

Secretaría de Educación Pública

DIRECCIÓN GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

**"Generación de Aire
Comprimido para Neumática"**

M O N O G R A F I A
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA

P R E S E N T A:

Héctor Domínguez González

H. VERACRUZ, VER.

2001

INDICE

CAPITULO	PAGINA
INTRODUCCIÓN	1
1.- GENERALIDADES	4
1.1.- CARACTERÍSTICAS DEL AIRE	7
1.2.- LEYES DE LOS GASES	7
1.2.1.- Ley de Boyle	8
1.2.2.- Ley de Charles	9
1.2.3.- Leyes Combinadas de los gases	9
1.3.- PRESIÓN ATMOSFÉRICA	10
 II.- TUBERÍAS PARA LA DISTRIBUCION DEL AIRE COMPRIMIDO	11
2.1.- SELECCIÓN DE LA TUBERÍA PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO	12
2.2.- MATERIALES DE LAS TUBERÍAS	13
2.2.1.- Capacidad nominal de presión	13
2.3.-INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS	14
2.4.- AJUSTE DE LAS TUBERÍAS	17
2.5.- PÉRDIDA DE PRESIÓN EN LA LÍNEA NEUMÁTICA	17
2.6.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE UNA TUBERÍA	19
 III.- ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO	22
3.1.- UNIDAD FRL	23

3.1.1.- Filtro de aire a presión	25
3.1.2.- Regulador de presión	26
3.1.3.- Lubricador	28
3.2.- SECADORES DE AIRE	30
3.2.1.- Secado por enfriamiento	30
3.2.2.- Secado por adsorción	32
3.2.3.- Secado por absorción	32
 IV.- GENERACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	 35
4.1.- COMPRESORES	36
4.1.1.- Tipos de compresores de aire	37
4.1.1.1.- Compresores de émbolo oscilante	38
4.1.1.1.1.- Compresor de pistón	38
4.1.1.1.2.- Compresor de membrana	39
4.1.1.2.- Compresores de émbolo rotativo	40
4.1.1.2.1.- Compresor rotativo	41
4.1.1.2.2.- Compresor helicoidal	42
4.1.1.2.3.- Compresor rotos	43
4.1.2. - Turbo compresores	43
4.1.3.- Clasificación de los compresores	45
4.2.- CONSTRUCCIÓN DE UN COMPRESOR DE ÉMBOLO OSCILANTE	46
4.2.1. - Principio de trabajo	48
4.3.- SELECCIÓN DE UN COMPRESOR	49
4.4.- ACUMULADOR	50

CONCLUSIONES

52

BIBLIOGRAFÍA

53

INTRODUCCIÓN

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos..

El descubrimiento consciente del aire como medio -materia terrestre- se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio. El primero de que sepamos con seguridad que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía, procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma" que designa la respiración, el viento, y en filosofía, también el alma.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Solo desde aproximadamente 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

Es cierto que con anterioridad ya existían algunas aplicaciones y ramos de explotación, como por ejemplo la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles.

La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automatización y racionalización de los procesos de trabajo.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a la falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

En el capítulo I se tratan las características del aire, las leyes de la Termodinámica bajo las cuales se rige el aire comprimido y las diferentes presiones que influyen en su estudio.

En el capítulo II se estudian las tuberías empleadas en la distribución del aire comprimido, su selección, los materiales empleados, su instalación y se realiza un ejemplo de cómo calcular el diámetro de una tubería.

En el capítulo III se ven todos los requisitos que se deben cumplir para el acondicionamiento del aire comprimido, así como los diferentes métodos para secar el aire.

Por último, en el capítulo IV se estudian los compresores para la generación del aire comprimido.

CAPITULO I
GENERALIDADES

La tecnología de la neumática se refiere al estudio del comportamiento y aplicación del aire comprimido. Aún cuando la ciencia del aire era conocida por el hombre desde hace siglos, no se aplicaba mucho en la industria antes del inicio de la Segunda Guerra Mundial (1939-1944).

Durante la guerra, muchas industrias en todos los países occidentales desarrollados, empezaron a cambiar para emplear cada vez más equipo y maquinaria automáticas. Muchos de estos eran accionados y retroajustados con dispositivos y accesorios accionados neumáticamente, con fines de fabricación y otras actividades, para satisfacer la repentina necesidad de una mayor producción de artículos bélicos con la tremenda escasez de mano de obra técnica calificada.

Esta fue la época en que se inició el concepto actual de automatización, incitando al hombre a usar aire comprimido en las plantas de producción. En la actualidad, las herramientas y accesorios accionados por aire comprimido son una imagen común en cada una de las industrias, y en todas ellas, no solo en los países tecnológicamente avanzados, sino incluso en aquellos en donde las actividades industriales se encuentran todavía en su etapa inicial. Con la introducción de la neumática en el proceso de fabricación, la industria se beneficia con un medio más barato de automatización, el cual, si se utiliza con un buen juicio, puede llevar el costo de producción hacia un nivel mucho más bajo. Hace unas cuantas décadas, la aplicación máxima de la neumática se encontraba probablemente en el campo de la construcción, en donde la fuente principal de potencia para las herramientas como los martillos mecánicos, los taladros, los aprieta tuercas, las

remachadoras, etc., solo eran el aire comprimido. En la actualidad, la lista no tiene fin. Ahora se usa aire comprimido en todo el ámbito de la vida industrial. De hecho, en estos días se encuentra que se aplica 'de manera extensa en todos los campos, pero, ¿porqué?.

La respuesta encuentra su fundamento en algunas de las características básicas que hacen de la aplicación de la neumática más ventajosa y que sea excepcionalmente adecuada en su manejo. Las características siguientes son notables:

1. Amplia disponibilidad del aire
2. Compresibilidad del aire
3. Facilidad para transportar el aire en recipientes a presión, como contenedores y tubos largos
4. Características del medio de ser a prueba de incendio
5. Construcción sencilla de los elementos neumáticos y facilidad en su manejo
6. Alto grado de facilidad de control de la presión, velocidad y fuerza
7. Posibilidad de un fácil, pero razonablemente confiable, control a distancia
8. Mantenimiento más fácil
9. Características del medio de ser a prueba de explosión
10. Costo comparativamente más bajo en relación con otros sistemas

En comparación con el sistema hidráulico, el sistema neumático tiene mejores ventajas de operación, pero, hasta ahora no se puede reemplazar a aquel, por lo

que se refiere al requisito de potencia y de exactitud de las operaciones. En zonas de riesgo, es probable que el aire sea un mejor medio de proporcionar energía que el sistema eléctrico, hidráulico y el vapor.

1.1.- CARACTERISTICAS DEL AIRE

La tierra está rodeada por aire hasta una altura aproximada de 1600 Km, desde la parte superior del suelo. Se sabe que el aire más cercano al suelo es más denso, en tanto que, al subir, la densidad del aire empieza a disminuir. Esta capa gaseosa de aire alrededor de la tierra, se conoce como atmósfera. El aire es invisible, incoloro, inodoro y sin sabor. Los principales constituyentes del aire, en volumen, son 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno y 1 % de dióxido de carbono y otros gases (argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón), incluyendo cierta cantidad de vapor de agua. Aunque se encuentra que todos estos componentes del aire conservan sus propiedades particulares, para todos los fines prácticos; ese aire, que es una mezcla de varios elementos químicos, cumple con las leyes de los gases, precisamente como cualquier otro gas perfecto o ideal.

1.2.- LEYES DE LOS GASES

Ya se ha explicado que, aún cuando el aire es una mezcla de varios gases, se comporta como un gas perfecto o ideal, con una desviación muy insignificante respecto de éste. Como consecuencia las dos leyes de los gases conocidas como la ley de Boyle y la ley de Charles, se aplican por igual al aire. A continuación, se da una breve exposición sobre estas dos leyes.

1.2.1. - Ley de Boyle

La ley de Boyle afirma que, si la temperatura permanece constante, la presión de una masa confinada de gas variará inversamente con su volumen. Por consiguiente, si P es la presión absoluta de un gas y V es su volumen entonces, según la ley de Boyle (Fig. 1).

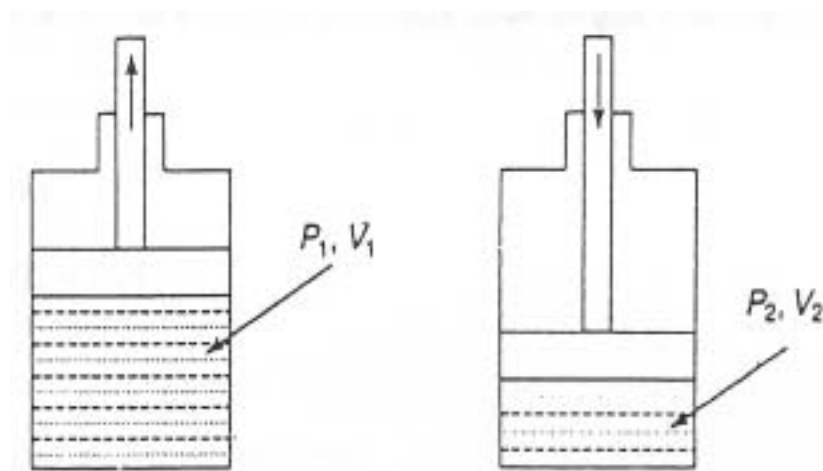


Figura 1.- Ley de Boyle.- P_1 = presión inicial; P_2 = presión final; V_1 = volumen inicial; V_2 = volumen final; $P_1V_1 = P_2V_2$

o sea $PV = \text{constante}$

Por lo tanto, se puede escribir que

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \dots = P_nV_n$$

En donde P_1 , P_2 , P_3 , P_n y V_1 , V_2 , V_3 , V_n , son la presión y el volumen del gas en las posiciones respectivas.

1.2.2.-Ley de Charles

La ley de Charles afirma que si permanece constante la presión, el volumen de una masa dada de gas, variará directamente según su temperatura absoluta.

Si T_1 Y T_2 son las temperaturas absolutas inicial y final, respectivamente, y V_1 y V_2 son los volúmenes inicial y final de una masa dada de gas, entonces:

$$V_1/T_1 = \text{constante}$$

$$\text{Por lo tanto } V_1/T_1 = V_2/T_2$$

1.2.3.- Leyes combinadas de los gases

Para la misma masa de, gas que sigue las leyes de un gas ideal, las dos leyes antes enunciadas se pueden expresar en una forma combinada, como sigue:

$$PV/T = MR$$

En donde:

P = Presión absoluta

v = Volumen

T = Temperatura absoluta

M = Masa del gas

R = Constante de los gases

1.3.-PRESION A TMOSFERICA

El aire que rodea la Tierra ejerce una presión sobre la superficie de la misma. La presión en los gases se debe a la acción y reacción de los átomos intermoleculares de ellos. Se ha observado que la actividad intermolecular empieza a disminuir hasta que se suspende por completo a la temperatura del cero absoluto. La medida de la presión atmosférica al nivel normal del mar es de 760 mm de mercurio (Hg).

La presión atmosférica se mide por medio de un barómetro de tubo, en tanto que para medir la presión en una máquina o en un recipiente de aire, se usa un manómetro de tubo de Bourdon. Recientemente han surgido los manómetros digitales. En realidad, la presión indicada en el manómetro es sobre la presión atmosférica, la cual también se denomina presión barométrica y se suma a la presión manométrica para obtener la presión absoluta, en la figura 2, se muestran las diferentes presiones.

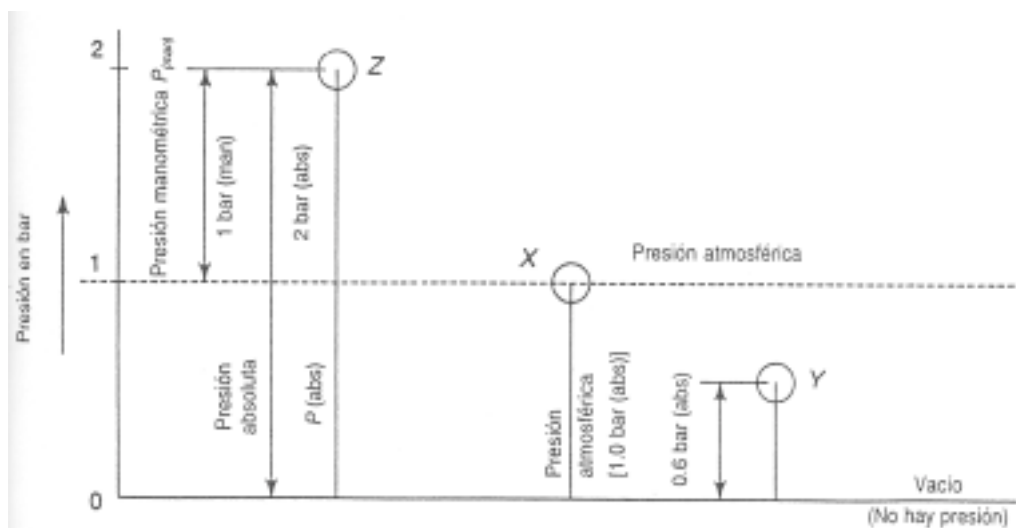


Figura 2.- Presiones

CAPITULO II

TUBERÍAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Un sistema neumático comprende una planta de compresores, tuberías, válvulas de control, miembros accionados y aparatos auxiliares. El aire se comprime en un compresor ex profeso y de la planta en donde se encuentra éste, el medio de flujo se transmite hasta el cilindro neumático a través de un sistema de tuberías bien tendidas. Para mantener la eficiencia óptima del sistema neumático, es de vital importancia que la caída de presión entre la generación y el consumo de aire comprimido se mantenga muy baja. Se ha visto que los accesorios y las juntas de las tuberías son los principales causantes de la caída de presión, si la hay, en el sistema neumático. Por lo tanto, es extremo esencial que los diseñadores y el personal de mantenimiento de los sistemas neumáticos, tengan sumo cuidado sobre este particular, en especial al seleccionar el diámetro de la tubería.

2.1.- SELECCIÓN DE LA TUBERÍA PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO

En la mayor parte de las plantas, el compresor de aire se coloca a cierta distancia del taller principal y del área de las instalaciones, es decir, del punto real de consumo, debido a razones del problema de ruido llevado por el aire o relacionadas con la seguridad de la maquinaria y otros problemas de operación, como la transmisión de vibración al demás equipo. El aire comprimido se almacena en un tanque de compresión, del cual se lleva hacia el punto de consumo por medio de una tubería. Al tender la tubería neumática para el sistema, se debe tener suficiente cuidado y poner atención en ver que la caída de presión, desde el punto de generación hasta el de consumo, permanezca tan baja como se pueda. Por razones económicas, siempre es mejor si la caída total de presión se limita a un valor máximo de 0.1 bar, o incluso menos. Algunas de las normas

internacionales prescriben un valor de 0.01 bar para una presión en la línea de 6 bar, debido a necesidades específicas de operación.

Al seleccionar los tubos neumáticos y otras instalaciones de la línea de aire, se toman en cuenta los factores siguientes:

1. Presión del aire en la línea
2. Gasto total a través de la línea
3. Caída de presión admisible en la línea
4. Tipo del material del tubo y tipo de accesorios de la línea
5. Longitud y diámetro del tubo
6. Medio ambiente, de trabajo

2.2.- MATERIALES DE LAS TUBERÍAS

Si la presión en el sistema es bastante alta, los materiales de los tubos y sus propiedades físicas y metalúrgicas se convierten en un parámetro importante para su correcta selección. Pero como el sistema neumático suele trabajar a una presión mucho más baja en comparación con un sistema hidráulico, es posible que no se necesite un material de extraordinaria resistencia para las tuberías y accesorios del neumático.

2.2.1.- Capacidad nominal de presión para los materiales de las tuberías

Debido a la aplicación a baja presión de la neumática, este concepto puede no ser un criterio muy importante para la selección de las tuberías del sistema de aire

comprimido, pero, el ingeniero debe tener una idea del rango de presiones para todos estos materiales. En la tabla siguiente, se da el rango de presiones tolerables para algunos tipos comunes de tuberías.

Material	Presión máxima (bar)
Cobre	250
Aluminio	125
Latón	200
Acero inoxidable	2500-4500
Polietileno a 80°C	12-15
Nylon a 100°C	7-10
Vinilo a 25°C	8-10
Caucho a 80°C	3-7

2.3.-INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS

Al instalar las tuberías, considérense los siguientes puntos, para facilitar el servicio a la línea:

1.- Véase que las líneas principales de aire sean accesibles desde todos los lados, para facilitar la inspección.

2.- Si es posible, no se empotren las líneas en obras de ladrillo o en ductos angostos.

3.- A los tendidos horizontales de la línea de aire se le debe dar una pendiente del uno al dos por ciento, en la dirección del flujo.

4.- La línea principal de aire no se debe terminar en un punto donde se tenga una ramificación adicional de las líneas hacia puntos de consumo. Se debe colocar una trampa de agua en el extremo de cada ramal.

5.- Los ramales siempre deben arrancarse desde la parte superior de la línea principal, como se muestra en la figura 3.

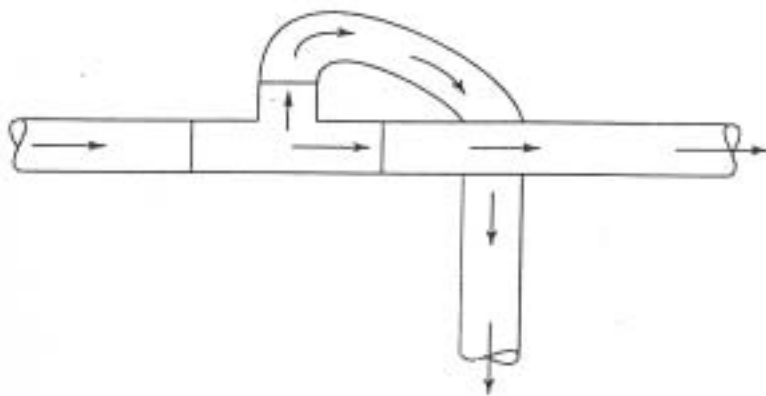


Figura 3.- Ramificación de las líneas neumáticas

El tendido de la red de tuberías puede ser: Red abierta (Fig.4), Red cerrada (Fig.

5) Y Red cerrada con interconexiones (Fig. 6)

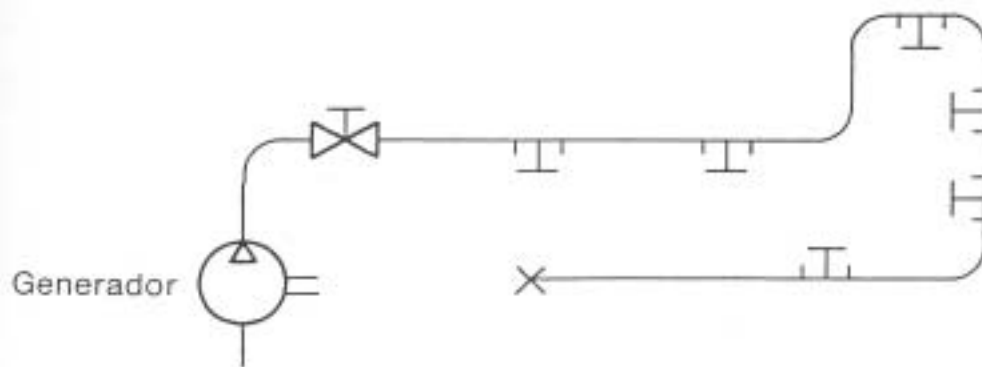


Figura 4.- Red abierta

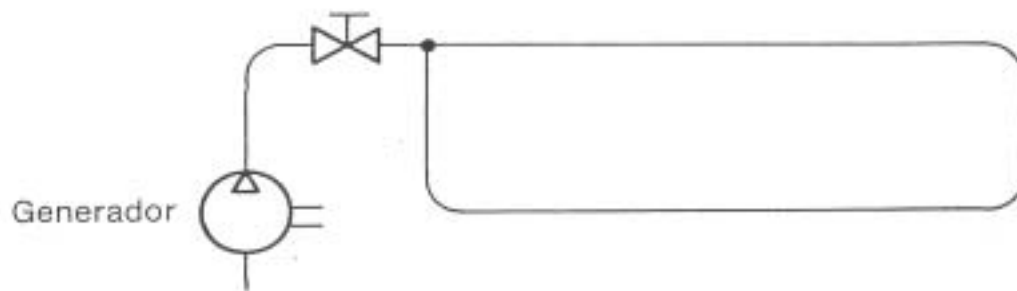


Figura 5.- Red cerrada

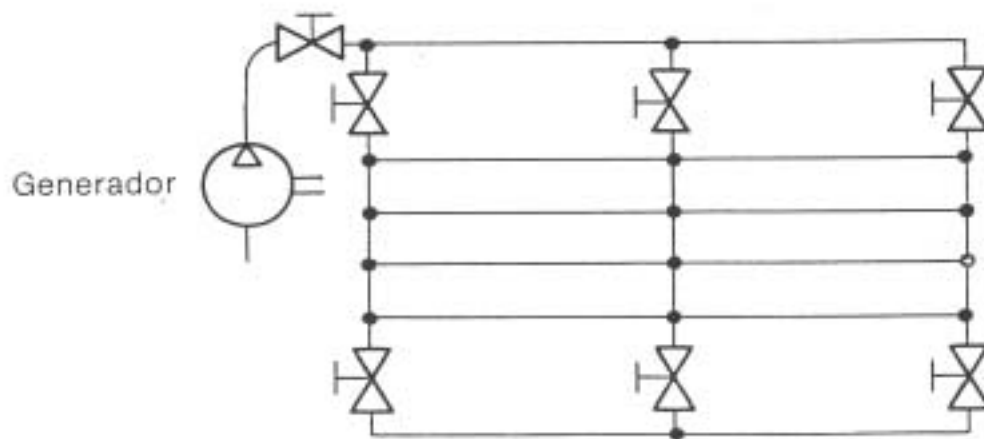


Figura 6.- Red cerrada con interconexiones

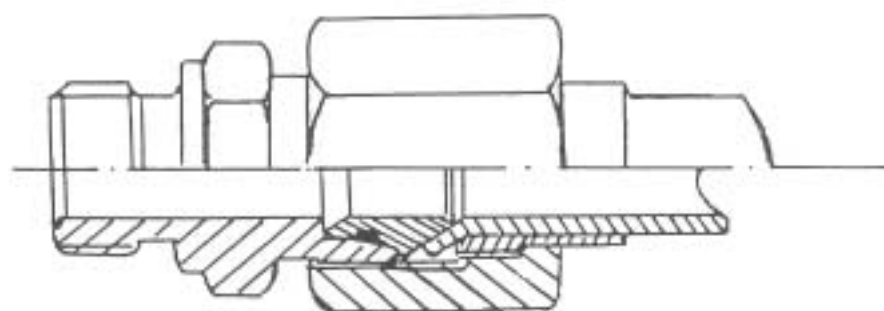
2.4.- AJUSTES DE LA TUBERÍA

En las instalaciones neumáticas se usan diversos tipos de ajustes para los tubos. En el caso de una conexión permanente con tubos metálicos, se puede usar soldadura suave o autógena. Es evidente que esto ayudara a impedir las fugas de aire a través de la conexión, pero, una conexión con soldadura suave o autógena puede crear problemas, como incrustaciones en el tubo debido a efectos de calentamiento. Por este motivo, las conexiones permanentes no son populares en los sistemas de aplicación de la energía de fluidos. Para aplicaciones generales, se prefieren:

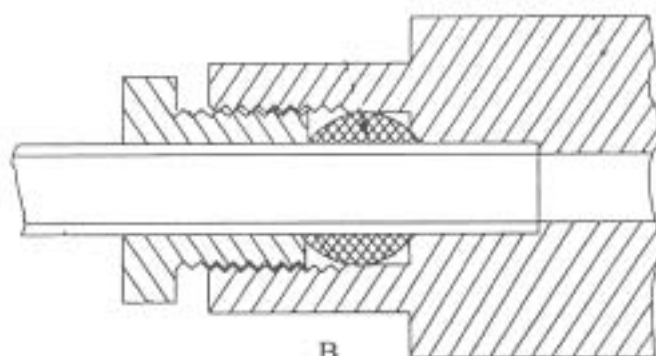
- 1.- Accesorio para tubo acampanado o accesorio abocinado.
- 2.- Accesorio _el tipo de compresión o accesorio de casquillo.
- 3.- Conectores y acoplamientos rápidos.

Generalmente estos tipos de accesorios se usan en los sistemas neumáticos hasta tubos de 10 mm (3/4") de diámetro. Si se usan tubos estándar y especiales fabricados de materiales dúctiles, las conexiones de los componentes acoplados se producen mediante el uso de un collar sobre la que se aprieta con firmeza una tuerca, para tener un buen agarre del tubo. El sellado se efectúa por el ajuste de los extremos de los tubos en el casquillo (Fig. 7).

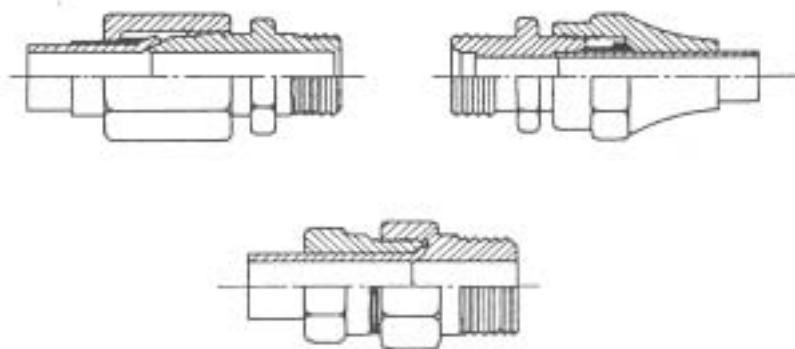
Las conexiones del tipo de compresión, sin soldadura, resultan más ventajosas que las sencillas roscadas. Estas últimas requieren compuestos selladores comerciales para impedir las fugas a través de las mismas. Para obtener una larga



A



B



C

- A Tuerca de compresión con tubo abocinado
- B Tuerca de compresión con casquillo
- C Ajustes típicos de tubos

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

FIGURA 7

OCT/2001

AJUSTES DE TUBERIAS

MONOGRAFIA

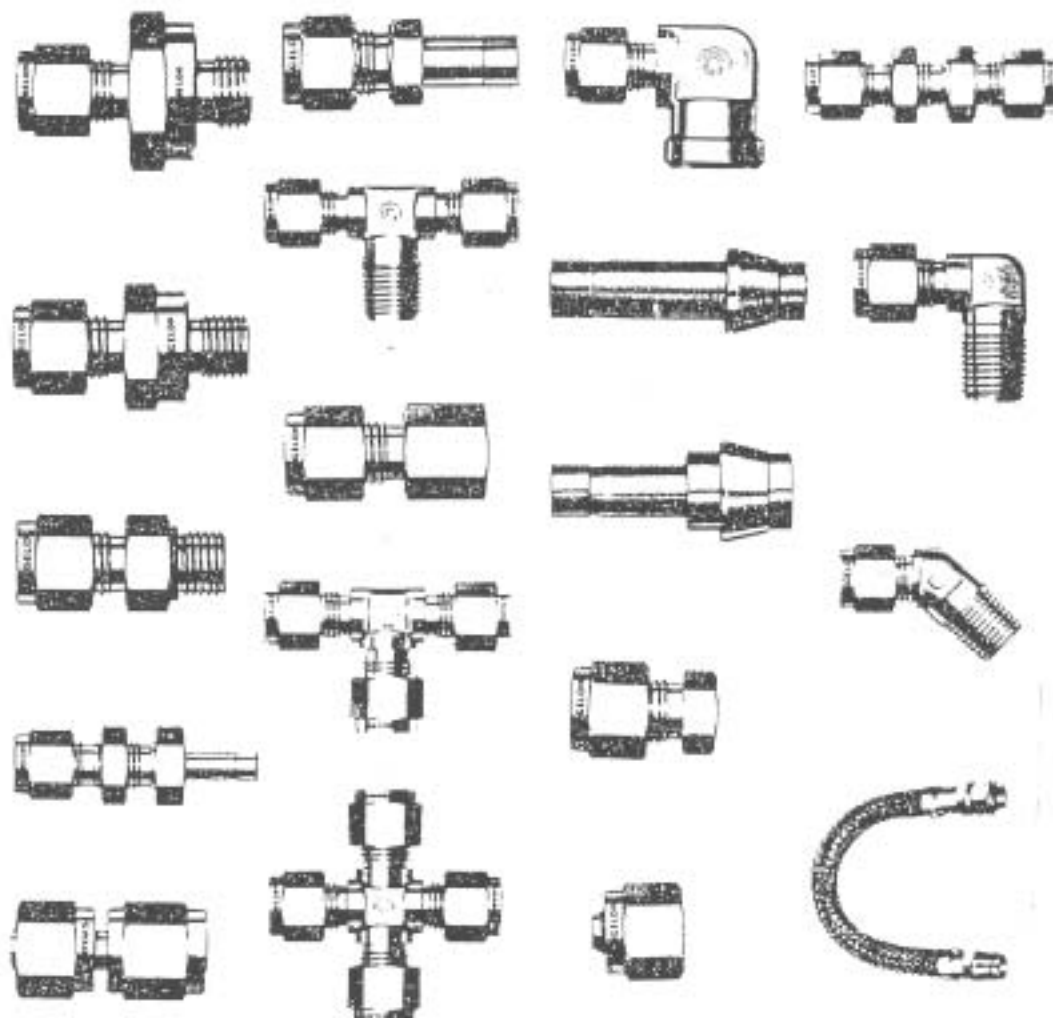
HECTOR DOMINGUEZ GONZALEZ

duración sin problemas, los accesorios se deben fabricar bajo un estricto control de calidad, sujetándose a las normas industriales, internacionales y nacionales, especificadas.

En general, los codos, tes, etc., se fabrican de metales forjados, principalmente latón. Los accesorios y uniones cilíndricos, por lo general se producen a través de un maquinado de precisión, a partir de metales extruídos de alta calidad, como varillas de Latón, barras, etc. En el accesorio de compresión del tipo de casquillo, la acción de apretadura del casquillo sobre el tubo no solo impide la fuga del aire comprimido sino también ayuda a que los tubos se mantengan firmes. Si al montar el accesorio no se ejerce una presión excesiva de sujeción sobre la tuerca, durante la primera operación de apretadura, la conexión se puede volver a utilizar varias veces, después de una rehabilitación general. La única precaución que debe tomarse en ese caso, es que, en cada ocasión, la tuerca se debe de apretar un poco más para lograr el agarre correcto. Sin embargo, en la mayor parte de los casos de ajustes, la simple presión de la mano es adecuada para lograr una conexión a prueba de fugas. En la figura 8 se muestran algunos accesorios para tuberías.

2.5.- PERDIDA DE PRESION EN LA LÍNEA NEUMÁTICA

Al probar un sistema neumático respecto a la pérdida de presión, hay que tener en cuenta los límites siguientes:



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ	
FIGURA 8	OCT/2001
ACCESORIOS DE TUBERIAS	
MONOGRAFIA	
HECTOR DOMINGUEZ GONZALEZ	

1. La pérdida máxima de presión para el diámetro pequeño del tubo debe ser menor de 0.05 bar respecto de la presión aplicada de 6 bar.
2. Para el diámetro grande del tubo, la caída máxima de presión debe ser menor de 0.1 bar respecto de la presión aplicada de 6 bar.

2.6.- CALCULO DEL DIÁMETRO DE UNA TUBERÍA

Supongamos que se tiene en la industria una red con una longitud de 280 m, con 6 tes; 5 codos normales y una válvula de cierre. El consumo de aire es de 4 m³/min (240 m³/hr) y se tiene proyectado que en tres años aumentará un 300 % lo que representa 12 m³/min (720 m³/hr). La presión de servicio es de 800 kPa (8 bar) y la pérdida admisible de presión es de 10 kPa (0.1 bar). Se desea saber el diámetro de la tubería.

Solución:

Para solucionar el problema haremos uso de los diagramas 1 y 2

1.- Cálculo del consumo total de aire

El consumo total de aire es $4 + 12 = 16$ m³/min (960 m³/hr)

2.- Cálculo del diámetro provisional

En el diagrama 1 localizamos en la línea A el valor de la longitud de la tubería y lo unimos con el valor de la cantidad del consumo total de aire, que se localiza en la línea B. La unión de estos dos puntos, la prolongamos hasta que corte a la línea C (eje 1).

Ahora localizarnos el valor de la presión de servicio en la línea E y localizamos también, el valor de la pérdida de presión en la línea G; unimos estos dos puntos y marcamos su intersección con la línea F (eje 2).

Nuestro siguiente paso será unir los puntos de intersección localizados sobre los ejes 1 Y 2, esta unión corta a la línea D (Diámetro nominal). Sobre esta línea se lee el valor de 88 mm, el cual sería el valor del diámetro provisional.

Todos estos pasos están representados en el diagrama 1 con las líneas llenas.

3.- Cálculo de la longitud equivalente de los accesorios

Para el cálculo de la longitud equivalente de los accesorios se hará uso del diagrama 2.

Entramos al diagrama con el valor del diámetro provisional obtenido en el punto anterior (88 mm), este valor se encuentra sobre el eje "x" del diagrama; en este punto levantamos una perpendicular que corte a las líneas de los accesorios que se encuentran en el diagrama.

Ahora trazamos una perpendicular a la perpendicular anterior en los puntos de intersección y obtenemos los siguientes valores:

$$6 \text{ piezas en T (88 mm)} = 6 \times 10.5 = 63 \text{ m}$$

1 válvula de cierre (88 mm) = 32 m

5 codos normales (88 mm) = $5 \times 1 = 5$ m

Longitud equivalente total 100 m

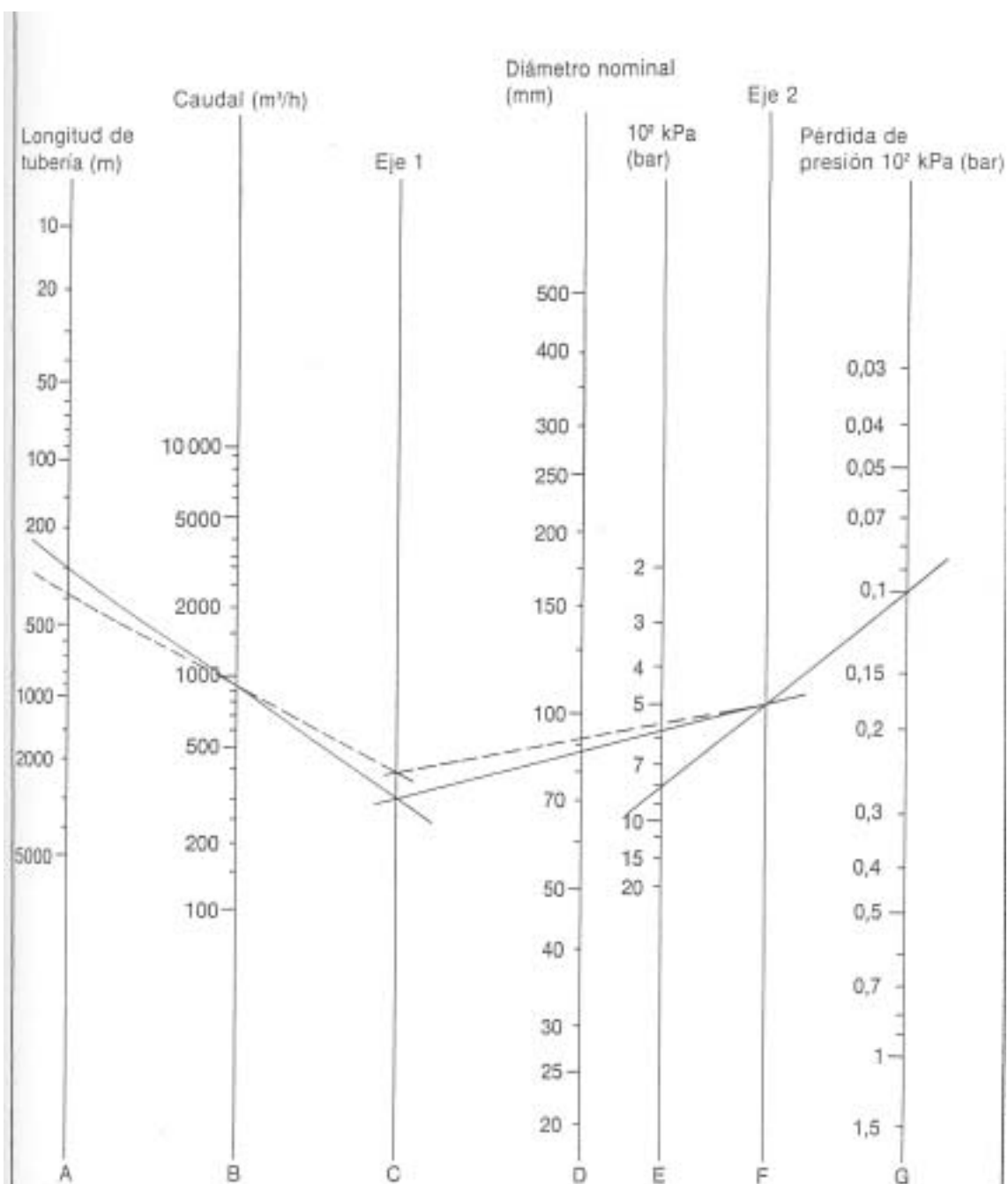
4.- Cálculo de la longitud total de la tubería

Longitud total de la tubería = $280 + 100 = 380$ m

5.- Cálculo del diámetro definitivo

Con el valor de la longitud total de la tubería, el consumo de aire la pérdida de presión y la presión de servicio, se puede determinar siguiendo el procedimiento del punto 2, el diámetro definitivo de la tubería que es de 92 mm.

Todos estos pasos están representados en el diagrama 1 con las líneas punteadas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

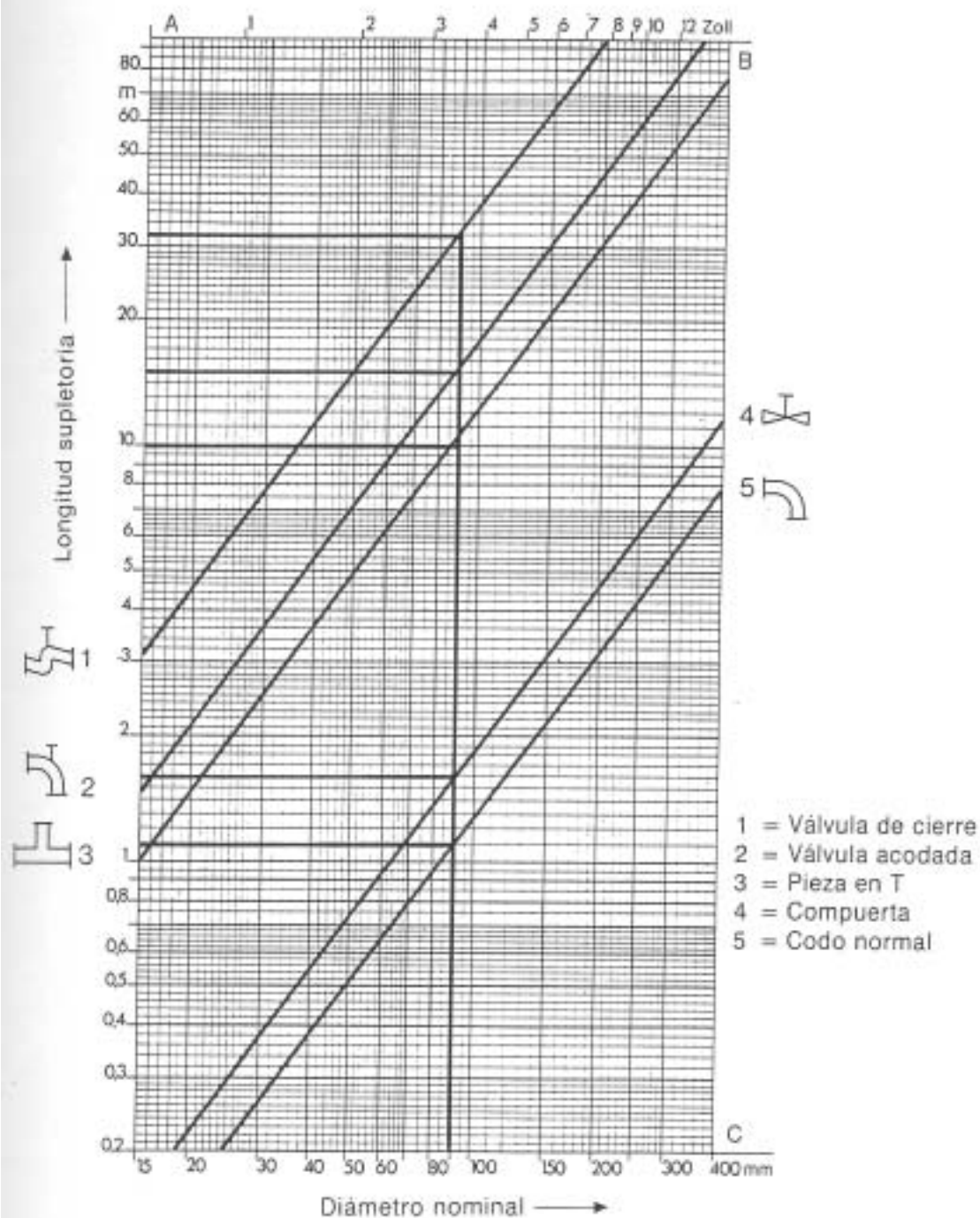
DIAGRAMA I

OCT/2001

NOMOGRAMA DE DIÁMETROS

MONOGRAFÍA

HECTOR DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

DIAGRAMA 2

OCT/2001

NOMOGRAMA DE LONGITUDES EQUIVALENTES

MONOGRAFIA

HECTOR DOMINGUEZ GONZALEZ

CAPITULO III

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire que se succiona en un compresor de aire no está del todo limpio. La presencia de contaminantes puede tener un efecto intensamente dañino sobre las superficies correlativas, finamente acabadas de los componentes neumáticos. También debe estabilizarse por completo la presión del sistema y, si es necesario, el aire debe lubricarse antes de alimentarlo. La condensación del agua es otro problema molesto en un sistema neumático. El aire que sale del compresor debe secarse por diversos medios, los ingenieros de mantenimiento deben ser capaces de comprender las diversas complicaciones relacionadas con lo antes mencionado.

Los elementos que se necesitan para el acondicionamiento del aire son:

- 1.- Unidad PRL. (Filtro de aire a presión, Regulador de presión y Lubricador).
- 2.- Secadores de aire

3.1.- UNIDAD FRL

Evidentemente, el aire que es succionado por el compresor no se encuentra limpio, debido a la presencia de diversos tipos de contaminantes de la atmósfera. Es más, el aire que se alimenta al sistema desde el compresor se contamina todavía más, en virtud de la generación de contaminantes corriente abajo. También es un hecho que la presión del aire rara vez permanece estable debido a la posibilidad de fluctuaciones en la línea. Por consiguiente para poder suministrar aire comprimido limpio, puro y sin contaminación, es necesario filtrar el aire. El

rendimiento y exactitud del sistema depende en gran parte de la estabilidad de la presión del suministro de aire.

Por lo tanto, un filtro de aire y un regulador de presión en la línea ocupan un lugar importante en el sistema neumático, junto con un tercer componente: un lubricador de la línea de aire.

La función principal del lubricador es proporcionar el aire con una película lubricante de aceite.

Estas tres unidades en conjunto se conocen como unidad de servicio o unidad **FRL**. (Fig. 9). De donde, los tres elementos principales de una unidad FRL, son:

1. Filtro de aire a presión
2. Regulador de presión
3. Lubricador

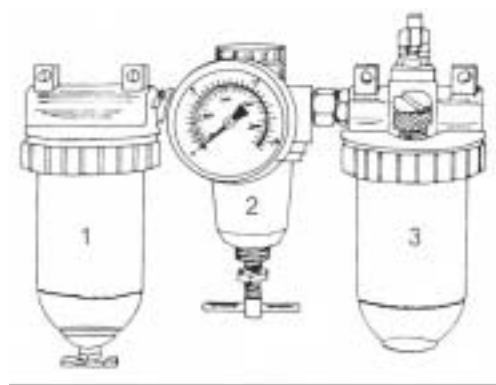


Figura 9.- Unidad de mantenimiento **FRL**

3.1.1.- Filtro de aire a presión

El condensado, las impurezas y demasiada cantidad de aceite pueden ser motivo de desgaste de piezas móviles y de juntas de elementos neumáticos. Dichas sustancias pueden contaminar el medio ambiente a través de fugas en el sistema. Si no se utilizan filtros, es posible que los productos que se produzcan en la fábrica queden inutilizados por efecto de la suciedad.

El abastecimiento de aire a presión de buena calidad en un sistema neumático depende en gran medida del filtro que se elija. El parámetro característico de los filtros es la amplitud de los poros. Dicho parámetro determina el tamaño mínimo de las partículas que pueden ser retenidas en el filtro. (Fig. 10).

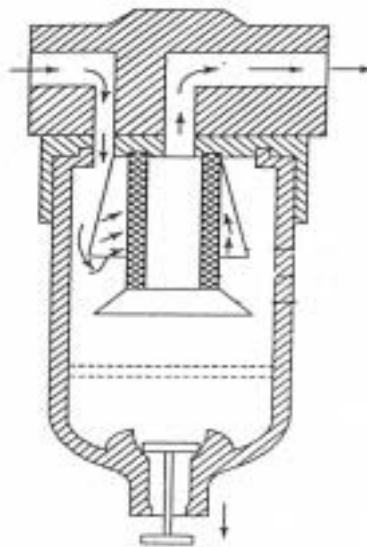


Figura 10.- Filtro de aire a presión

El aire a presión que entra en el filtro choca con un disco en espiral, por lo que se produce un movimiento rotativo. La fuerza centrífuga tiene como consecuencia la separación de partículas de agua y de sustancias sólidas, que se depositan en la pared interior del filtro, desde donde son evacuadas hacia un depósito. El aire acondicionado de esta manera atraviesa el filtro, en el que son separadas las partículas de suciedad restantes que tengan dimensiones superiores a los tamaños de los poros.

Los filtros tienen que ser sustituidos después de cierto tiempo, ya que las partículas de suciedad pueden obturarlos. Si bien es cierto que el efecto de filtración se mantiene incluso si el filtro está sucio, cabe tomar en cuenta que un filtro sucio significa una resistencia mayor al flujo del aire. En consecuencia se produce una mayor caída de presión en el filtro.

Determinados filtros de aire a presión también son apropiados para filtrar el condensado. El agua condensada deberá ser evacuada antes de que su volumen llegue al nivel máximo, ya que de lo contrario volvería a mezclarse con el aire.

3.1.2.- Regulador de presión

El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante. Las oscilaciones de la presión en las tuberías pueden incidir negativamente en las características de conmutación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo de válvulas de estrangulación y de retardo.

En consecuencia, es importante que la presión del aire sea constante para que el equipo neumático no cause problemas. Para obtener un nivel constante de la presión del aire se instalan reguladores de presión en la red de aire a presión con el fin de procurar la uniformidad de la presión en el sistema de alimentación de aire comprimido, independientemente de las oscilaciones que surjan en el circuito principal. El reductor o regulador de presión es instalado detrás del filtro de aire, con el fin de mantener un nivel constante de la presión de trabajo. El nivel de la presión siempre deberá regirse por las exigencias que plantee la parte correspondiente del sistema. (Fig. 11).

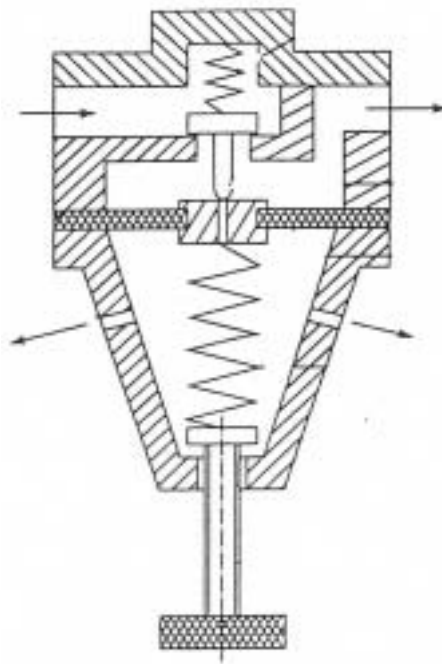


Figura 11.- Regulador de presión

La presión de entrada siempre tiene que ser mayor que la presión de salida en la válvula reguladora de presión. La presión es regulada mediante una membrana. La presión de salida actúa sobre uno de los lados de la membrana, mientras que por el otro lado actúa un muelle. La fuerza del muelle puede ajustarse mediante un tornillo.

Las presiones que en la práctica han demostrado ser la mejor solución para satisfacer los criterios de generación de aire a presión y los del rendimiento de los elementos neumáticos, son: 6 bar en la sección de operación y 4 bar en la sección de mando.

Si la presión de trabajo es más elevada no se aprovecharía debidamente la energía y, además, el desgaste sería mayor, si la presión es menor, disminuiría la eficiencia, especialmente en la sección operativa del sistema.

3.1.3.- Lubricador

En términos generales, no debería lubricarse el aire a presión. No obstante, si las partes móviles de las válvulas y cilindros requieren de lubricación, deberá enriquecerse el aire a presión constante con una cantidad suficiente de aceite. La lubricación del aire a presión deberá siempre limitarse tan solo a los segmentos del sistema que necesiten lubricación.

El aceite que pasa del compresor al aire a presión no es apropiado para la lubricación de elementos neumáticos.

Los cilindros provistos de juntas resistentes al calor no deberán recibir aire a presión lubricado, ya que el aceite contenido en el aire podría producir un lavado de la grasa especial que llevan los cilindros.

Si se opta por usar aire a presión no lubricado en sistemas que antes lo usaban, será necesario renovar la lubricación original de fábrica de las válvulas y de los cilindros, ya que es posible que dicha lubricación original haya desaparecido.

El aire a presión pasa a través de la unidad de lubricación. Al atravesar una zona de estrangulación en dicha unidad, se produce un vacío. Este vacío provoca la succión del aire a través de la tubería conectada a un depósito. El aceite pasa a una cámara de goteo donde es pulverizado y mezclado con el aire. (Fig. 12).

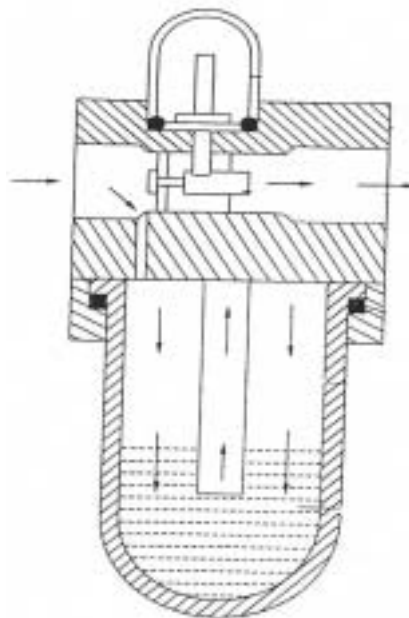


Figura 12.- Lubricador

El aire a presión deberá contener aceite en los siguientes casos:

- 1.- Necesidad de operar con movimientos extremadamente veloces
- 2.- Uso de cilindros de grandes diámetros

Si la lubricación es demasiado copiosa, pueden surgir los siguientes problemas:

- 1.- Funcionamiento deficiente de los elementos
- 2.- Mayor contaminación del medio ambiente
- 3.- Agarrotamiento de elementos después de periodos de inactividad prolongados

3.2.- SECADORES DE AIRE

El aire comprimido con un contenido demasiado elevado de humedad reduce la vida útil de sistemas neumáticos. En consecuencia es necesario instalar secadores de aire con el fin de reducir el contenido de humedad del aire hasta alcanzar los niveles deseados. Para secar el aire puede recurrirse a alguno de los siguientes métodos:

- a.- Secado por enfriamiento
- b.- Secado por adsorción
- c.- Secado por absorción

3.2.1.- Secado por enfriamiento

El secador por enfriamiento, es el secador usado con mayor frecuencia. En él, el aire es enfriado hasta temperaturas inferiores al punto de condensación. La humedad contenida en el aire es segregada y recogida en un recipiente. (Fig. 13).

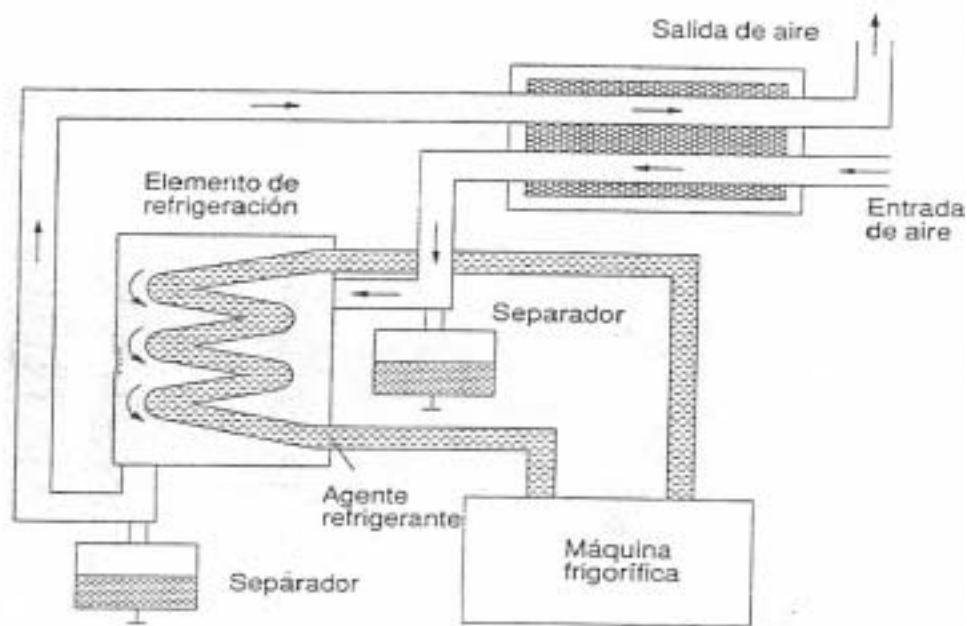


Figura 13.- Secado por enfriamiento

El aire que penetra en el secador por enfriamiento, pasa antes por un proceso de enfriamiento previo en el que se recurre al aire frío que sale de un intercambiador térmico. A continuación el aire es enfriado en el secador hasta alcanzar una temperatura inferior al punto de condensación.

Cuanto menor sea la temperatura en relación con el punto de condensación, tanto más agua condensará. El secado por enfriamiento permite alcanzar temperaturas entre los 2°C y 5°C.

3.2.2.- Secado por adsorción

La adsorción, es el depósito de materias en la-superficie de cuerpos sólidos. El agente secador, también denominado gel secador, es un granulado compuesto principalmente de óxido de silicio. El método de secado por adsorción permite obtener los puntos de condensación más bajos (hasta -90°C).

Siempre se utilizan dos unidades de adsorción. Si el gel de la primera unidad de adsorción está saturado, el equipo conmuta a la segunda unidad. Entre tanto, la primera unidad es regenerada mediante un proceso de secado con aire caliente.

(Fig.14).

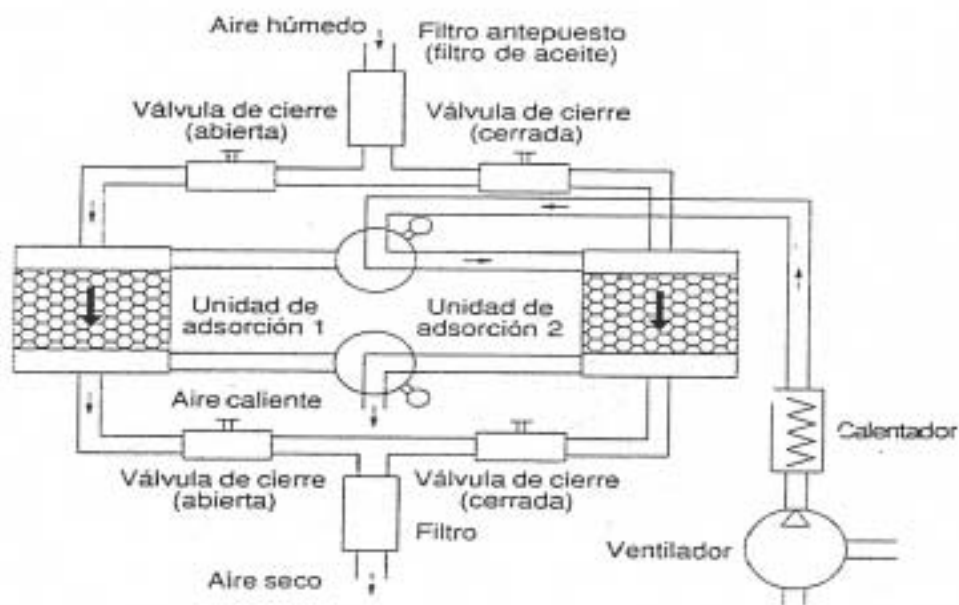


Figura 14.- Secado por adsorción

3.2.3.- Secado por absorción

El proceso de secado por absorción es un método puramente químico que es utilizado muy pocas veces a raíz de los elevados costos de servicio. (Fig. 15).

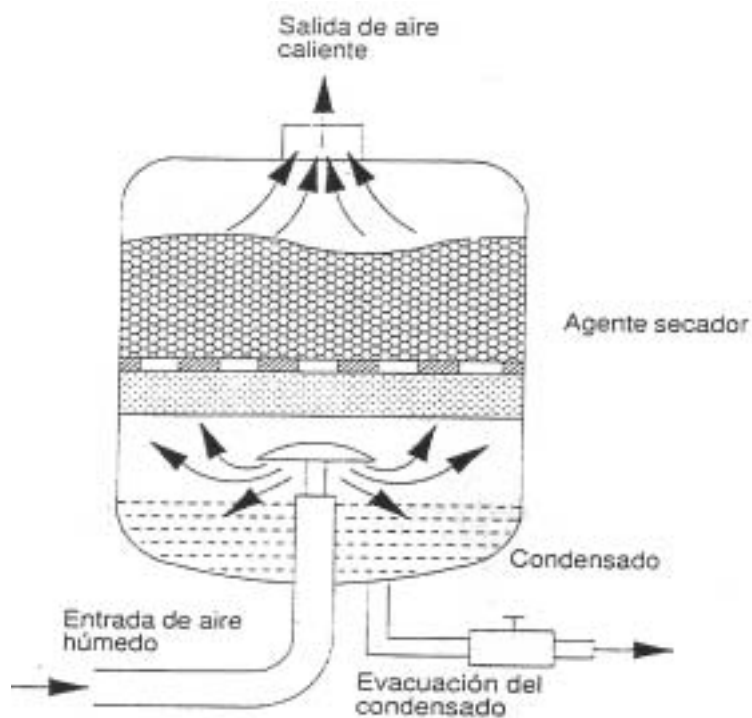


Figura 15.- Secado por absorción

El aire a presión es guiado a través de un filtro para retirar la mayor cantidad de gotas de agua y de aceite posible. Cuando el aire entra en el secador, es sometido a un movimiento rotativo al atravesar la cámara de secado, la cual contiene una masa de secado. La humedad se une a dicha masa de secado y la disuelve. El líquido obtenido de este modo pasa al depósito inferior. Este depósito tiene que ser vaciado regularmente y, además, deberá sustituirse con regularidad la masa de secado.

El método de absorción tiene las siguientes características:

Instalación sencilla del equipo

Poco desgaste mecánico (por no incluir pieza móviles)

No hay necesidad de recurrir a fuentes de energía externas.

CAPITULO IV
GENERACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.

La generación del aire a presión empieza por la compresión del aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar hasta el punto de su consumo. El tipo de compresor y su ubicación en el sistema inciden en mayor o menor medida en la cantidad de partículas, aceite y agua incluidos en el sistema neumático.

4.1.- COMPRESORES

Un compresor es una máquina que se usa para comprimir aire y otros gases de una presión de admisión inicial, usualmente presión atmosférica, a una presión más alta. Un compresor aumenta la presión en una cierta cantidad de aire al reducir su volumen.

Se comprime el aire para que se pueda almacenar y usar para transmitir energía eficientemente para la operación de máquinas, la atomización de fluidos o la conducción de líquidos o materias sólidas. La eficiencia del proceso de aire almacenado es casi 100 por ciento, lo cual es una razón para su uso extenso.

El compresor es el elemento central de una instalación productora de aire comprimido, su función es la de aspirar aire a la presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada.

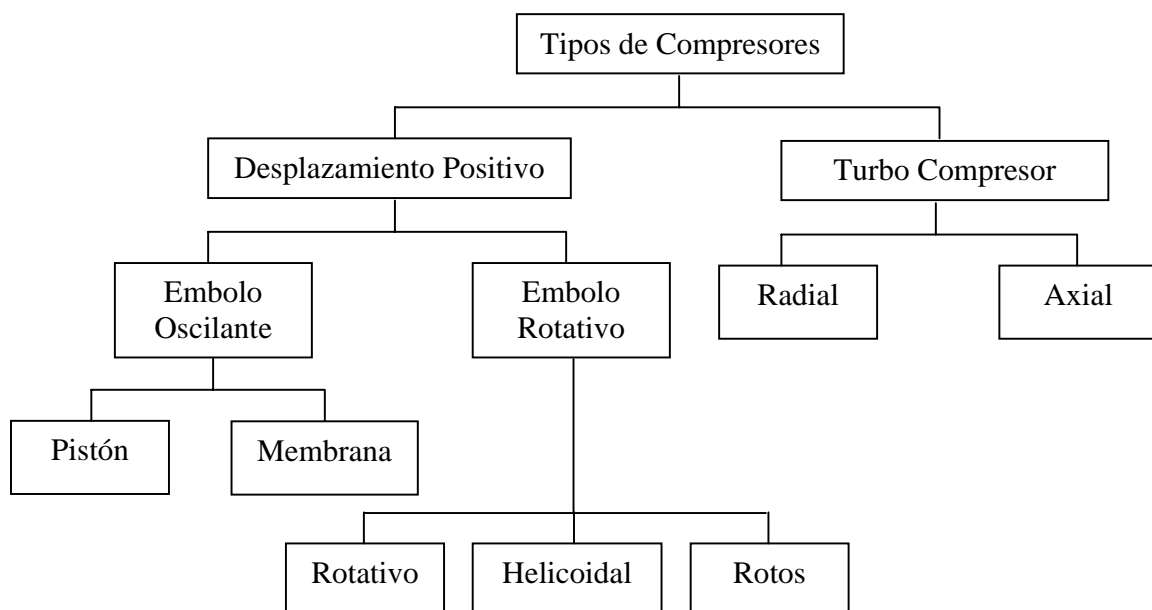
Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de la presión de trabajo deseada. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

4.1.1.- Tipos de compresores de aire

Existen dos tipos básicos de compresores: 1) de desplazamiento positivo y 2) turbocompresor. La distinción principal entre ellos se encuentra en el método de transferencia de la energía y generación de la presión.

Los compresores de desplazamiento positivo trabajan sobre el principio de incrementar la presión de un volumen definido de aire al reducir ese volumen en una cámara encerrada.

En el compresor dinámico (turbocompresor) se emplean paletas rotatorias o impulsores para impartir velocidad y presión al flujo de aire que se está manejando. La presión proviene de los efectos dinámicos, como la fuerza centrífuga. A continuación se muestra un árbol de familias de los compresores de aire.



4.1.1.1.- Compresores de émbolo oscilante

Es el compresor más frecuentemente utilizado, puede emplearse como unidad fija o móvil. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 100 Kpa (1 bar) a varios miles de Kpa.

4.1.1.1.1.- Compresor de pistón

En los compresores de émbolos, la compresión es obtenida en uno o más cilindros, en los cuales los émbolos comprimen el aire. (Fig. 16). Se dividen en:

Compresores de una etapa

Compresores de dos etapas

Compresores de varias etapas

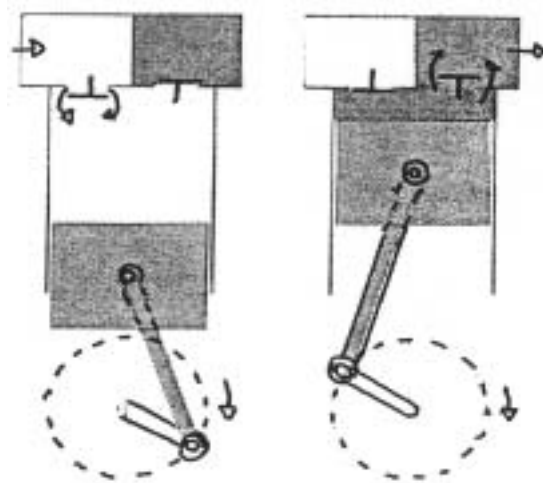


Figura 16.- Compresor de émbolos

En los compresores de una etapa la presión final requerida es obtenida en un solo cilindro (en este caso, un cilindro es una etapa). En estos compresores el aire es comprimido hasta la presión final de 6 a 8 bar y en casos excepcionales llegan hasta los 10 bar.

En los compresores con una relación de compresión más altas, el sistema de una etapa no es posible por la excesiva elevación de temperatura. El proceso de compresión se realiza en dos o más cilindros.

En líneas generales, los fabricantes de compresores los construyen en las siguientes escalas:

- a) Compresores de una etapa para presiones hasta 10 bar
- b) Compresores de dos etapas para presiones hasta 50 bar
- c) Compresores de tres y cuatro etapas para presiones hasta 250 bar

Los compresores de émbolos pueden ser accionados por un motor eléctrico o un motor de combustión interna.

4.1.1.1.2.- Compresor de membrana

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de

aceite. Estos compresores se emplean con preferencias en las industrias alimenticias, farmacéuticas y químicas. (Fig. 17).

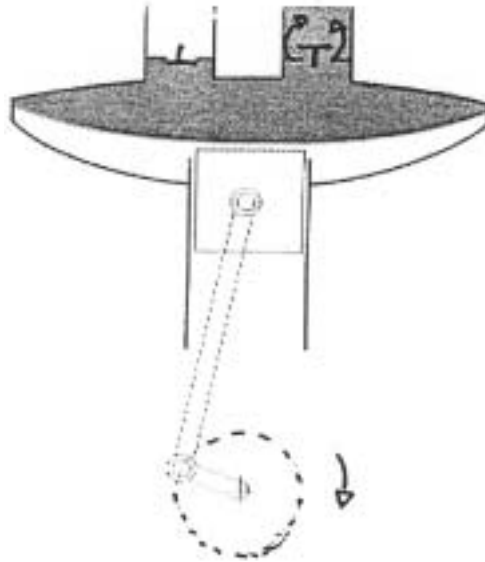


Figura 17.- Compresor de membrana

4.1.1.2.- Compresores de émbolo rotativo

Los compresores de émbolo rotativo ocupan un lugar intermedio entre los compresores centrífugos y los compresores de émbolo oscilante. Los compresores rotativos suministran presiones más bajas que los de émbolo oscilante, pero las presiones de servicio son más altas que las de los compresores centrífugos.

Así mismo el volumen de aire que suministra por unidad de tiempo es más grande que en los compresores de émbolo oscilante, pero más pequeño que en los compresores centrífugos.

Los compresores rotativos pueden ser de paleta o de tornillo. Los compresores de paleta están constituidos por un rotor en el cual van colocadas las paletas, de eje excéntrico con el estator.

Las ventajas más notables de este tipo de compresor son su marcha silenciosa y un suministro de aire más continuo. Los compresores rotativos de una etapa suministran presión hasta los 4 bar. Con dos etapas pueden alcanzar de 4 a 8 bar. Los compresores rotativos también pueden ser accionados por un motor eléctrico o un motor de combustión interna.

4.1.1.2.1. - Compresor rotativo

En este tipo de compresor, un rotor excéntrico gira en el interior de un carter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor, residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silenciosos y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas.

Esta provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del carter y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente. (Fig. 18).

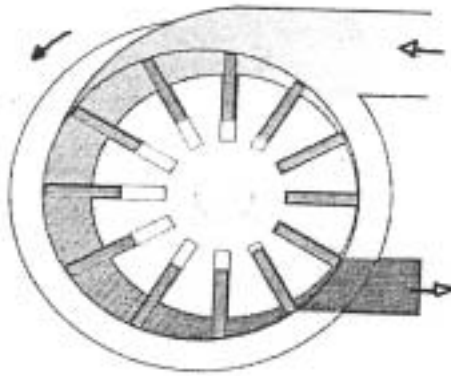


Figura 18.- compresor rotativo

4.1.1.2.2.- Compresor Helicoidal

En este tipo de compresor, dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. (Fig. 19)

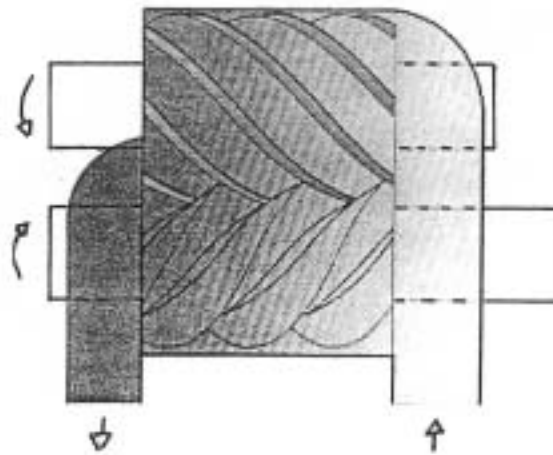


Figura 19.- Compresor Helicoidal

4.1.1.2.3. - Compresor rotos

En estos compresores el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos. (Fig. 20).

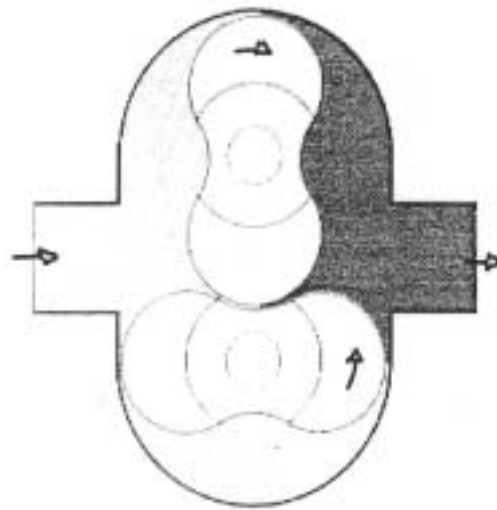


Figura 20.- Compresor rotos

4.1.2.- TURBOCOMPRESORES

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial.

El aire se pone en circulación por una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

En el compresor axial la rotación de los alabes acelera el aire en el sentido axial el flujo. (Fig. 21).

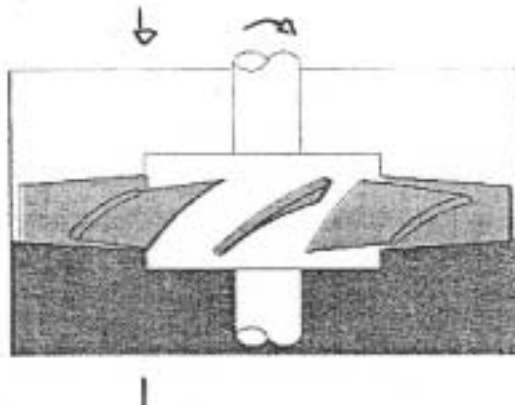


Figura 21.- Compresor axial

En el compresor radial la aceleración progresiva de cámara a cámara en sentido radial hacia fuera, hace que el aire en circulación regrese de nuevo al eje y de aquí se vuelve a acelerar hacia fuera. (Fig. 22).

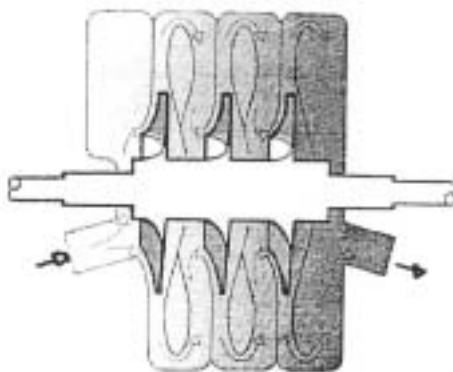


Figura 22.- Compresor radial

4.1.2.- CLASIFICACION DE LOS COMPRESORES

Dependiendo de las diversas características, la clasificación se puede hacer de varias maneras:

- 1.- Como compresores de simple o de doble acción; por su número de etapas, a saber, una, dos, tres o múltiples etapas.
- 2.- Según la disposición de los cilindros con relación al cigüeñal, es decir, cilindros en posición vertical, en línea, horizontal, en V, radial, etc.
- 3.- Por la disposición geométrica o de los cilindros usada para obtener las etapas del compresor; a saber, vertical, horizontal, en V, etc.
- 4.- Por la manera de impulsar el compresor o por el motor primario, impulsado por motor eléctrico, diesel turbina de gas, etc.
- 5.- Por la condición del aire comprimido; contaminado con aceite lubricante o sin aceite.
- 6.- Por la condición del montaje o su calidad portátil; compresor portátil, estacionario, montado sobre patines.

7.- Por el medio de enfriamiento aplicado; enfriado por aire, enfriado por agua, liquido inyectado, etc.

Invariablemente, los compresores de aire se especifican en términos de su capacidad de entrega de aire libre y de la presión del aire comprimido en el punto final de descarga.

4.2.- CONSTRUCCIÓN DE UN COMPRESOR DE EMBOLO OSCILANTE

La construcción de un compresor de émbolo oscilante es semejante al de un motor de combustión interna, consta de un cuerpo de hierro fundido o de aluminio con un tanque de aceite, la base, el pistón con sus anillos, bielas, manivelas, cigüeñal, cojinetes, etc.

A medida que se tira del pistón hacia adentro, se succiona aire por la válvula correspondiente, a través de un filtro, y se comprime en la carrera de retorno. En la figura 23 se muestran varias partes exteriores de un compresor de émbolo oscilante.

- 1.- Válvula de salida del agua.
- 2.- Válvula de salida del aire.
- 3.- Válvula de seguridad.
- 4.- Manómetro.
- 5.- Interruptor accionado por la presión.
- 6.- Tanque de aire.

- 7.- Base del motor
- 8.- Protección de seguridad
- 9.- Filtro de admisión
- 10.- Base del compresor
- 11.- Cilindro de la primera etapa
- 12.- Deposito de aceite
- 13.- Cilindro de la segunda etapa.

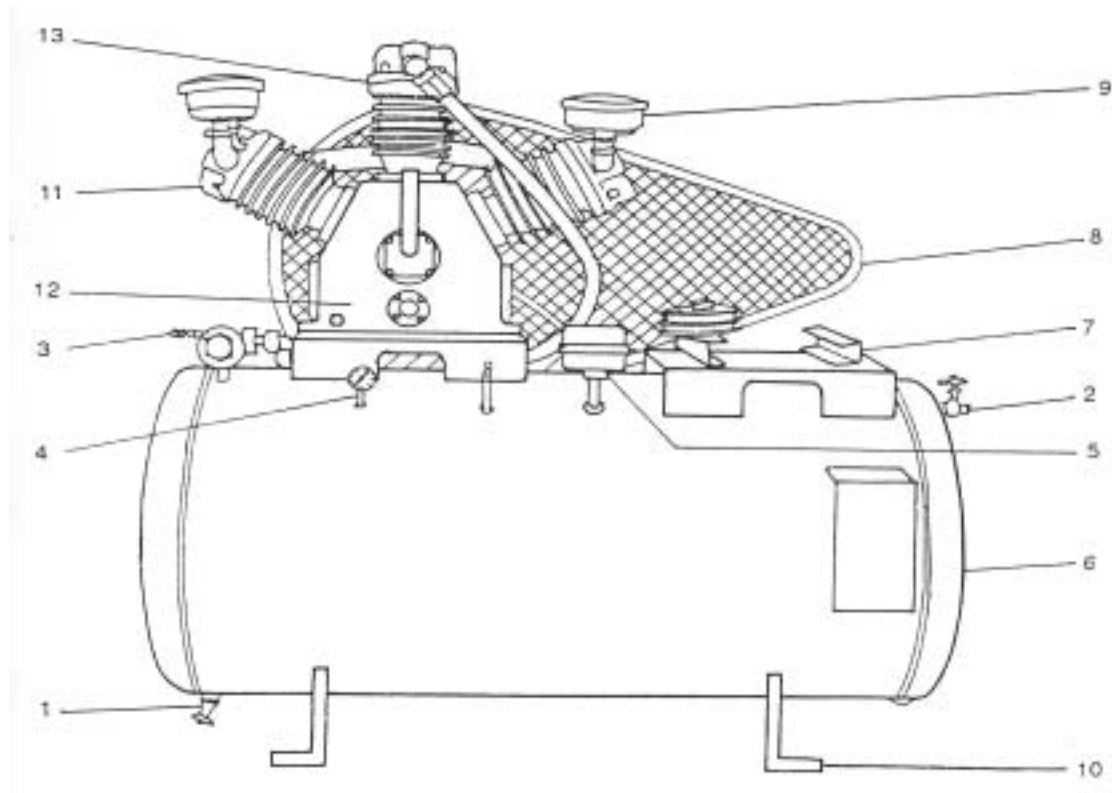


Figura 23.- Partes exteriores de un compresor de émbolo oscilante

4.2.1.- Principio de trabajo

Con el arranque del motor eléctrico, la manivela gira y el pistón del cilindro de la primera etapa succiona aire a través del filtro correspondiente y de la válvula de admisión. En la siguiente rotación de la manivela, el pistón invierte su movimiento y comprime el aire. El aire comprimido hace que se abra la válvula de salida y se escapa a través del intercambiador hacia el cilindro de la segunda etapa, forzando la apertura de la válvula de admisión de este último. En este cilindro, el aire se comprime más todavía, hasta el nivel deseado, y se alimenta al tanque de compresión por el condensador a compresión, a través de la válvula de salida. Alrededor del pistón se encuentran los anillos del mismo, para hacerla hermético al aire.

El cilindro de la primera etapa se conoce como cilindro de baja presión, y es en donde se comprime inicialmente el aire tomado de la atmósfera. El otro cilindro es el de la segunda etapa, el cual es de diámetro menor y también se conoce como cilindro de alta presión. En éste, el aire comprimido viene del primer cilindro se comprime más todavía hasta la presión deseada.

Cuando el aire se comprime, se genera una cantidad considerable de calor, este calor se debe disipar al menos en las unidades en donde la presión sea mayor que 2 bar. La máquina principal se enfría por circulación de aire o de agua.

4.3.- SELECCIÓN DE UN COMPRESOR

La adecuada selección de un compresor para una instalación dada va estrechamente ligada a los consumidores, y es frecuentemente tener que hacer varios tanteos antes de encontrar la combinación idónea.

Los parámetros fundamentales a considerar son: el caudal aspirado y la presión deseada a la salida.

Para aplicaciones de automatización se requieren caudales moderados a presiones medias y los compresores más indicados, son los de émbolos. La presión que necesita la instalación deberá ser superior (a veces en 2 o 3 bar) a la de servicio, ya que de otra forma no se podrá mantener dicha presión.

Generalmente, una vez definida la presión queda ya decidido si el compresor debe ser de una o de dos etapas. Si hay posibilidad de elección, se debe tener presente que los compresores más lentos, y por lo tanto, de más cilindrada para un caudal dado, son más caros, pero de mayor duración y rendimiento.

Otro factor importante a tener en cuenta es el motor que arrastra el compresor y su sistema de control. Para las potencias utilizadas en sistemas de automatización, los motores suelen ser eléctricos. El sistema de control es de dos tipos: de paro y marcha del motor, en unidades pequeñas; o por trabajo en vacío en unidades mayores. En cualquier caso, este control depende de la presión en el depósito.

4.4.- ACUMULADOR

El acumulador se encarga de almacenar el aire comprimido proveniente del compresor. Su función consiste en estabilizar la alimentación de aire a presión del sistema y procurar que las oscilaciones de la presión se mantengan en niveles mínimos. (Fig. 24).

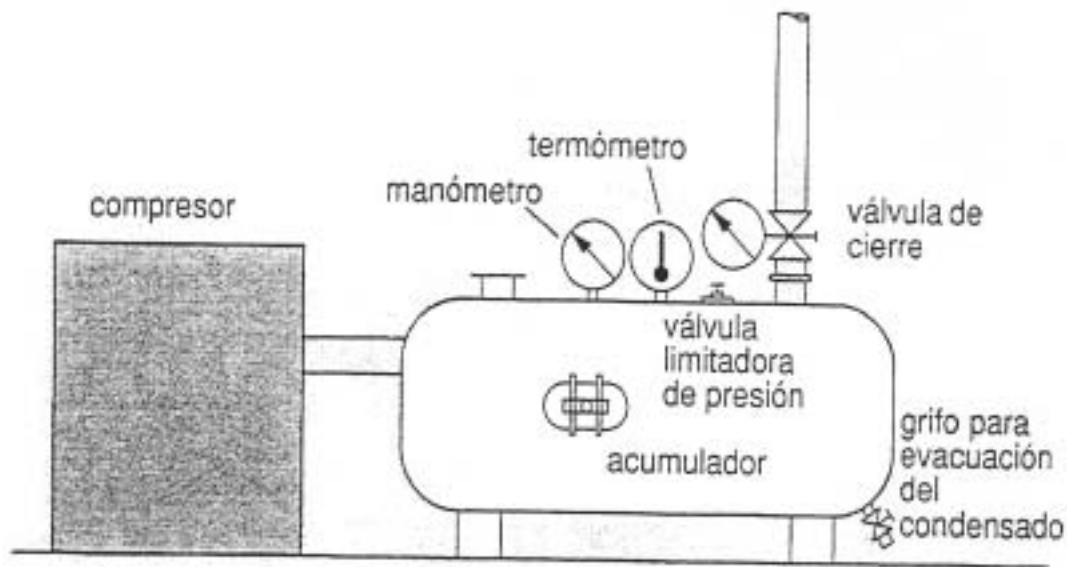


Figura 24.- Acumulador

La superficie relativamente grande del acumulador provoca un enfriamiento del aire contenido en él. Durante este proceso de enfriamiento se condensa agua que debe ser evacuada regularmente a través de un grifo.

El tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

- Caudal del compresor

- Cantidad de aire requerida en el sistema
- Red de tuberías (posible necesidad de aire adicional)
- Regulación del compresor
- Oscilación permisible de la presión del sistema

CONCLUSIONES

Durante las últimas décadas se han introducido en el campo de la manufactura, diversas técnicas de automatización y nacionalización con el fin de acrecentar la productividad industrial global. La aplicación del aire comprimido, como medio de automatización en la industria, se ha vuelto permanente en las plantas modernas.

El control neumático es un método barato, pero eficaz, de técnica de automatización y, por consiguiente, ha encontrado una aplicación extensa en todo el mundo, en la robótica y para agarrar y colocar dispositivos.

El presente trabajo, se puede tomar como referencia para impartir cursos a los Estudiantes de Ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y sistemas computacionales, debido a que proporciona los conceptos básicos de la producción y generación del aire comprimido, el cual suele ser la causa de dificultades y funcionamiento incorrecto en las instalaciones neumáticas.

En general este trabajo sirve para todas aquellas personas que de alguna manera estén involucradas con la automatización.

BIBLIOGRAFÍA

Sistemas neumáticos-. Principios y mantenimiento

s. r. Majumdar

Editorial McGrawHill

Introducción a la neumática

Festo Pneumatic

Mecánica de los Fluidos e Hidráulica

Renald V. Giles

Editorial McGrawHill