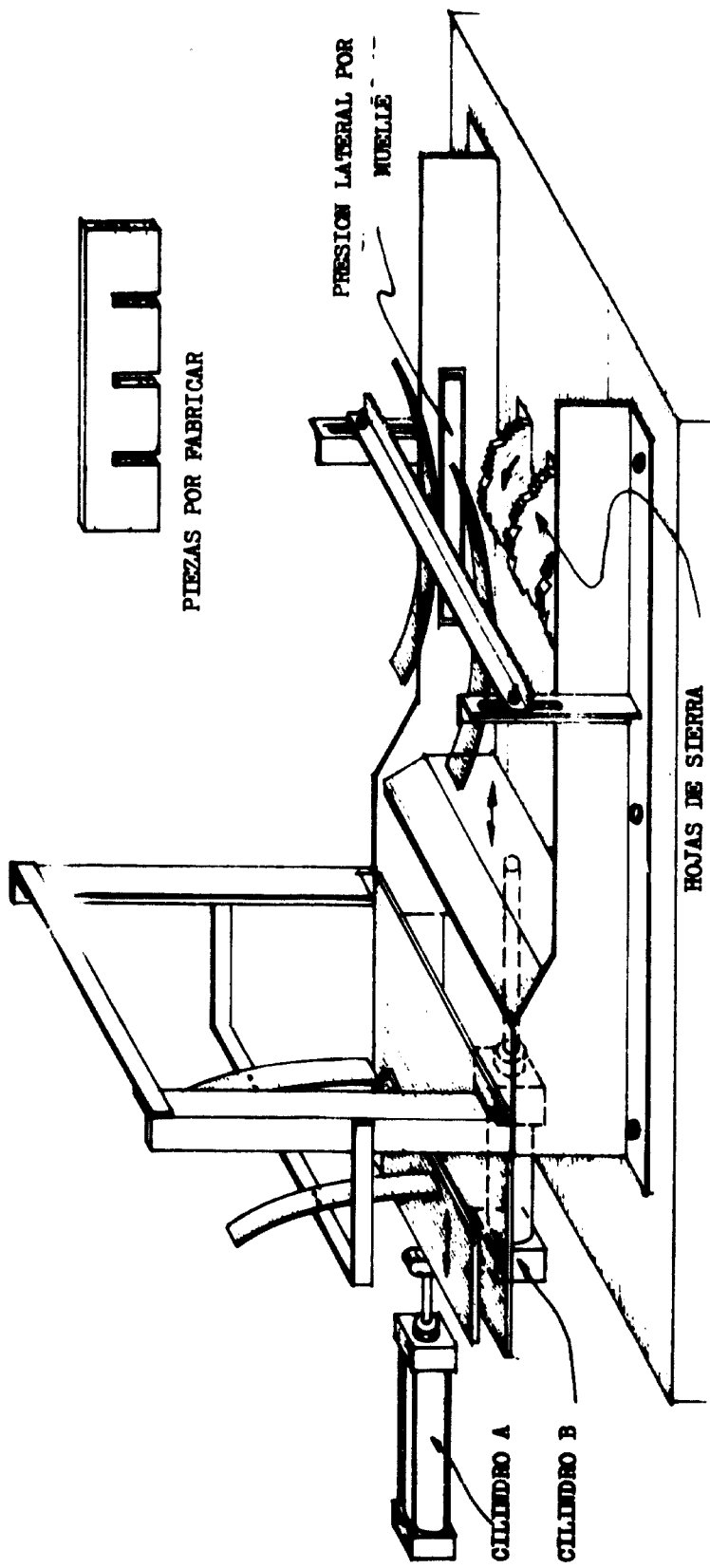


Figure 97a. Esquema de particiones para cajas de bebidas:
vista de conjunto

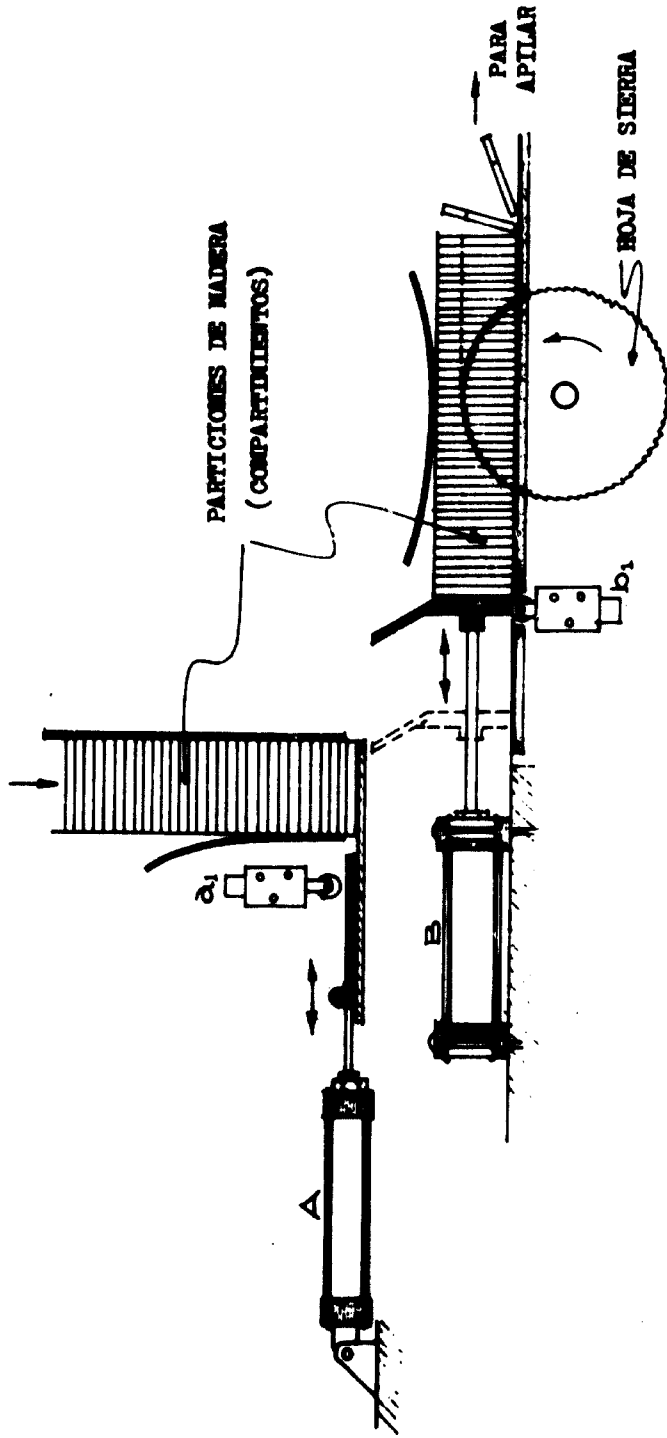


DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS

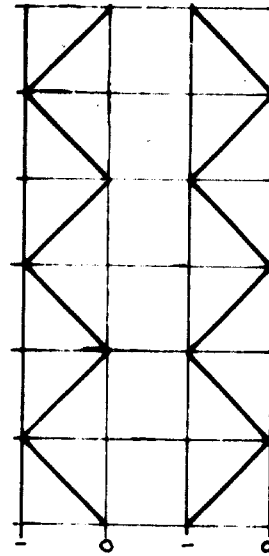


Figure 97b. Ramradora de particiones para cajas de bebidas
vista lateral y diagrama de movimientos

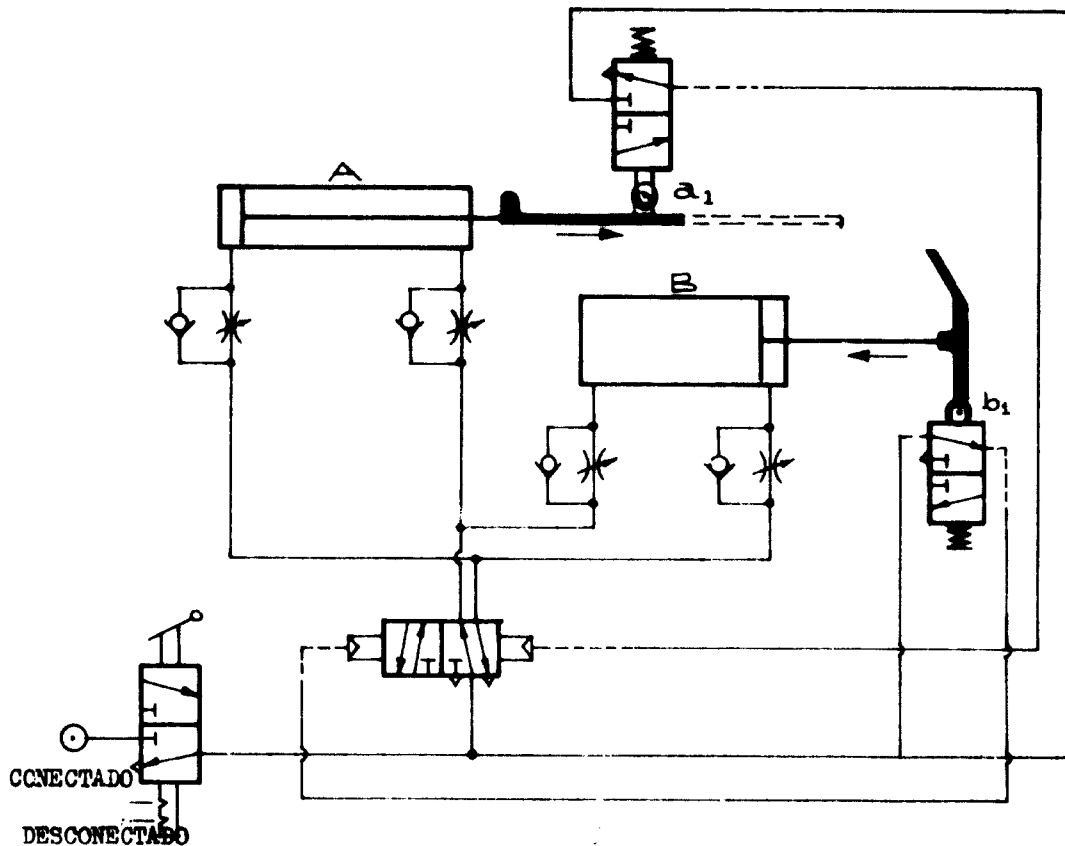


Figura 97c. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas
esquema de circuito neumático

0. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión

Las figuras 98a-98c muestran una máquina ABC empleada por un fabricante de cajas para receptores de radio y televisión para ejecutar la dificultosa operación de ranurar pantallas acústicas de alta voz en madera terciada. Anteriormente, el ranurado se practicaba haciendo pasar el panel de madera terciada por una tupí provista de una guía de madera en el borde para asegurar la rectitud de las ranuras. Muchas de las piezas terminadas tenían que rechazarse.

En la solución ABC, las ranuras se practican con una sierra mecánica que avanza a través de la madera impulsada por el cilindro B. El cilindro oleoneumático A hace pasar la madera terciada, con toda precisión, por las sucesivas operaciones de ranurado. Para conseguir un posicionado exacto de las ranuras, es necesario emplear un sistema olsonumático (con un sistema puramente neumático no se lograría el mismo resultado). La posición de los interruptores de final de carrera determina la de las ranuras. Además, según el número de ranuras que se desee, pueden agregarse al circuito más de estos interruptores, con sus correspondientes relés.

Costo de inversión

Costo total del proyecto, \$800.

Beneficios

Con esta solución ABC, se aumentó la capacidad de la planta en un 250%, y el número de piezas rechazadas quedó reducido a una cantidad insignificante, lo que supuso una economía de \$4.000 al año. Y, lo que fue más importante, pudo reducirse el número de operarios calificados contratados para la operación.

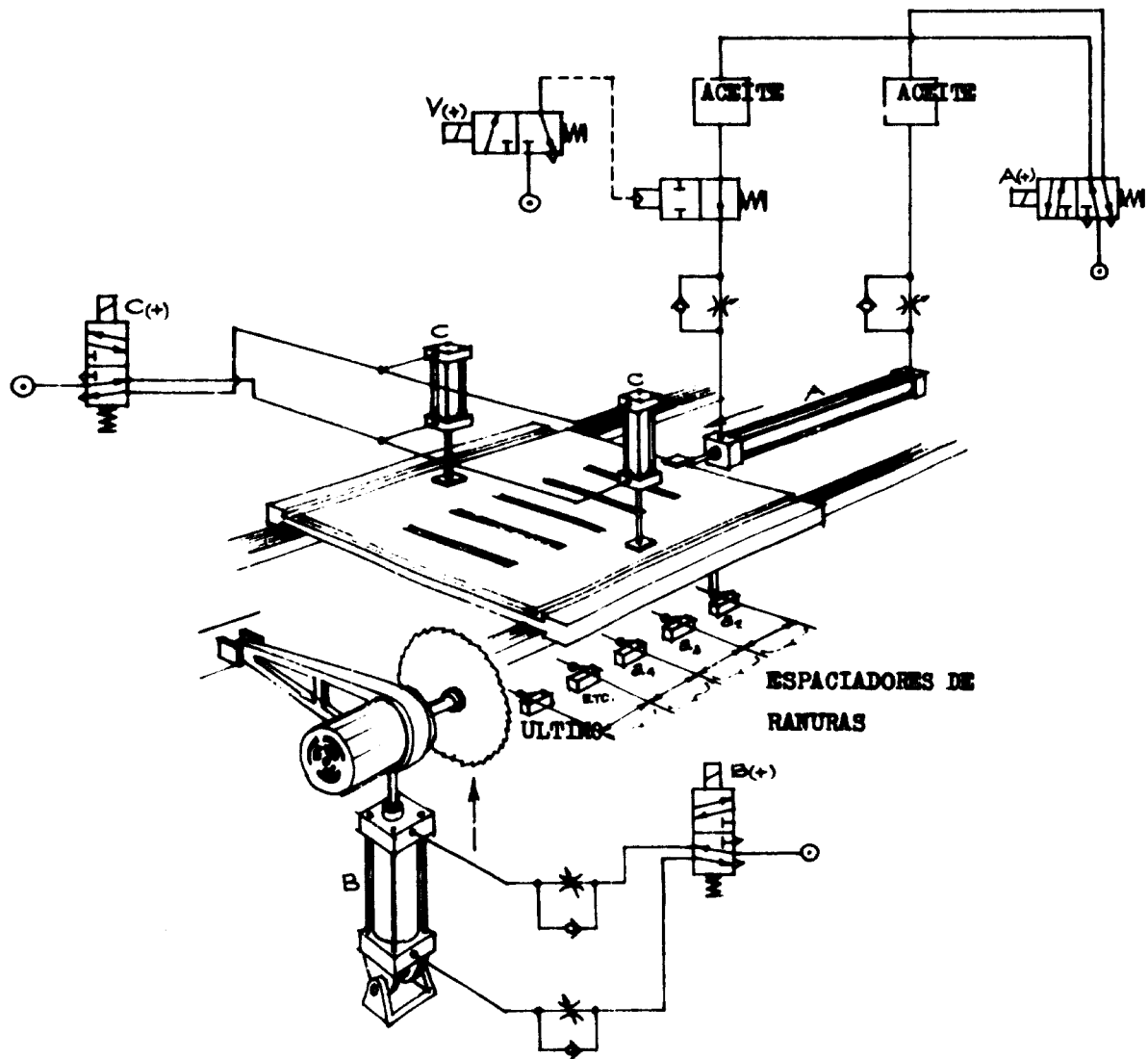


Figura 98a. Ranuradora de las cajas para receptores de radio y televisión:
diagrama gráfico.

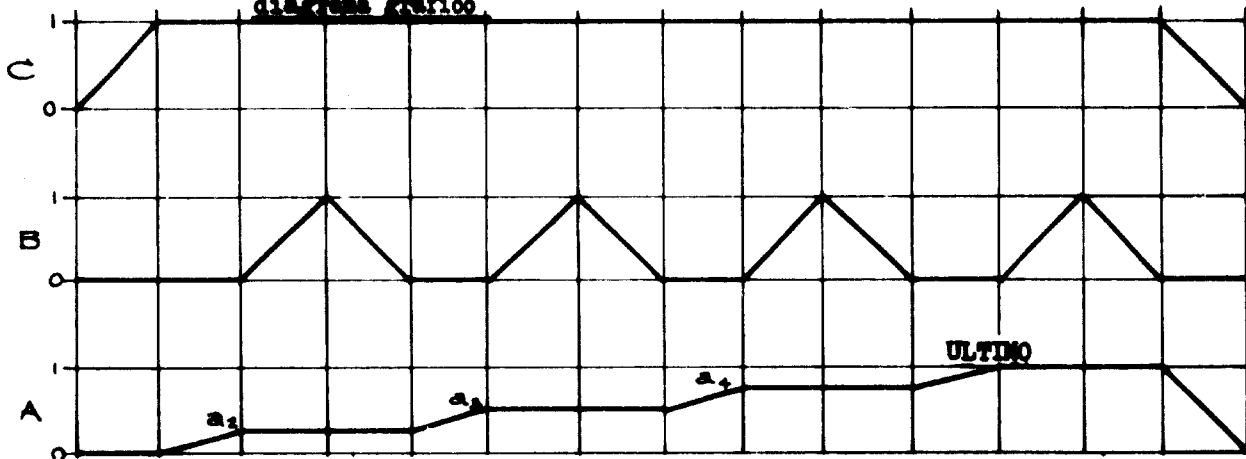


Figura 98b. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión:
diagrama de tiempos y movimientos

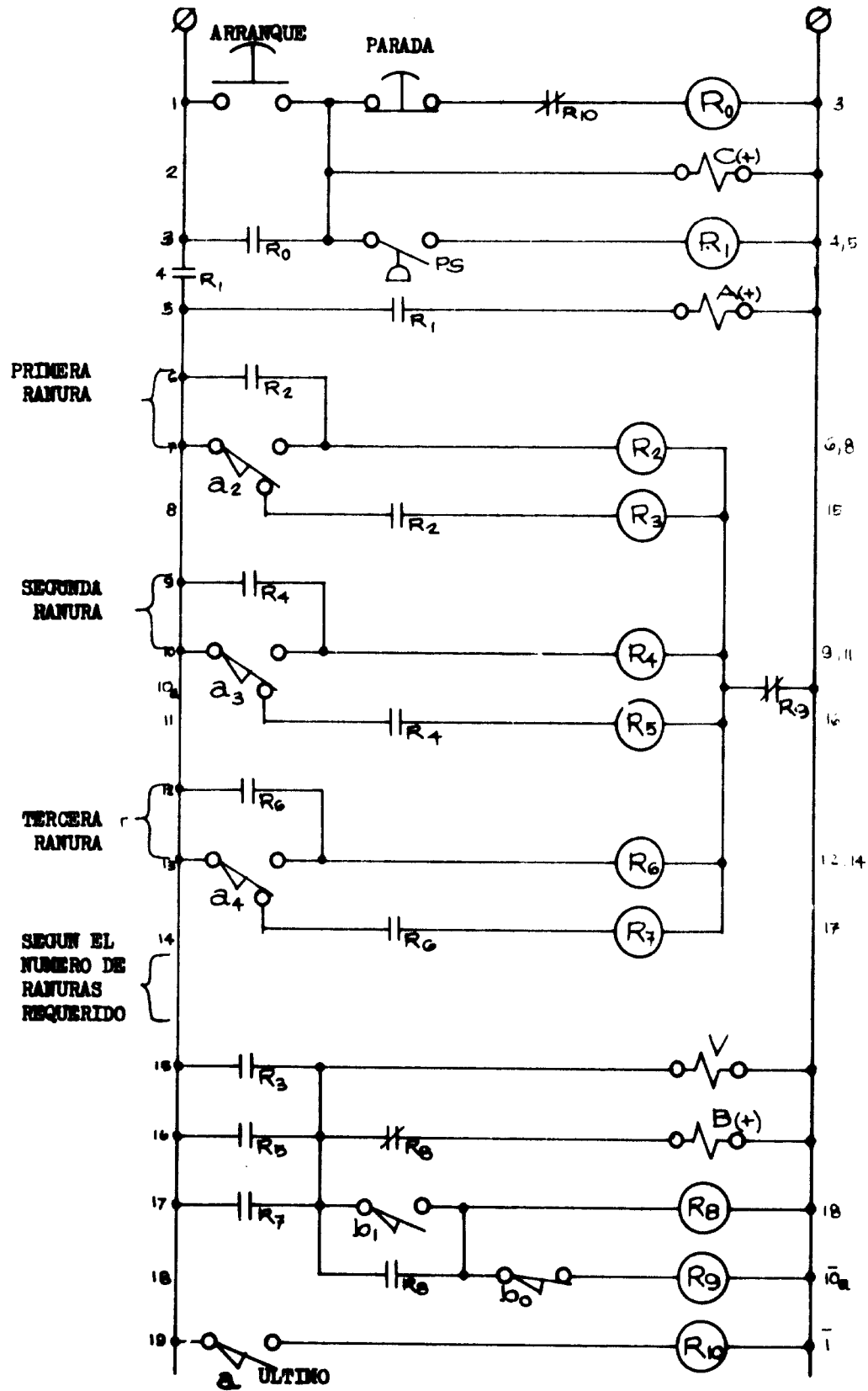


Figura 98c. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión: circuito eléctrico

P. Selector de espesores

A veces se le plantea a un fabricante el problema de seleccionar piezas cortas de madera para la fabricación de un producto determinado. Por ejemplo, un taller que fabricaba sillas plegables de bajo costo con recortes de madera experimentaba dificultades en seleccionar las piezas del espesor requerido para las sillas. La selección a mano llevaba demasiado tiempo y no ofrecía el grado suficiente de precisión.

Las figuras 99a y 99b muestran un selector de espesores automatizado que permitió resolver el problema. Una vez ajustada la válvula H al espesor requerido, el cilindro A expulsa las piezas relativamente gruesas y deja pasar las de menor espesor.

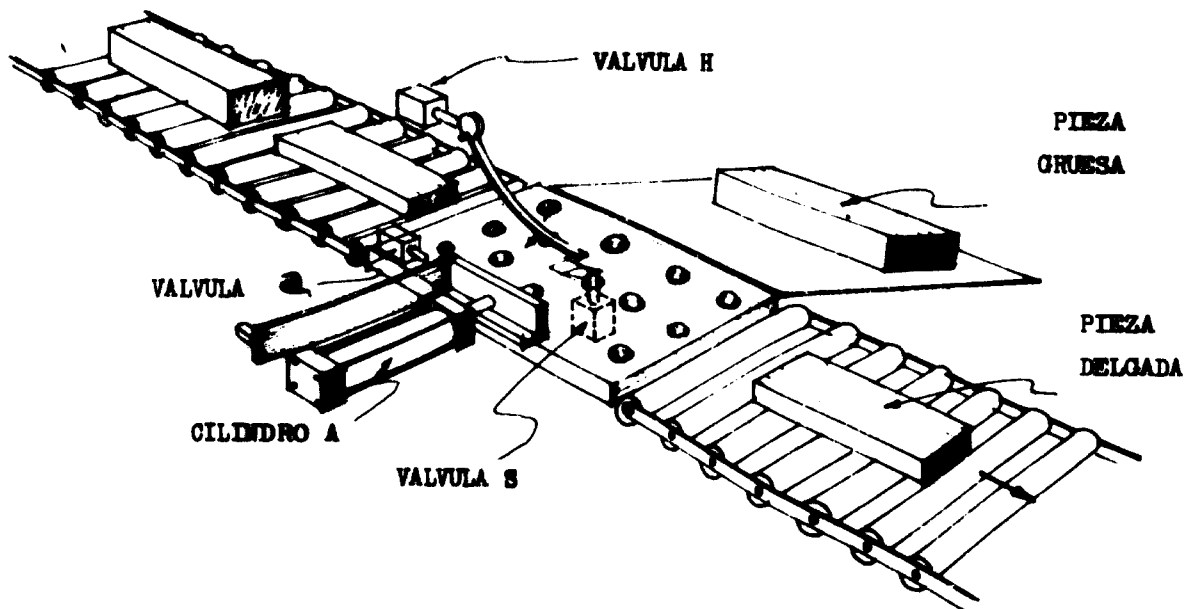


Figura 99a Selector de espesores: vista de conjunto

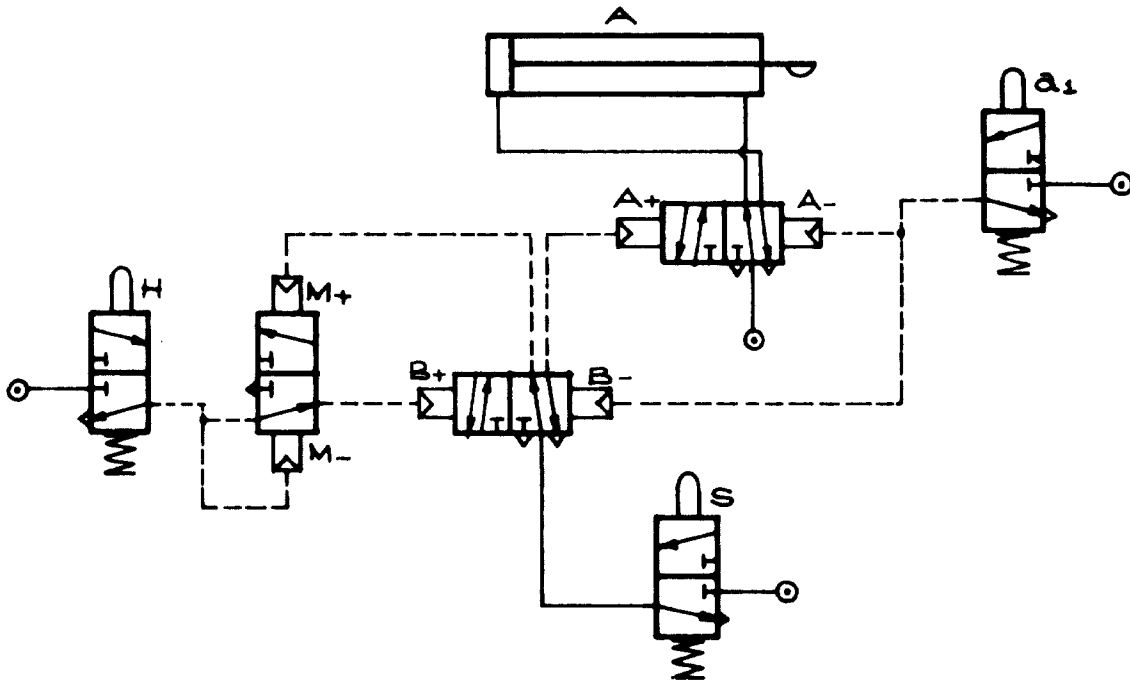


Figura 99b. Selector de espesores: circuito neumático

Costo de inversión

Los componentes neumáticos costaron \$80, las cintas transportadoras de rodillos, nada.

Beneficios

La selección de la madera se aceleró en un 200% y resultó más precisa.

Q. Máquina recaladora

En la producción de persianas, deben recalarse los extremos de las láminas de madera para facilitar su penetración en las mortajas correspondientes. Cuando esta operación se hace a mano, con herramientas cortantes de tipo de ouña, el recalado puede presentar los siguientes defectos:

- a) Rotura de una parte del recalado al introducirse en la mortaja;
- b) Salida forzada de cola durante el montaje, que afea el aspecto del trabajo y requiere una operación suplementaria de limpieza.

Merced a la solución ABC ilustrada en las figuras 100a-100b, puede realizarse un recalado correcto y de mejor calidad a una velocidad relativamente mayor.

Como puede verse, las láminas de madera para las persianas son alimentadas desde un almacén por medio del cilindro A. Una vez posicionadas, se presionan los troqueles contra ambos extremos de las láminas con los cilindros B y B', después del cual el cilindro C sujeta las láminas de modo que los troqueles puedan retirarse debidamente.

El costo del proyecto es de unos \$700, suma que puede recuperarse en cinco meses.

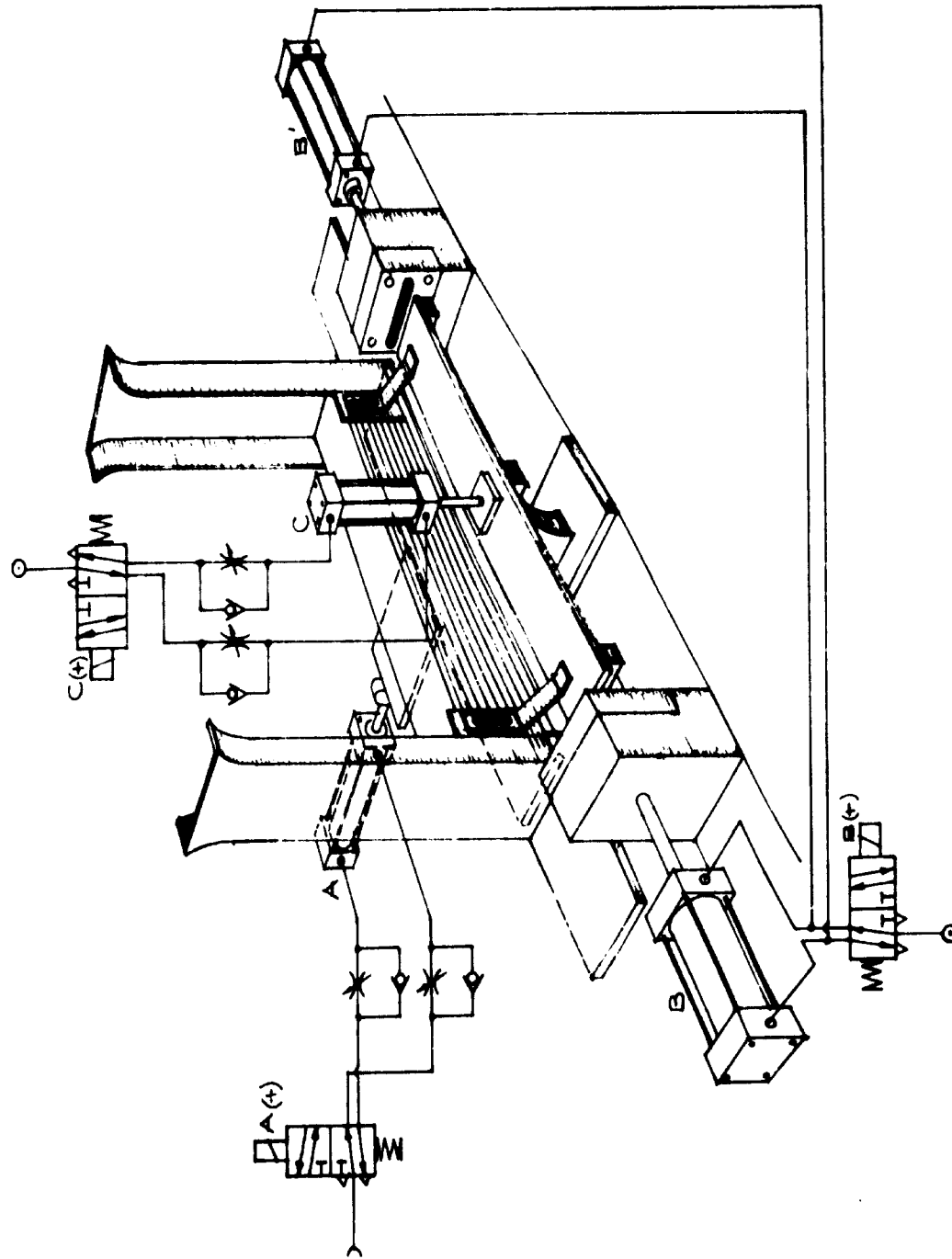
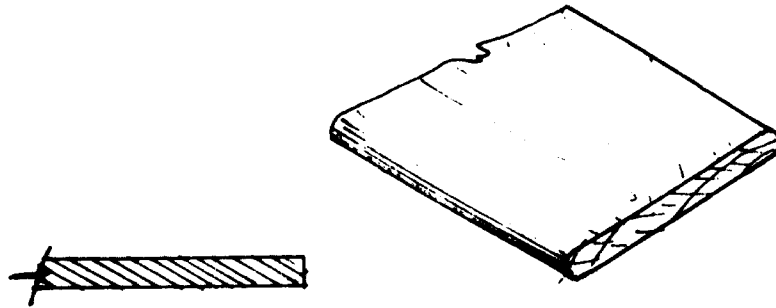
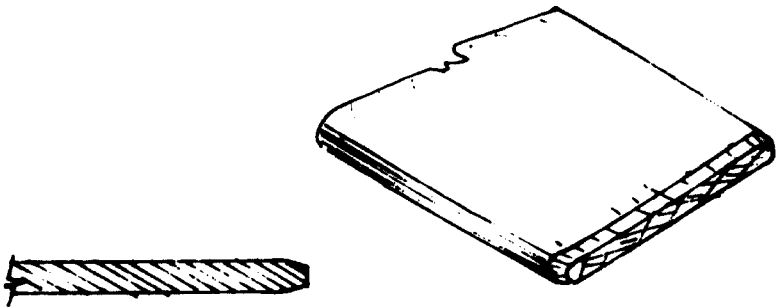


Figura 100a. Máquina recalca-barras - vista da conjunto



A



B

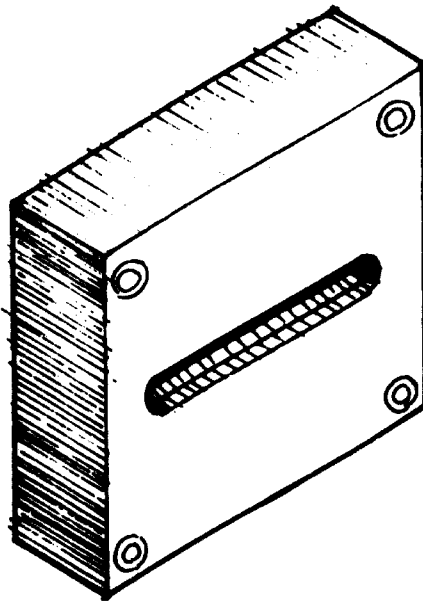


Figure 100b. Máquina recalcadora: troquel

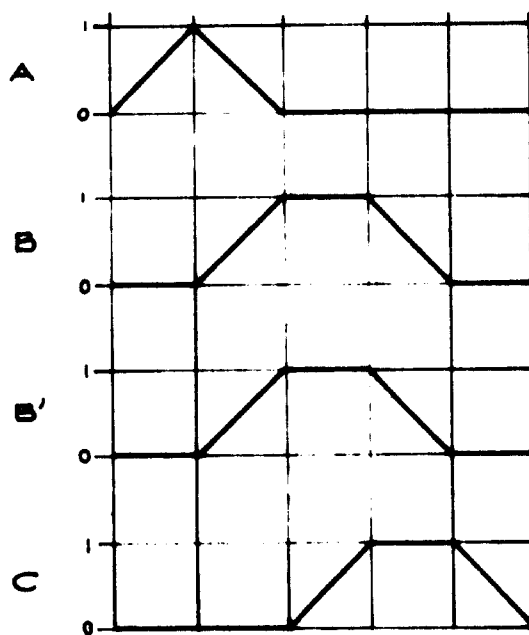


Figura 100c. Máquina recalculadora: diagrama de tiempos y movimientos

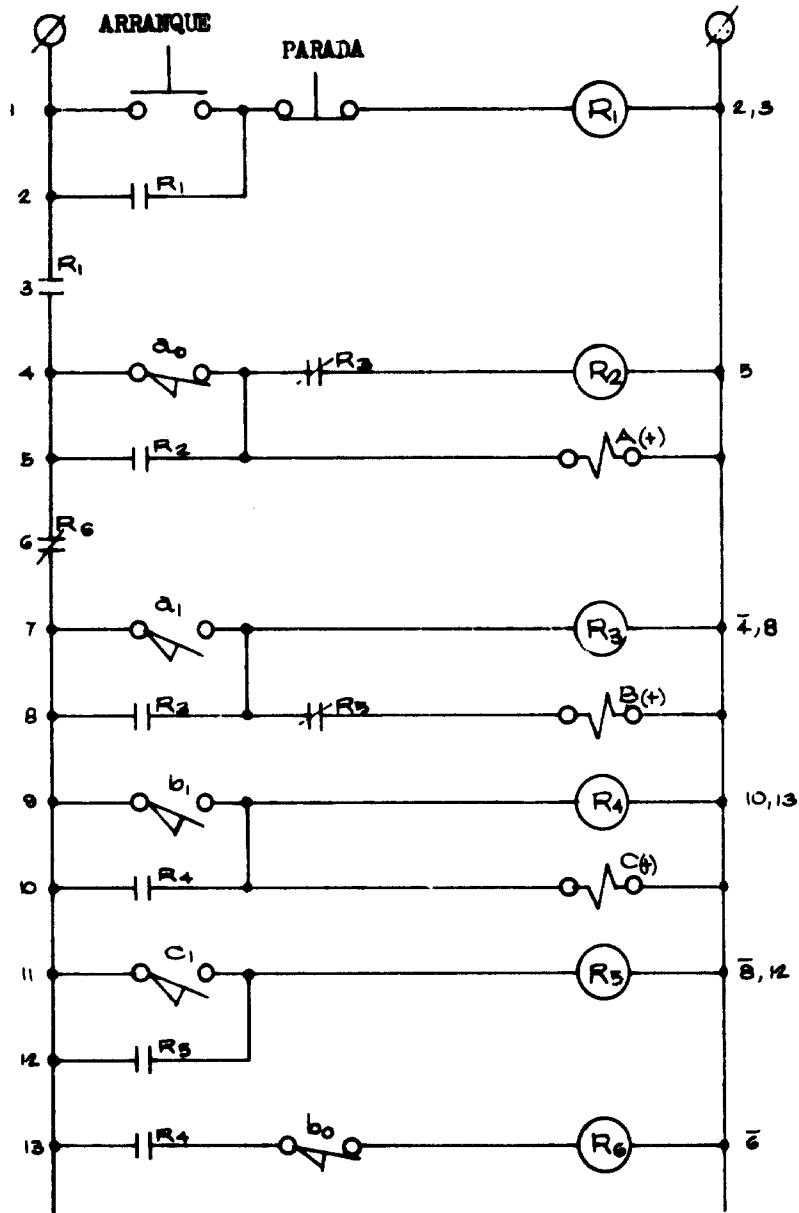


Figure 100d. Máquina recaladora: circuito eléctrico

R. Transportadora de retorno

Normalmente hacen falta dos operarios para un cepillo regruesador. Uno alimenta la máquina y el otro recoge las piezas mecanizadas y las hace volver al primero para su realimentación a la regruesadora. Esto es un ejemplo de mal aprovechamiento de la mano de obra. Incorporando al sistema un transportador de avance y retorno y un cilindro neumático, puede simplificarse el retorno de las piezas mecanizadas, de modo que un solo operario pueda efectuar la operación completa. (Véase figura 101.) Las piezas que van saliendo de la regruesadora (o máquina similar) son tomadas por la correa transportadora de salida. En ésta se encuentra una barrera angulada que las precipita sobre la correa transportadora de retorno para ser mecanizadas de nuevo. Un pedal permite accionar la válvula del cilindro de aire, que desplaza la barrera angulada para dejar que las piezas acabadas sigan adelante.

Los componentes neumáticos de este sistema cuestan aproximadamente \$40.

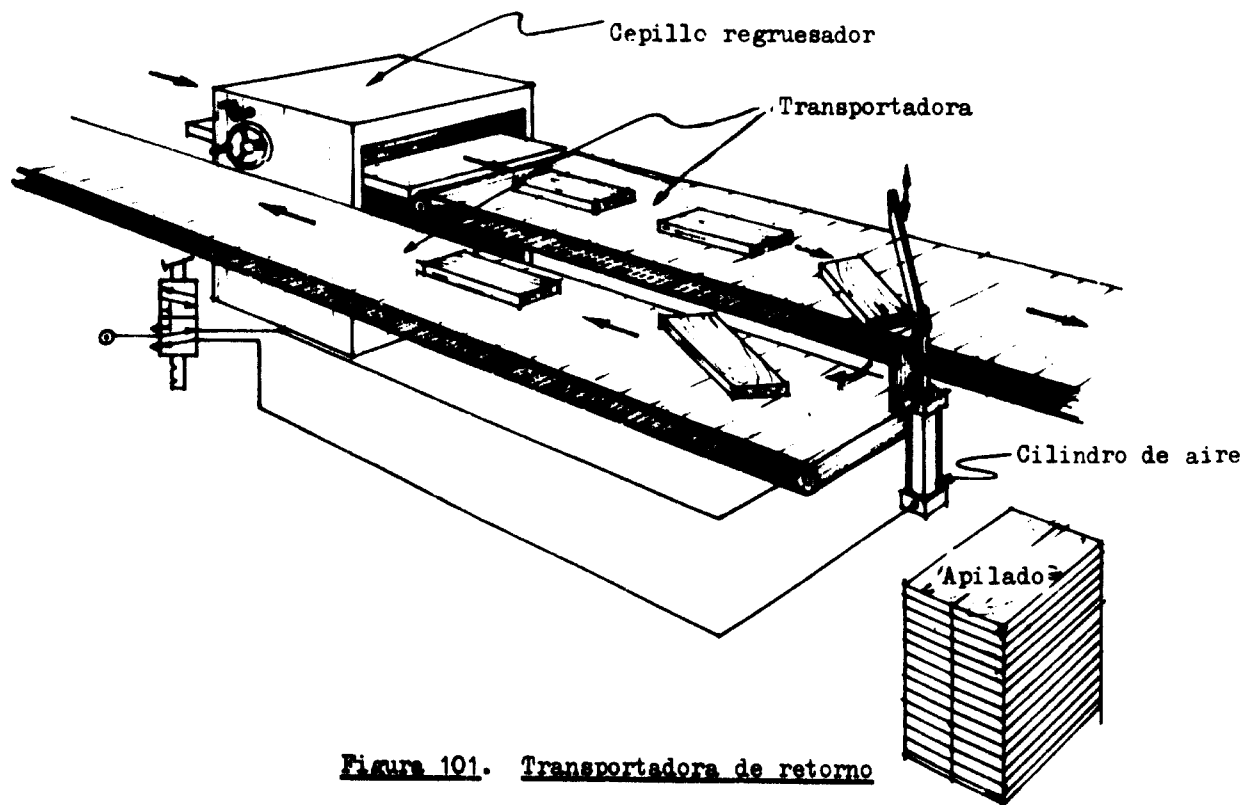


Figura 101. Transportadora de retorno

S. Cepillo de moldurar

El sistema que aparece en la figura 102, puede ser sumamente útil para cortar formas definidas de madera plana, sobre todo para cantidades grandes. Se ajusta sólidamente la pieza sobre el bastidor portapiezas y se coloca éste sobre el plano moldurador. Para accionar el cilindro de aire, la rueda dentada desplaza el bastidor portapiezas, actuando de guía el cilindro de aire. La forma que el cepillo recorta está determinada por la de la cadena del bastidor.

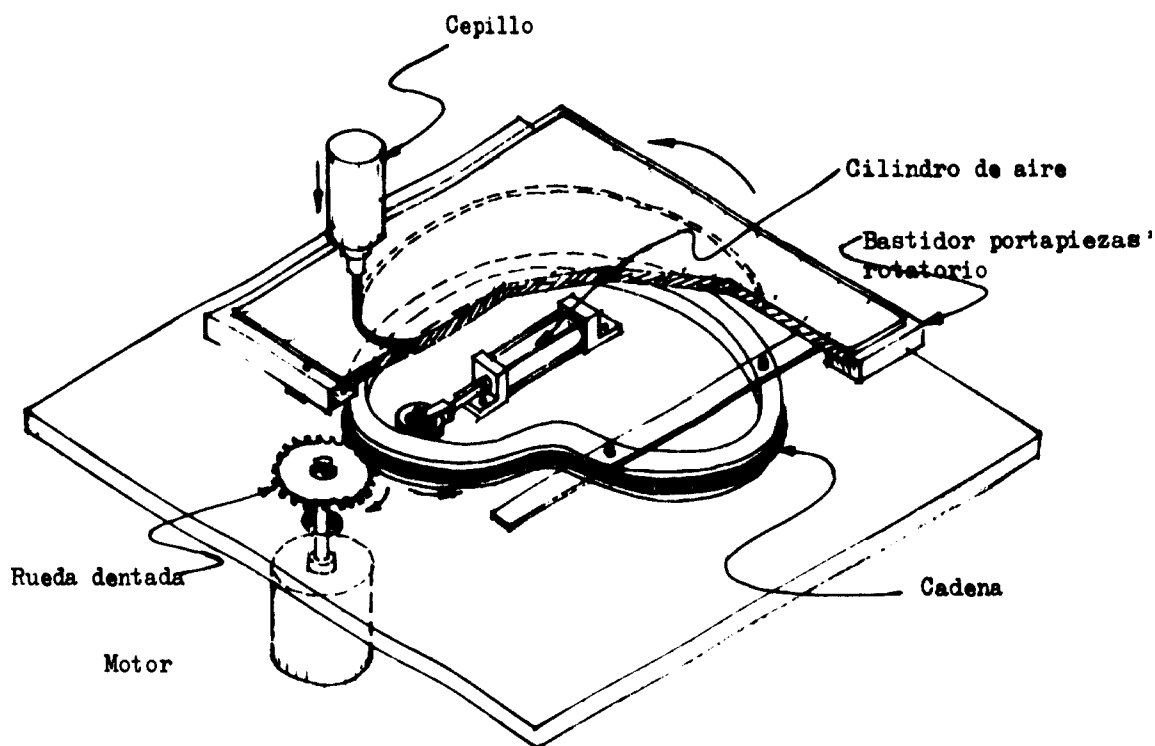


Figura 102. Cepillo moldurador

Corto de inversión

Los componentes ABC cuestan aproximadamente \$180.

Beneficios

Con la adopción de este sistema cabe esperar un aumento de la producción de un 400% y una calidad uniformemente elevada del producto.

T. Dispositivo de reproducir

Las figuras 103a y 103b ilustran un mecanismo ABC de reproducción, para tornos de madera ordinarios. Puesto que el movimiento de las herramientas ha de ser preciso, se utilizan dispositivos hidráulicos. Esto hace que el sistema resulte bastante caro (\$1.000), por lo que su empleo sólo se justifica para fines muy especiales, y probablemente no para un simple aumento de la productividad.

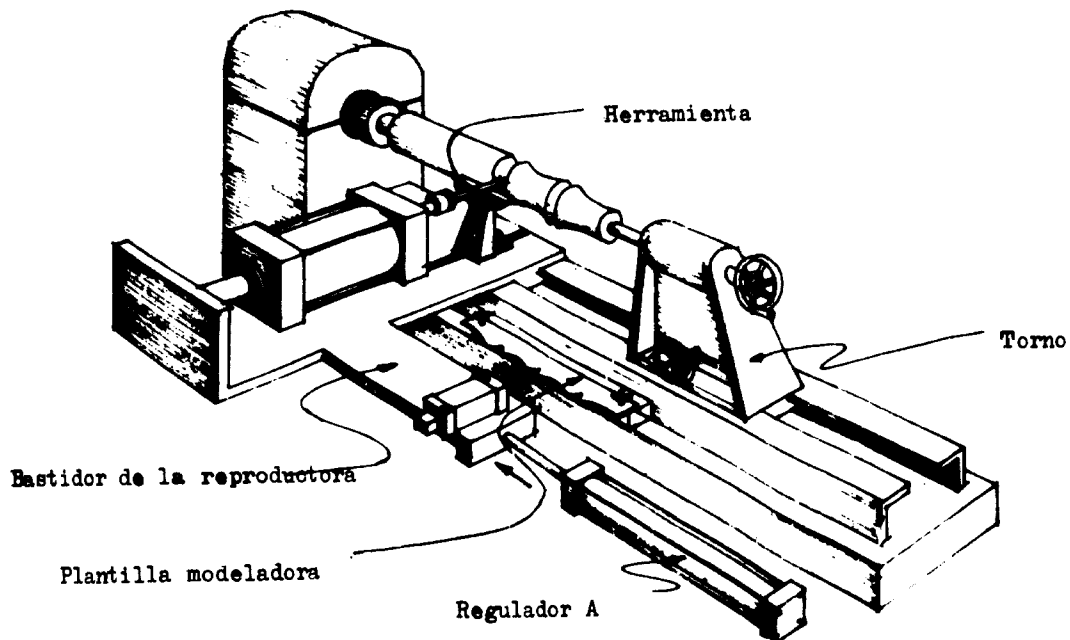


Figura 103a. Dispositivo de reproducir: vista general

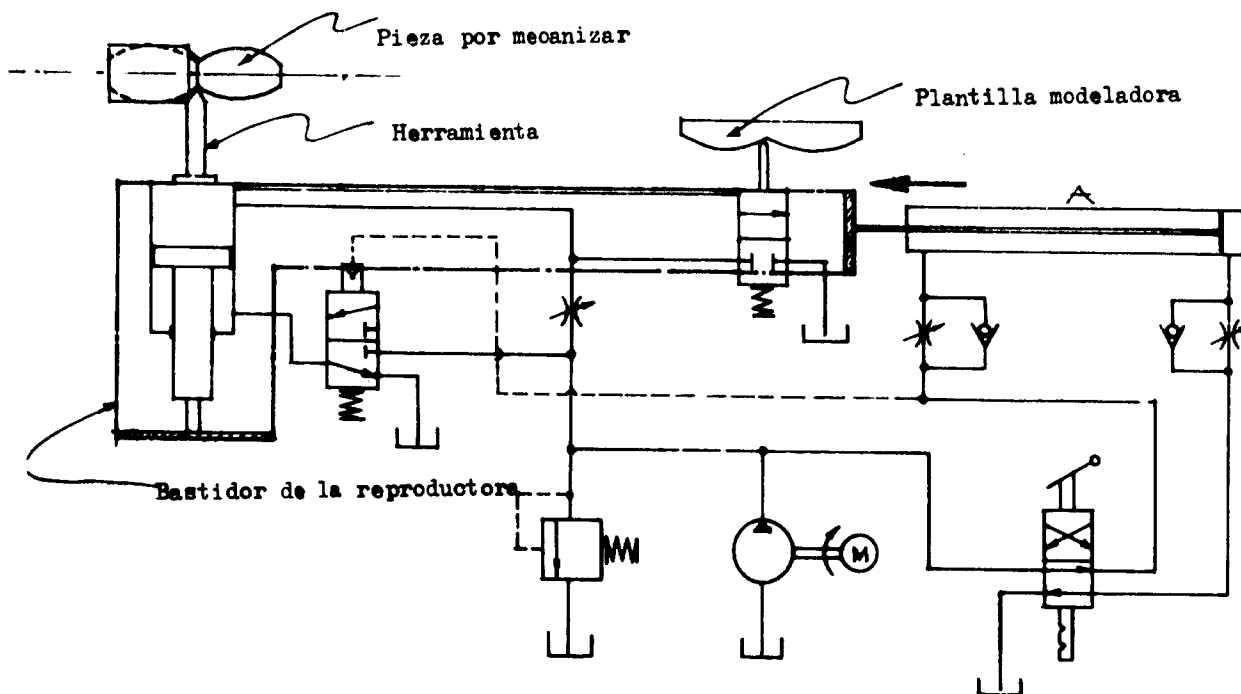




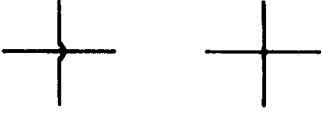



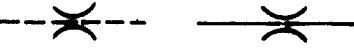





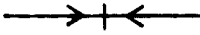
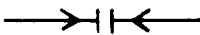
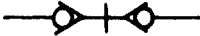
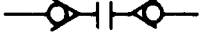
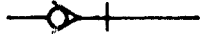
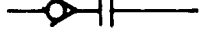
Figura 103b. Dispositivo de reproducir: circuito hidráulico

Anexo I

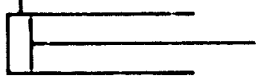
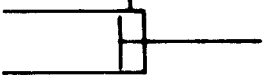


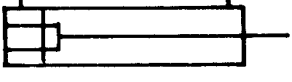
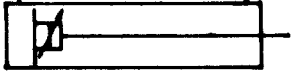
ALGUNOS SIMBOLOS DE CIRCUITO NORMALIZADOS

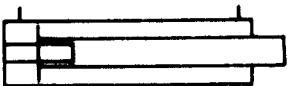



CONDUCCIONES DE FLUIDOS CON SUS CONEXIONES

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Línea continua-conducción principal
	Línea de rayas-conducción auxiliar
	Línea hipotética-conducción de escape o de desagüe
	Línea de punto y raya-perímetro
	Cruce de conducciones-(no necesariamente en ángulo de 90°)
	Encuentro de conducciones-(no necesariamente en ángulo de 90°)
	Sentido de una corriente hidráulica
	Sentido de una corriente gaseosa
	Conducciones con restricción fija
	Conducciones con restricción graduable
	Conducción flexible







SIMBOLO	DESCRIPCION
	Orificio de grifo, punto de verificación, toma de fuerza
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida, sin reguladores
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida con reguladores
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida con un regulador

DISPOSITIVOS MECANICOS LINEALES Y ROTATIVOS

	De impulso y acción simple
	De tracción y acción simple
	De acción doble y vástago de un solo extremo
	De acción doble y vástago de dos extremos
	Con amortiguador, de avance y retroceso
	Con amortiguador regulable, de avance únicamente

SIMBOLO	DESCRIPCION
	De acción doble, vástago grueso con amortiguador, de avance y retroceso.
	Intensificador de presión
	Oscilador hidráulico
	Oscilador neumático

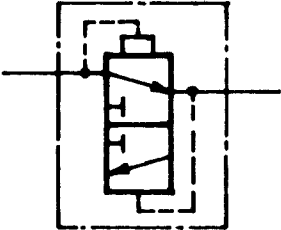
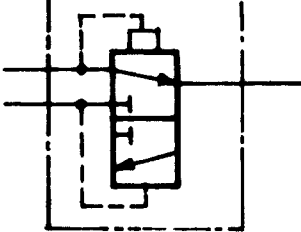
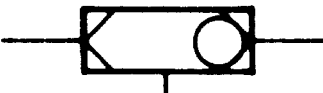
VALVULAS DIRECCIONALES NEUMATICAS

	2/2 dos orificios, dos posiciones
	ABIERTA-CERRADA, simplificada
	3/2 tres orificios, dos posiciones
	4/2 cuatro orificios, dos posiciones
	5/2, cinco orificios; dos posiciones, funciones idénticas a la de cuatro orificios, pudiéndose utilizar el orificio adicional para una función adicional (prej. expulsión de polvo)
	4/3 cuatro orificios, tres posiciones, posición central cerrada






SIMBOLO	DESCRIPCION
	5/3 cinco orificios, tres posiciones, dos orificios abiertos a presión en posición central
	4/3 cuatro orificios, tres posiciones, un orificio abierto para escape en posición central
	Válvula de alivio de presión, símbolo simplificado
	Válvula secuencial
	Válvula reductora de presión





VALVULAS NEUMATICAS AUXILIARES

	Válvula de retención, símbolo compuesto: flujo a la derecha cerrado flujo a la izquierda abierto
	Válvula de retención símbolo simplificado
	Válvula de control de flujo, regulable, con control de flujo a la derecha; sin control de flujo a la izquierda




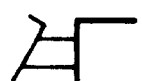
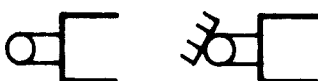

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Válvula de escape rápido
	Válvula de movimiento alternativo
	Válvula de movimiento alternativo (simplificada)

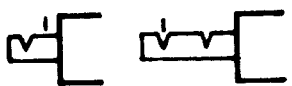

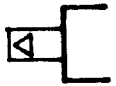
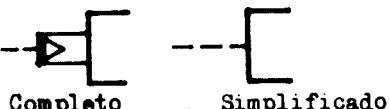
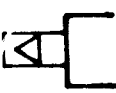
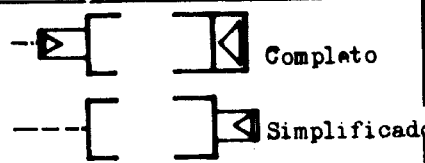
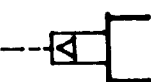

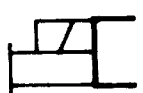
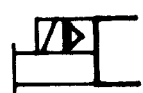

ACONDICIONADORES DE AIRE

	Filtro-purgador
	Separador con purgador manual
	Separador con purgador automático
	Filtro-separador con purgador manual
	Filtro-separador con purgador automático







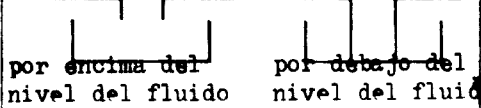
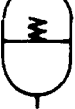



SIMBOLO	DESCRIPCION
	Lubricador, sin purgador
	Lubricador de carga manual
	Lubricador de carga automática
	Combinación de aerolínea F-R-L simplificada (unidad trío)

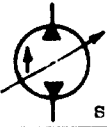

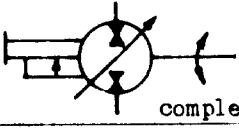


ACCIONADORES DE VALVULA

	Manual, símbolo general
	Botón pulsador
	Palanca
	Pedal
	Mecánico (leva, palanca acodada, etc.)
	Resorte




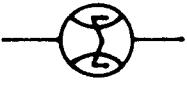

SIMBOLO	DESCRIPCION
	<p>Muecosas de retención (la línea indica la muesca utilizada)</p>
	<p>Solenoides</p>
	<p>Alimentador auxiliar interno</p>
	<p>Alimentador auxiliar remoto</p>
	<p>Escape auxiliar interno</p>
	<p>Diferencial auxiliar</p>
	<p>Escape auxiliar a la atmósfera</p>
	<p><u>I</u> combinación de solenoide y alimentador auxiliar</p>
	<p><u>O</u> combinación de solenoide o dispositivo de intervención manual</p>
	<p><u>Y/O</u> combinación de solenoide y alimentador auxiliar o interventor manual</p>
	<p><u>Y/O</u> combinación de solenoide y alimentador auxiliar o interventor manual y alimentador auxiliar</p>

FUENTE DE ENERGIA

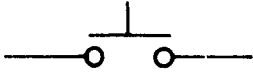
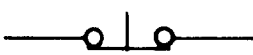



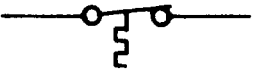


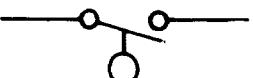

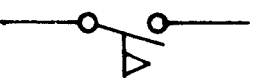
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Compresor, desplazamiento fijo
	Bomba de vacio, desplazamiento fijo
	Compresor, desplazamiento variable
	Receptor
	Acumulador
 <p>ventilado presurizado</p>	Depósito
 <p>por encima del nivel del fluido por debajo del nivel del fluido</p>	Depósito con conductores
	Acumulador, de carga por resorte
	Acumulador, de carga por gas
 <p>completa</p>	Bomba unidireccional, desplazamiento variable, no compensada
 <p>simplificada</p>	Bomba bidireccional, desplazamiento variable, no compensada


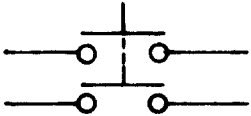


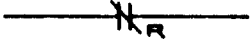



SIMBOLO	DESCRIPCION
 <p>simplificada</p>	Bomba bidireccional, desplazamiento variable, compensada por presión
 <p>simplificado</p>	Motor de bomba unidireccional, desplazamiento fijo, no compensado
 <p>completo</p>	Motor de bomba bidireccional, desplazamiento variable, compensado a presión
	Calentador Introducción de calor indicada por triángulos interiores
	Refrigerador Disipación de calor indicada por triángulos interiores

EQUIPO SUPLEMENTARIO

	Manómetro
	Termómetro
	Medidor de flujo
	Medidor de flujo de integración
	Interruptor neumático

INTERRUPTORES ELECTRICOS

SIMBOLO	DESCRIPCION
	<p>Interruptor de pulsador, normalmente abierto (NA)</p>
	<p>Interruptor de pulsador, normalmente cerrado (NC)</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, por leva NA</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, por leva NC</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, térmico NA</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, térmico NC</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, neumático NA</p>
	<p>Interruptor de fin de carrera, neumático NC</p>
	<p>Interruptor por flotador, NA</p>
	<p>Interruptor por flotador, NC</p>
	<p>Interruptor por flujo, NA</p>

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Interruptor por flujo, NC
	Interruptor de pulsador bipolar, unidireccional, NA
	Bobina de relé
	Contactos de relé, NA
	Contactos de relé, NC
	Relé de temporizador
	Contactos accionados por temporizador, NA
	Contactos accionados por temporizador, NC

Anexo II

PRECIOS APROXIMADOS DE ALGUNOS COMPONENTES NEUMATICOS

En la siguiente lista pueden verse los precios medios redondeados cobrados por distintos proveedores de los Países Bajos, del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y de la República Federal de Alemania en 1973. Se trata de simples aproximaciones, puesto que los precios varían no sólo según el tiempo, sino también de un proveedor a otro y según el tipo de fabricación (los componentes de mayor resistencia o de mayor precisión resultan más caros). Estos precios servirán, sin embargo, para comparar precios entre distintos componentes o entre distintos tamaños de un mismo componente.

Válvulas de control

	<u>Tamaño del orificio (pulgadas)</u>	<u>Precio (dólares EE.UU.)</u>
<u>5-orificios, 2-posiciones</u>		
Accionador de pulsador y retorno de resorte	1/8	10,50
	1/4	15,20
Accionador de palanca y retorno de resorte	1/8	11,00
	1/4	17,00
Accionador de pedal y retorno de resorte	1/8	11,20
	1/4	17,10
	1/2	34,80
Posicionador de muesca (impulso-tracción)	1/8	10,50
	1/4	15,20
	1/2	28,00
Accionador neumático y retorno de resorte	1/8	9,20
	1/4	15,10
	1/2	30,20
	3/4	48,00

Válvulas de control

	Tamaño del orificio (pulgadas)	Precio (dólares) EE.UU.)
Accionador y retorno neumáticos	1/8	9,00
	1/4	15,00
	1/2	30,00
	3/4	47,60
Accionador de solenoide y retorno de resorte	1/8	15,20
	1/4	25,45
	1/2	39,40
	3/4	47,95
Accionador y retorno de solenoide	1/8	30,20
	1/4	35,45
	1/2	52,50
<u>5-orificios. 3-posiciones</u>	1/8	10,50
	1/4	17,75
	1/2	35,45
<u>3-orificios. 2-posiciones</u>		
Accionador de pulsador y retorno de resorte	1/8	7,25
	1/4	11,90
	1/2	21,70
Accionador de palanca (leva) y retorno de resorte	1/8	8,55
Posicionador de muesca (impulso-tracción)	1/8	8,55
	1/4	12,50
	1/2	23,00
Accionador neumático y retorno de resorte	1/8	7,30
	1/4	12,50
	1/2	20,00
Accionador y retorno neumáticos	1/8	7,30
	1/4	13,20
	1/2	22,35

Válvulas de control

	<u>Tamaño del orificio (pulgadas)</u>	<u>Precio (dólares EE.UU.)</u>
Accionador de solenoide y retorno de resorte	1/8	18,40
	1/4	24,30
	1/2	34,15
Accionador y retorno de solenoide	1/8	23,00
	1/4	34,80
	1/2	44,90

Reguladores de aire

	<u>Tamaño (pulgadas)</u>	<u>Precio (dólares EE.UU.)</u>
<u>Regulador de aire unidireccional</u>	1/8	2,50
	1/4	3,55
	1/2	7,25
	3/4	16,55
<u>Válvula sin retroceso (de retención de bola)</u>	1/8	1,45
	1/4	2,00
	1/2	2,80
	3/4	5,95
<u>Válvula de movimiento alternativo</u>	1/8	2,10
	1/4	2,50

Filtro-regulador de presión-lubricador (unidades trio)

	<u>Tamaño (pulgadas)</u>	<u>Precio (dólares EE.UU.)</u>
	1/2	50,00
	3/4	70,00

Cilindros de aire

	Tamaño (pulgadas)		Precio (dólares EE.UU.)
	Calibre	Carrera	
<u>De acción simple</u>	3/4	1	3,30
	3/4	2	3,70
	1-1/4	1-1/4	5,00
	1-1/4	2-1/4	5,25
	1-3/4	2	8,30
	2-1/2	2	11,05
<u>De acción doble (sin amortiguador)</u>	1-1/4	1-1/2	5,00
	1-1/4	3	5,25
	1-1/4	4-1/2	5,65
	1-1/4	6	5,95
	2-1/2	3	9,95
	2-1/2	6	10,90
	2-1/2	9	11,85
	2-1/2	12	12,75
<u>De acción doble (con amortiguador)</u>	1-1/4	1-1/2	5,55
	1-1/4	3	5,80
	1-1/4	4-1/2	6,20
	1-1/4	6	6,45
	2-1/2	3	12,50
	2-1/2	6	13,80
	2-1/2	9	14,85
	2-1/2	12	15,75
<u>De acción doble y gran resistencia</u>	4	4	72,00
	5	4	85,45
	6	4	114,60
	8	4	174,20
	10	4	367,50
	12	4	443,65
<u>Inactivo</u>	Nivel de energía (pulgadas- toneladas a 80 psi)		Precio (dólares EE.UU.)
	1/10		35,45
	1/4		55,15
	1/2		76,15
	1		157,50
2		249,40	

Varios

	<u>Precio</u> (dólares <u>EE.UU.</u>)
<u>Elemento</u>	
Mesa divisoria, rotativa, diámetro 10 pulgadas, con 4, 6, 8, 12 ó 23 estaciones	470

Bibliografía

Atlas Copco Tools. Automatic Systems Group. Automation technique. Estocolmo, 1971.

Compressed air engineering. Estocolmo, 1971. 361 págs.
Caldwell, Samuel H. Switching circuits and logical design. Londres, Wiley, 1958.

Chronis, Nicolas P. Machine Devices and instrumentation; mechanical electrochemical, hydraulic, thermal, pneumatic, pyrotechnica, photoelectric, optical. Nueva York, McGraw Hill, 1966.

Compressed Air and Gas Institute. Compressed air and gas handbook. Nueva York, McGraw Hill, 1973.

Groot, Rijn de. Automation in developing industry. Quezon, (Filipinas), Instituto para la Pequeña Industria, Universidad de Filipinas, 1969. 69 págs.

Hedges, C.S. y R.C. Womack. Industrial fluid power. Dallas, Texas, Womack Machine Supply. 1965. 144 págs. (v. 1).

Industrial fluid power. Dallas, Texas, Womack Machine Supply, 1966. 184 págs. (v. 2).

Fluid power in plant and field. Dallas, Texas, Womack Machine Supply, 1968. 176 págs.

Hydraulics and Pneumatics Limited. Advanced pneumatic circuitry. Wolverhampton, Inglaterra.

Solve your automation problems. Wolverhampton, Inglaterra.

Jordan Controls Inc. Industrial static switching handbook. Milwaukee, Wisconsin. 66 págs.

Paokard, Charles A. Relay engineering. Filadelfia, Struthers-Dunn, 1945.

Santiano, W.J. Low-cost automation electricity. Quezon (Filipinas), Instituto para la Pequeña Industria, Universidad de Filipinas, 1969.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ha publicado los estudios siguientes sobre diversos empleos de la madera:

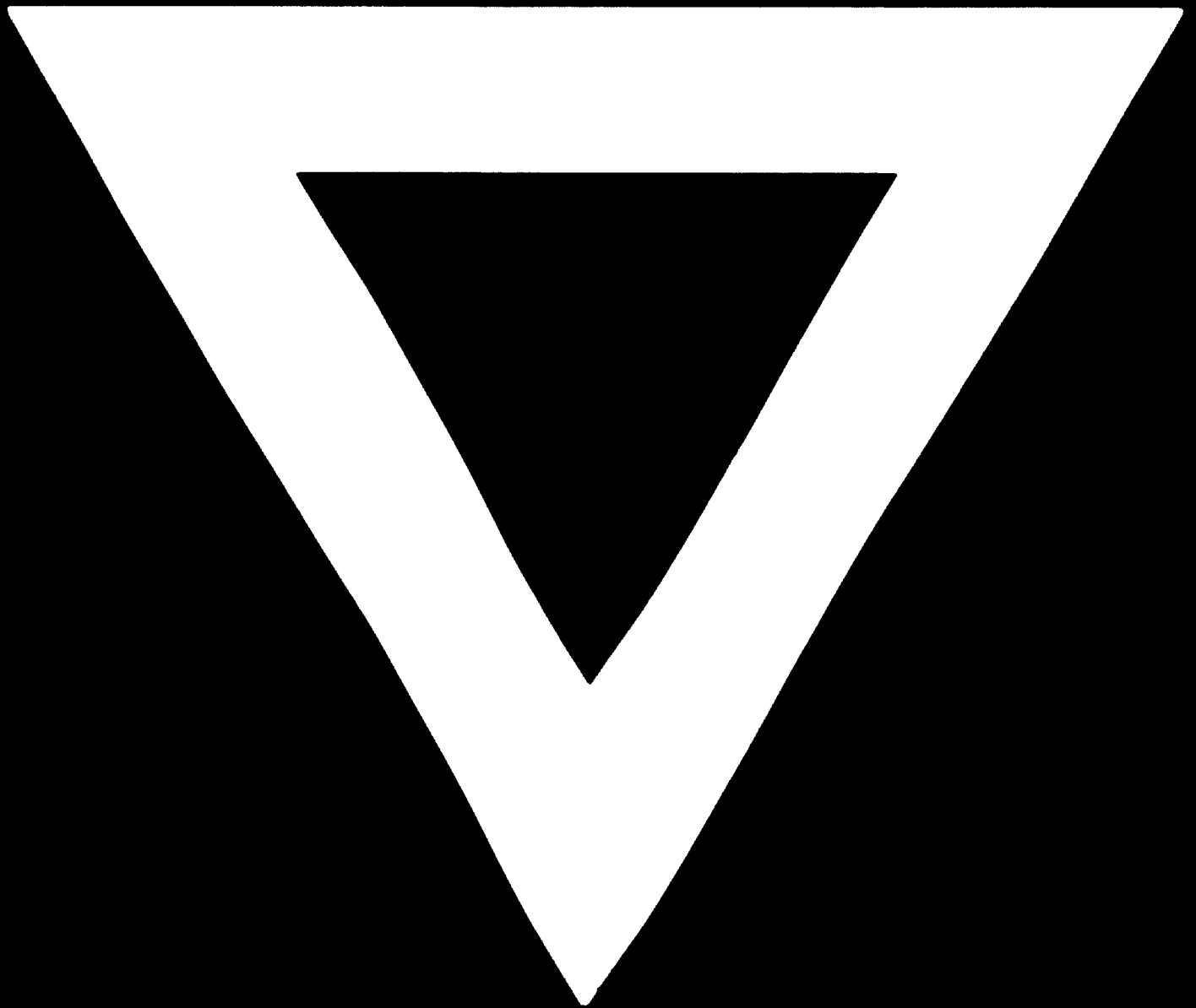
- ID/10 Técnicas para la utilización de la madera como material de construcción de viviendas en los países en desarrollo.
Informe de un Grupo de Estudio, Viena,
17-21 noviembre 1969.
Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta
S.70.II.B.32
- ID/61 Producción de casas de madera prefabricadas
Keijo N.E. Tiusanen
Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta
E.71.II.B.13
- ID/72 Función de la madera como Material de Embalaje en los países en desarrollo
B. Hochart
Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta
S.72.II.B.12
- ID/79 Production of Panels from Agricultural Residues.
Informe de un grupo de trabajo de expertos, Viena,
14-18 diciembre 1970.
Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta
E.72.II.B.4.
- ID/108 Industrias del mueble y de la ebanistería para países en desarrollo
Primera parte: Insumos de materias primas
Segunda parte: Tecnología de elaboración
Tercera parte: Consideraciones sobre gestión
- ID/133 Selección de maquinaria para trabajar la madera.
Informe de una Reunión Técnica, Viena,
19-23 noviembre 1973

UNIDO/LIB/SER.D/4 Gufas de fuentes de información de la ONUDI
núm. 4: Information Sources on the Furniture
and Joinery Industry

UNIDO/LIB/SER.D/9 Gufas de fuentes de información de la ONUDI
núm. 9: Information Sources on Building
Board from Wood and other Fibrous Materials.



C - 280



77 .07.14