

SÍNTESIS

En la presente tesis se analizarán las bases y fundamentos de la potencia fluida enfocados a la neumática, se conocerán todos los componentes y sistemas neumáticos así como su operación, logrando con esto tener un panorama general de esta tecnología.

Se tratarán las bases para la selección y uso de los diferentes elementos, actuadores y de control en un sistema neumático, así como también las bases para su diseño y cálculo.

El primer capítulo trata sobre una breve introducción sobre la neumática, el objetivo de la tesis, justificación de la misma y la metodología que se utilizará.

El segundo capítulo da a conocer las propiedades del aire comprimido las cuales comprueban la versatilidad de los usos de los sistemas neumáticos para la automatización de maquinaria o equipo.

El tercer capítulo mencionará los sistemas para el acondicionamiento del aire comprimido, entre los que se incluye su obtención, su preparación, almacenamiento y componentes de consumo.

En el cuarto capítulo, se estudiarán las leyes de la física relacionadas con el comportamiento del aire comprimido así como las unidades físicas que se utilizan normalmente.

El quinto capítulo se tratará de los diferentes tipos de compresores que son utilizados para el funcionamiento de los mandos neumáticos, sus accesorios, tratamientos de enfriamiento y secado que se debe dar al aire. La forma de distribución del aire por las tuberías así como la selección de las mismas.

El sexto capítulo versará sobre el tratamiento que se le da al aire por medio de los filtros, ya que el aire lleva polvo y humedad que se tienen que eliminar. Además se incluye también la regularización de presión y la lubricación.

En el séptimo capítulo hablaremos de los actuadores, elementos que transforman la energía del aire comprimido en movimiento, así como los diferentes tipos de actuadores y el montaje de los mismos. Obtendremos las fuerzas que ejerce la presión del aire sobre el émbolo y el control de su velocidad.

En el octavo capítulo trataremos de las válvulas de control direccional que son las que determinan el paso del aire hacia los diferentes elementos por entre sus áreas así como la cantidad de posiciones y el método de activación.

En el noveno capítulo hablaremos de la simbología utilizada en la neumática en donde nos representa los elementos y esquemas de distribución. Esto es de gran utilidad para la representación gráfica de un circuito neumático.

En el décimo capítulo expondremos algunos circuitos básicos de la neumática se tratarán las funciones elementales, funciones del tiempo para cambios de presión de un volumen, control del cilindro y control de la secuencia.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

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

El descubrimiento consciente del aire como medio-materia terrestre- se remonta de muchos siglos.

El primero que se ocupó de la neumática, es decir la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo fue el griego “Ktesibios”. Hace más de dos mil años construyó una catapulta de aire comprimido.

De los antiguos griegos procede la expresión “pneuma” que designa la respiración, el viento y en la filosofía, también el alma.

Como derivación de la palabra “pneuma” se obtuvo entre otras el concepto “neumática” que trata los movimientos y procesos del aire.

La tecnología de la neumática juega un papel importante en la mecánica ya que es incluida cada vez más en el desarrollo de aplicaciones automatizadas.

En ese sentido, la neumática es utilizada para la ejecución de las siguientes funciones:

- Detección de condiciones de los equipos mediante sensores.
- Procesamiento de información mediante procesadores

- Accionamiento de actuadores mediante elementos de control.
- Ejecución de trabajos mediante actuadores.

Para controlar máquinas y equipos suele ser necesario efectuar una concatenación lógica y compleja de estados y conexiones.

Ello se logra mediante la actuación conjunta de sensores, procesadores, elementos de accionamiento y actuadores incluidos en un sistema neumático o parcialmente neumático.

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.

1.1 Objetivo de la tesis.

El objetivo de esta tesis es que se pueda promover como libro de texto dentro de la clase de potencia fluida, debido a que cubre los temas relacionados con los sistemas neumáticos, o que también pueda ser para el alumno un libro de apoyo o de consulta de la materia.

1.2 Justificación del trabajo.

Esta tesis se justifica en virtud de que en la materia de potencia fluida no existe un libro o texto alguno sobre neumática, y que la información que se tiene de la misma es poca en la biblioteca. Se espera que sirva como una ayuda para el alumno en la materia de potencia fluida.

1.3 Metodología.

El objetivo de esta tesis es de que pueda ser utilizada como texto de clase, o que sea utilizada como un medio de apoyo para el alumno para obtener conocimientos sobre la neumática.

La tesis cuenta con una parte inicial desde el primer capítulo hasta el capítulo seis, en los que se describen información general del contenido teórico. En esta parte de la tesis se darán y encontrarán explicaciones sobre la introducción a la neumática, propiedades de los gases, compresión y distribución del aire y acondicionamiento del aire.

Después de haber estudiado estos capítulos, el alumno podrá seleccionar el compresor y la tubería a utilizar dentro de un sistema neumático.

En la segunda parte de la tesis, abarca los capítulos 7, 8 y 9, en los que se describen los actuadores, válvulas de control direccional y simbología neumática, el estudiante conocerá los elementos de trabajo y elementos de control de dirección del aire, para luego conocer la simbología que se le darán a los elementos neumáticos utilizados.

En la tercera parte y última que es el capítulo 10, el alumno podrá desarrollar circuitos básicos de la neumática, donde podrá conocer las funciones elementales, función de tiempo, control del cilindro y control de secuencia.

Un sistema de potencia fluida es el que transmite y controla la energía por medio de la utilización de líquido o gas presurizado.

En la neumática, esta potencia es aire que procede de la atmósfera y se reduce en volumen por compresión, aumentando así su presión.

El aire comprimido se utiliza principalmente para trabajar actuando sobre un émbolo o paleta.

Aunque esta energía se puede utilizar en muchas facetas de la industria, el campo de la neumática industrial es el que nos ocupa.

La utilización correcta del control neumático requiere un conocimiento adecuado de los componentes neumáticos y de su función para asegurar su integración en un sistema de trabajo eficiente.

Aunque normalmente se especifique el control electrónico usando un secuenciador programable o controlador lógico, sigue siendo necesario conocer la función de los componentes neumáticos en este tipo de sistema.

Esta tesis trata de la tecnología de los componentes de sistemas de control, describe tipos y características de diseño de equipos de tratamiento de aire, actuadores y válvulas, métodos de interconexión y presenta los circuitos neumáticos fundamentales.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA

¿Qué puede hacer la neumática?

Las aplicaciones del aire comprimido no tiene límites; desde la utilización, por parte del óptico, de aire a baja presión para probar la presión del fluido en el ojo humano a la multiplicidad de movimientos lineales y rotativos en máquinas con procesos robóticos, hasta las grandes fuerzas necesarias para las prensas neumáticas y taladros neumáticos que rompen el hormigón.

La breve lista y los diagramas indicados más abajo, sirven solamente para indicar la versatilidad y variación del control neumático en el funcionamiento de una industria en continua expansión.

- Accionamiento de válvulas de sistema para aire, agua o productos químicos.
- Accionamiento de puertas pesadas o calientes.
- Descarga de depósitos en la construcción, fabricación de acero, minería e industrias químicas.
- Apizonamiento en la colocación del hormigón.
- Elevación y movimiento en máquinas de moldeo.
- Pulverización de la cosecha y accionamiento de otro equipamiento tractor.
- Pintura por pulverización.

- Sujeción y movimiento en el trabajo de la madera y la fabricación de muebles.
- Montaje de plantillas y fijaciones en la maquinaria de ensamblado y máquinas herramientas.
- Sujeción para pegar en caliente o soldar plásticos.
- Sujeción para soldadura fuerte y normal.
- Accionamiento y alimentación de maquinaria para trabajar la madera.
- Máquinas de embotellado y envasado.
- Máquinas herramientas, mecanizado o alimentación de herramientas.
- Robots neumáticos.
- Extracción del aire y elevación por vacío de placas finas.
- Torno de dentista.
- Y muchos más...

2.1 Propiedades del aire comprimido

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

¿Cuáles son las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su uso?

Abundante:	Esta disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
Transporte:	El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías incluso a grandes distancias. No es necesario disponer de tuberías de retorno.

- Almacenable:** No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de estos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- Temperatura:** El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- Antideflagrante:** No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.
- Limpio:** El aire comprimido es limpio y, en caso de estancamiento en tuberías o elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante, por ejemplo en la industria alimenticia, de la madera, textiles y del cuero.
- Constitución de los elementos:** La concepción de los elementos de trabajo es simple y por lo tanto, de precio económico.
- Velocidad:** Es un medio de trabajo muy rápido y por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas.
(La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).
- A prueba de sobrecargas:** Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden utilizarse hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.

Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las propiedades adversas.

- Preparación:** El aire comprimido debe ser preparado antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible:** Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza:** El aire comprimido es económico solo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual.
- Escape:** El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos:** El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento. (Cadencias elevadas).

CAPÍTULO 3

SISTEMAS PARA EL ACCIONAMIENTO DEL AIRE

Los cilindros neumáticos, los actuadores de giro y los motores de aire suministran la fuerza y movimiento a la mayoría de los sistemas de control neumático para sujetar, mover y procesar el material.

Para accionar y controlar estos actuadores, se requieren componentes neumáticos, por ejemplo unidades de acondicionamiento de aire para preparar aire comprimido y válvulas para controlar la presión, el caudal y el sentido del movimiento de los actuadores.

Un sistema neumático básico, ilustrado en la figura 3.1 se compone de dos secciones principales.

- El sistema de producción y distribución de aire.
- El sistema de consumo del aire

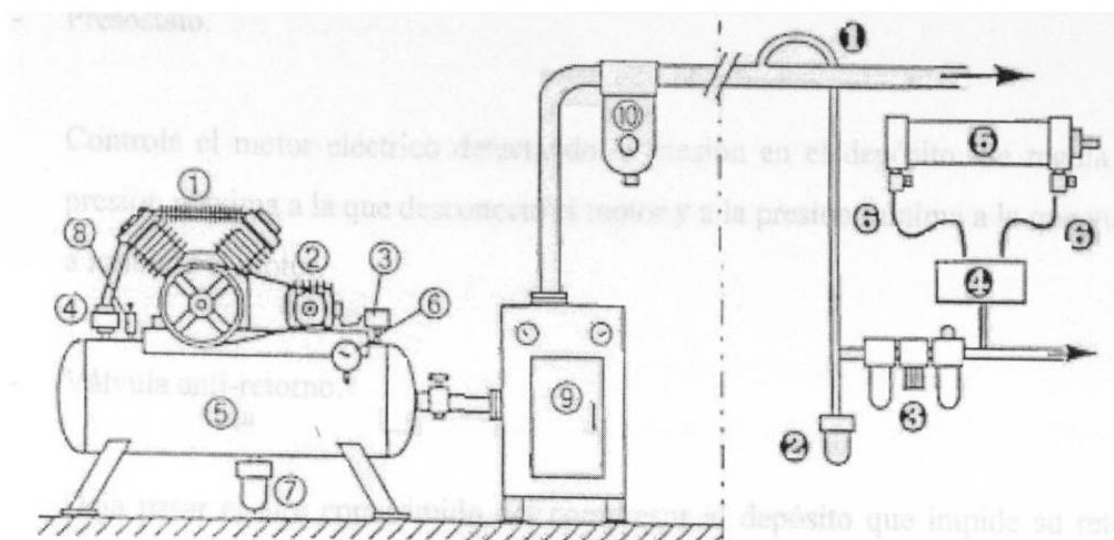


Figura 3.1 Sistema neumático básico

3.1 Sistema de producción de aire.

Las partes componentes y sus funciones principales son:

1.- Compresor

El aire tomado a presión atmosférica se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática.

2.- Motor eléctrico.

Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica a mecánica.

3.- Presostato.

Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.

4.- Válvula anti-retorno.

Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito que impide su retorno cuando el compresor está parado.

5.- Depósito.

Almacena el aire comprimido, su tamaño esta definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos entre los funcionamientos del compresor.

6.- Manómetro.

Indica la presión del depósito.

7.- Purga automática.

Purga toda el agua que se condensa en el depósito sin necesitar supervisión.

8.- Válvula de seguridad.

Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.

9.- Secador de aire refrigerado.

Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema.

10.- Filtro de línea.

Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una caída de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

3.2 Sistema de consumo de aire.

1.- Purga del aire.

Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

2.- Purga automática.

Cada tubo descendente debe de tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática que impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

3.- Unidad de acondicionamiento del aire.

Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesitan lubricación.

4.- Válvula direccional

Proporciona presión y pone a escape alternativamente dos conexiones del cilindro para controlar la dirección del movimiento.

5.- Actuador

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura 3.1 se ilustra un cilindro lineal, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

6.- Controladores de velocidad.

Permiten una regulación fácil y continua de la velocidad de movimiento del actuador.

CAPÍTULO 4

TEORÍA DEL AIRE COMPRIMIDO

4.1 Unidades

La superficie del globo terrestre esta rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno	-	78% en volumen (aprox.)
Oxígeno	-	21% en volumen (aprox.)

Además contiene trazas de Bióxido de Carbono, Argón, Hidrógeno, Neón, Helio, Criptón y Xenón.

Para la aplicación práctica de los accesorios neumáticos, es necesario estudiar las leyes naturales relacionadas con el comportamiento del aire como gas comprimido y las medidas físicas que se utilizan normalmente.

Con el fin de establecer aquí relaciones inequívocas y claramente definidas, los científicos y técnicos de la mayoría de los países, están en vísperas de acordar un

sistema de medidas que sea válido para todos denominado “sistema internacional de medidas” o abreviado “SI”

Unidades Básicas			
Magnitud	Abreviatura	Unidades y Símbolos	
		Sistema técnico	Sistema de unidades “SI”
Longitud	l	Métrico (m)	El metro (m)
Masa	m	$\frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$	El kilogramo (kg)
Tiempo	t	Segundo (s)	El segundo (s)
Temperatura	T	Grado centígrado (°C) (grado celsio)	El kelvin (K)
Intensidad de corriente	I	Amperio (A)	El amperio (A)
Intensidad luminosa	L		La candela (cd)
Volumen molecular	R		El mol (mol)

Tabla 4.1 Unidades S.I.

Unidades no métricas

La tabla que viene a continuación ilustra una comparación entre el sistema técnico y el sistema internacional.

Unidades Derivadas			
Magnitud	Abreviatura	Unidades y Símbolos Derivados	
		Sistema técnico	Sistema de unidades "SI"
Fuerza	F	kilogramo fuerza (kgf)	Newton (N) $1\text{N} = \frac{1\text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Superficie	A	Metro cuadrado (m ²)	Metro cuadrado (m ²)
Volumen	V	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)
Caudal	$\dot{V}(Q)$	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Presión	P	Atmósfera (at) (kg/cm ²)	Pascal (Pa) $1\text{ Pa} = \frac{1\text{ N}}{\text{m}^2}$ Bar (bar) $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa} = 100\text{ kPa} (10^2\text{ kPa})$

Tabla 4.2 Unidades no métricas

La combinación entre los sistemas internacional y técnico de medidas esta constituida por la Ley de Newton;

$$\text{Fuerza} = \text{Masa} \cdot \text{Aceleración}$$

$$F = m \cdot a, \text{ siendo "a" la aceleración de la gravedad "g" = } 9.81 \text{ m/s}^2$$

Para convertir las magnitudes antes indicadas de un sistema a otro rigen los siguientes valores de conversión.

Masa: $1 \text{ kg} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{s}^2}{9.81 \text{ m}}$

Fuerza: $1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$
para los cálculos aproximados puede suponerse.

$$1 \text{ kg} \approx 10 \text{ N}$$

Temperatura: diferencia de temperatura $1^\circ\text{C} = 1^\circ\text{K}$ (Kelvin)

punto cero $0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$ (Kelvin)

Presión

Es la fuerza que se ejerce sobre una área específica y esta es perpendicular a la superficie sobre la cual se ejerce.

Además de las unidades indicadas en la relación (at. En el sistema técnico, así como bar y pa en el "sistema SI"), se utilizan a menudo otras designaciones. Al objeto de completar la relación, también se citan a continuación.

Atmósfera, at.

(presión absoluta en el sistema técnico de medidas)

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 0.981 \text{ bar} (98.1 \text{ kPa})$$

Pascal, Pa

Bar, bar

(presión absoluta en el sistema de unidades)

$$1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa} = 1.02 \text{ at}$$

Atmósfera física, at

(presión absoluta en el sistema físico de medidas)

$$1 \text{ atm.} = 1.033 \text{ at} = 1.0013 \text{ bar} (101.3 \text{ kPa})$$

Milímetros de columna de agua, mm de columna de agua

$$10,000 \text{ mm ca} = 1 \text{ at} = 0.981 \text{ bar} (98.1 \text{ kPa})$$

Milímetros de columna de mercurio, mmHg

(corresponde a la unidad de presión Torr)

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Torr}$$

$$1 \text{ at} = 736 \text{ Torr}, 100 \text{ kPa} (1 \text{ bar}) = 750 \text{ Torr}$$

Como sobre la tierra todo está sometido a la presión atmosférica, no notamos esta. Se toma la correspondiente presión atmosférica P_{amb} como presión de referencia y cualquier divergencia de esta se designa sobre presión P_e .

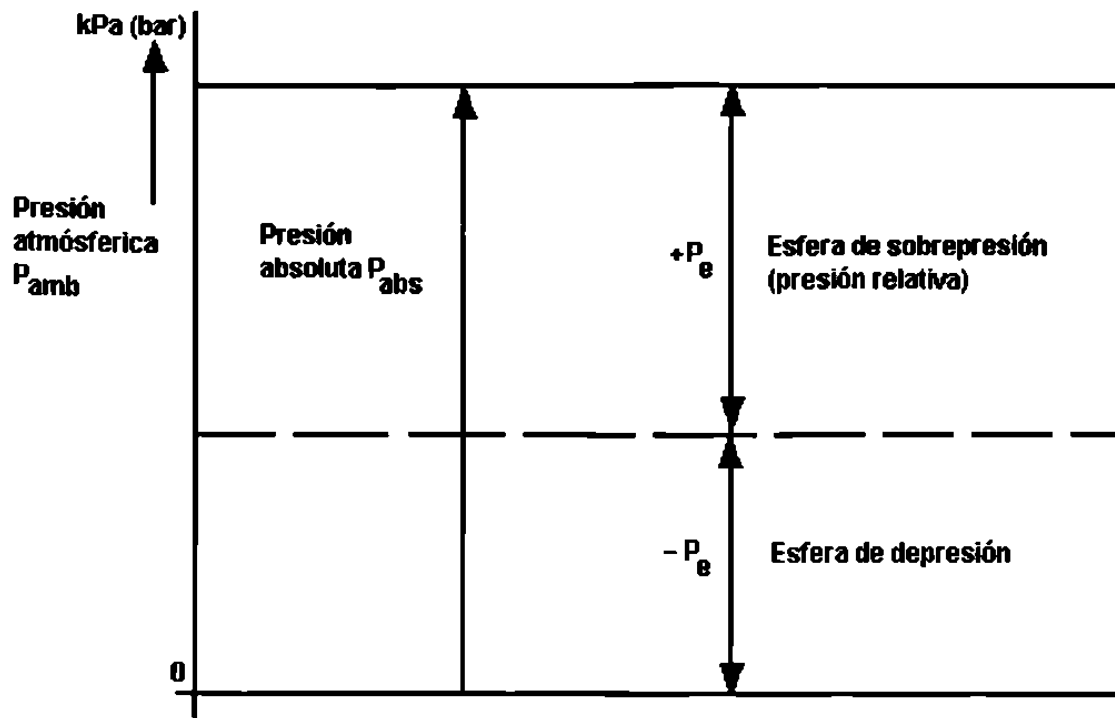


Figura 4.1 Unidades y escalas para la medición de presión

La presión de aire no siempre es la misma, cambia según la situación geográfica y el tiempo. La zona desde la línea del cero absoluto hasta la línea de referencia variable se llama esfera de depresión ($-P_e$); la superior se llama esfera de sobrepresión ($+P_e$)

La presión absoluta P_{abs} consiste en la suma de presiones $-P_e$ y $+P_e$. En la práctica se utilizan manómetros que solamente indican la sobrepresión $+P_e$. Si se indica la presión P_{abs} , El valor es unos 100 kPa (1bar) más alto.

4.2 Propiedades de los gases

Ley de Boyle

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expandirse).

La Ley que rige estos fenómenos es la Ley de Boyle-Mariotte.

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

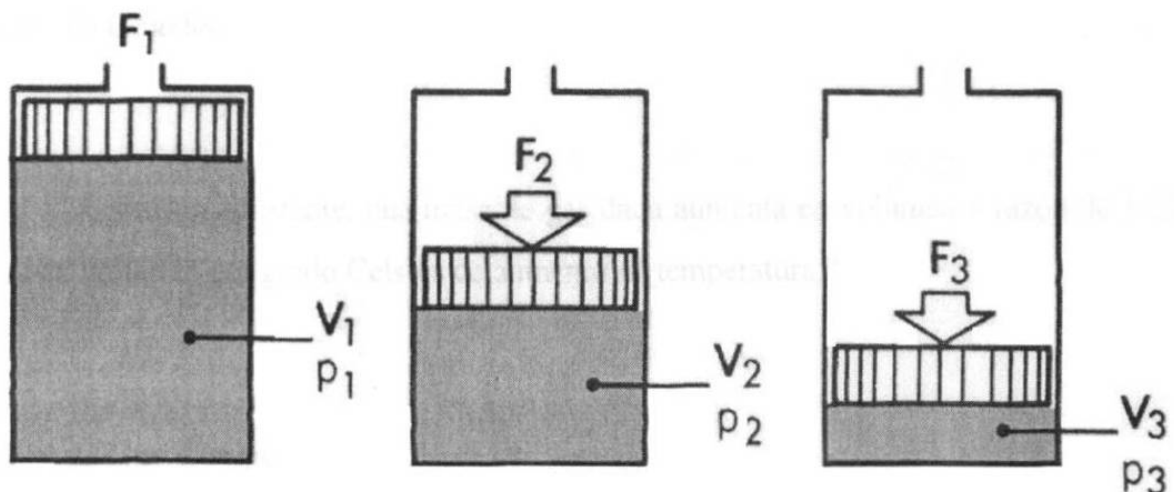


Figura 4.2 Recipiente que contiene un gas

Ejemplo:

Si el volumen $V_1 = 1\text{m}^3$, que está a la presión atmosférica $P_1 = 100\text{ kPa}$ (1bar) se comprime con la fuerza F_2 hasta alcanzar el volumen $V_2 = 0.5\text{m}^3$ permaneciendo la temperatura constante se obtiene

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} \qquad P_2 = \frac{(100\text{kPa})(1\text{m}^3)}{0.5\text{m}^3} = 200\text{kPa} = 2\text{bar}$$

Si el volumen V_1 se comprime con la fuerza F_3 aún más hasta lograr $V_3 = 0.05\text{ m}^3$, la presión que se alcanza es:

$$P_3 = \frac{P_1 V_1}{V_3} \qquad P_3 = \frac{(100\text{kPa})(1\text{m}^3)}{0.05\text{m}^3} = 2000\text{kPa} = 20\text{bar}$$

Ley de Charles

“A presión constante, una masa de gas dada aumenta en volumen a razón de 1/273 de su volumen por grado Celsius de aumento de temperatura.”

Ley de Gay Lussac

Si la presión permanece constante el volumen de un gas aumenta en proporción a la temperatura, por lo tanto

$$\frac{V}{T} = \text{cte}; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$V_1 =$ Volumen a la temperatura T_1

$V_2 =$ Volumen a la temperatura T_2

de donde:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

La variación de volumen ΔV es:

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

Lo mismo vale para V_2

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1} (T_2 - T_1)$$

Las ecuaciones anteriores tienen validez únicamente cuando las temperaturas se indican en grados Kelvin. Las temperaturas indicadas en °C deben convertirse, por tanto a °K.

También puede prepararse una ecuación con la que pueda calcularse inmediatamente en °C; para ello solo hay que añadir 273°C a los valores de temperatura.

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} [(273^\circ\text{C} + T_2) - (273^\circ\text{C} + T_1)]$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} (T_2 - T_1)$$

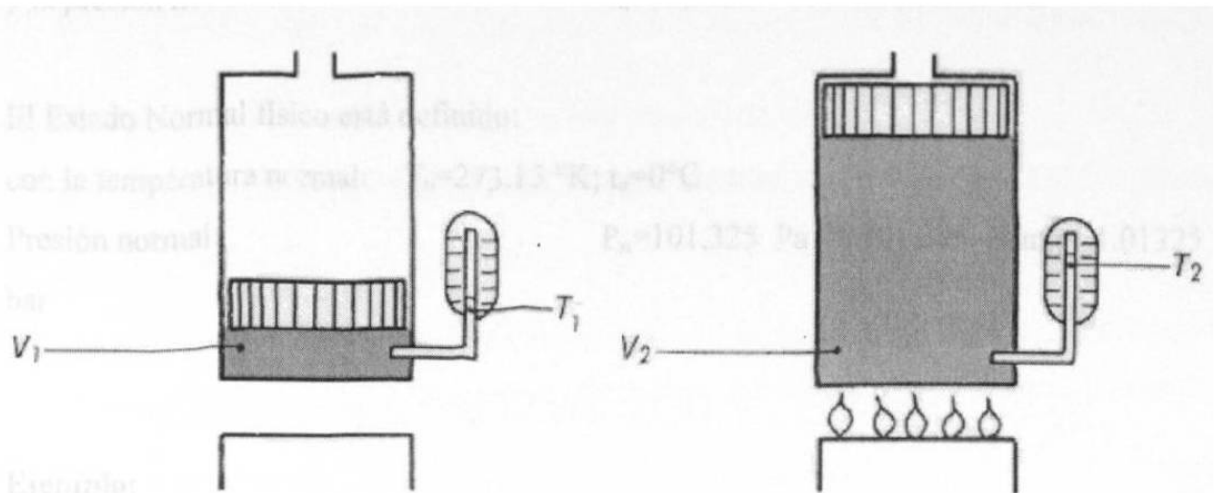


Figura 4.3 Depósito con un gas aplicando calor

Ejemplo:

0.8m³ de aire a la temperatura T₁ = 293°K (20°C) se calienta hasta T₂ = 344°K(71°C)
¿Cuál será el volumen final?

$$V_2 = 0.8\text{m}^3 + \frac{(0.8\text{m}^3)}{293^\circ\text{K}} (344^\circ\text{K} - 293^\circ\text{K})$$

$$V_2 = 0.8\text{m}^3 + 0.14\text{m}^3 = 0.94\text{m}^3$$

El aire se ha dilatado 0.14 m³ a 0.94 m³.

En neumática se suele referir todas las indicaciones de la cantidad de aire al llamado “Estado Normal”.

El Estado Normal, es un estado de una sustancia sólida, líquida o gaseosa fijada por la temperatura y la presión normales.

El Estado Normal técnico está definido:

con la temperatura normal: T_n=293.15 °K; t_n=20°C

y la presión normal:

$$P_n = 98,066.5 \text{ N/m}^2 = 0.980665 \text{ bar}$$

El Estado Normal físico está definido:

con la temperatura normal: $T_n = 273.15 \text{ °K}$; $t_n = 0^\circ\text{C}$

Presión normal:

$$P_n = 101,325 \text{ Pa} = 101,325 \text{ N/m}^2 = 1.01325$$

bar

Ejemplo:

En un depósito de 2 m^3 de capacidad hay aire a una presión de 700 kPa (7bar) y a una temperatura de 298 °K (25°C) ¿Qué cantidad de aire se encuentra en el depósito?

1er Paso:

Convertir a una presión de $101,325 \text{ Pa}$ (1.013 bar) $\approx 100,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$ (1 bar) según la Ley de Boyle – Mariotte es:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 V_2$$

$V_1 =$ Volumen en la presión P_1

$P_1 = 100 \text{ kPa}$ (1 bar) (presión normal)

$$V_2 = 2 \text{ m}^3$$

$P_2 = 700 \text{ kPa}$ (7 bar) (presión absoluta)

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1} = \frac{(700 \text{ kPa})(2 \text{ m}^3)}{100 \text{ kPa}} = 14 \text{ m}^3$$

2do Paso:

Conversión a una temperatura de 273°K (0°C)

Para la dilatación vale:

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_2 - T_1)$$

Si la temperatura T_1 es mayor que T_2 , V_2 será menor que V_1 .

Por lo tanto, si la temperatura disminuye vale lo siguiente:

$$V_2 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_2)$$

Si $T_2=273^\circ\text{K}$ (0°C), en vez de T_2 se puede poner solo T_0 y en vez de V_2 , solo V_0 .

La ecuación general es:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_0)$$

Si se desea calcular en $^\circ\text{C}$, la ecuación ampliada es la que sigue:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C})$$

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} \cdot T_1$$

Esta ecuación tiene validez empero únicamente cuando desee determinar V_0 a 0°C .

Entonces se obtiene lo siguiente:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_0)$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - \frac{14 \text{ m}^3}{298^\circ\text{K}} (298^\circ\text{K} - 273^\circ\text{K})$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - 1.17 \text{ m}^3 = 12.83 \text{ m}^3$$

El depósito contiene 12.83 m^3 de aire (referido a $^\circ\text{C}$ y una presión de $100 \text{ kPa}/1 \text{ bar}$)

4.3 Caudal

La unidad básica para el gasto volumétrico “Q” es el metro cúbico normal por segundo (m^3/s). En la neumática práctica, los volúmenes se expresan en términos de litros por minuto (l/min) o decímetros cúbicos normales por minuto (dm^3/min). La unidad no métrica para el gasto volumétrico es el pie cúbico standard por minuto (scfm).

4.3.1 Ecuación de Bernoulli

Bernoulli dice: “Si un líquido de peso específico ρ fluye horizontalmente por un tubo de diámetro variable, la energía total de los puntos 1 y 2 es la misma.

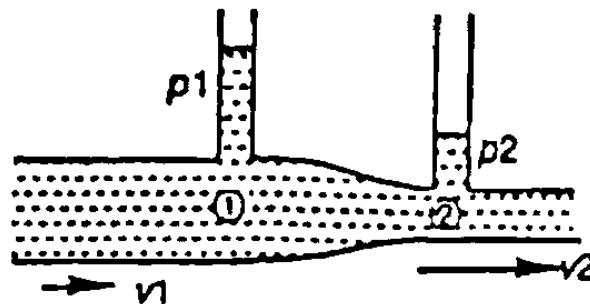


Figura 4.4 Venturímetro

O bien

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

Esta ecuación se aplica también a los gases si la velocidad del flujo no supera los 330 m/seg aproximadamente.

Aplicaciones de esta ecuación son el tubo de venturi y la compensación del flujo en los reguladores de presión.

4.4 Humedad del Aire

El aire de la atmósfera contiene siempre un porcentaje de vapor de agua. La cantidad de humedad presente depende de la humedad atmosférica y de la temperatura.

Cuando el aire atmosférico se enfría, alcanza cierto punto en que se satura con la humedad. Esto se le conoce como punto de condensación o punto de rocío. Si el aire se enfría más, no retiene toda la humedad y el sobrante se decanta como gotas en miniatura que forman un líquido condensado.

La cantidad real de agua que puede ser retenida depende por completo de la temperatura; 1m^3 de aire comprimido es capaz de retener solo la misma cantidad de vapor de agua como 1 m^3 de aire a presión atmosférica.

La tabla 4.3 ilustra el número de gramos de agua por metro cúbico para una amplia gama de temperaturas, desde -30°C hasta $+80^{\circ}\text{C}$. La línea en negrita se refiere al aire atmosférico con el volumen a la temperatura en cuestión. La línea fina indica la cantidad de agua por metro cúbico standard. Todo consumo de aire se expresa normalmente en volumen standard, lo que hace innecesario el cálculo.

Para la gama de temperaturas de las aplicaciones neumáticas, la tabla muestra los valores exactos. La primera mitad se refiere a las altas temperaturas sobre cero, mientras que la parte inferior indica las temperaturas sobre cero. Las filas superiores muestra el contenido de un metro cúbico standard y las inferiores el contenido en un volumen de un m^3 a la temperatura dada.

Temperatura °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
gr/m ³ _n (Standard)	4.98	6.99	9.86	13.76	18.99	25.94	35.12	47.19	63.03
gr/m ³ (Atmosférico)	4.98	6.86	9.51	13.04	17.69	23.76	31.64	41.83	54.108
Temperatura °C	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
gr/m ³ _n (Standard)	4.98	3.36	2.28	1.52	1.00	0.64	0.40	0.25	0.15
gr/m ³ (Atmosférico)	4.98	3.42	2.37	1.61	1.08	0.70	0.45	0.29	0.18

Tabla 4.3 Gramos de agua por metro cúbico para diferentes temperaturas

4.4.1 Humedad Relativa

A excepción de condiciones atmosféricas, como una caída de la temperatura, el aire atmosférico no se satura nunca. El coeficiente entre el contenido real de agua y del punto de condensación se llama humedad relativa y se indica como porcentaje.

$$\text{Humedad Relativa h.r.} = \frac{\text{contenido real del agua}}{\text{cantidad de saturación (punto de condensación)}} \times 100\%$$

4.5 Presión y Caudal

La relación más importante para los componentes neumáticos es la que existe entre presión y caudal.

Si no existe circulación de aire, la presión en todos los puntos del sistema será la misma, pero si existe circulación desde un punto hasta otro, está querrá decir que la

presión en el primer punto es mayor que en el segundo punto, es decir, existe diferencia de presión, esta diferencia depende de tres factores:

- La presión inicial
- El caudal de aire que circula
- La resistencia al flujo existente entre ambas zonas

La resistencia a la circulación de aire es un concepto que no tiene unidades propias (como el ohmio en electricidad) sino que en neumática se usa el concepto opuesto, es decir, concepto que refleja la facilidad a la amplitud de un elemento para que el aire circule a través de él, el área de orificio equivalente “S” o el “Cv” o el “Kv”.

La sección de orificio equivalente “S” es expresada en mm^2 y representa el área de un orificio sobre pared delgada que crea la misma relación entre presión y caudal que el elemento definido por él.

Estas relaciones son en cierta manera, similares a la electricidad donde “Diferencia de Potencial = Resistencia · Intensidad. Esto trasladado de alguna forma neumática, será “Caída de Presión = Caudal · área efectiva”, sólo que mientras más unidades eléctricas son directamente proporcionales, esta relación para el aire es bastante más compleja y nunca será simplemente proporcional.

En electricidad de un amperio (1A), crea sobre una resistencia de un ohmio una tensión de un volts (1V). Esto se cumple bien sea desde 100 V a 99 V ó desde 4V a 3V. En cambio, una caída de presión a través del mismo objeto y con el mismo caudal, puede variar la presión inicial y también con la temperatura. Razón, la compresibilidad del aire.

Para definir uno de los cuatro datos interrelacionados que han sido mencionados, a partir de los otros tres, utilizaremos el diagrama que se muestra a continuación.

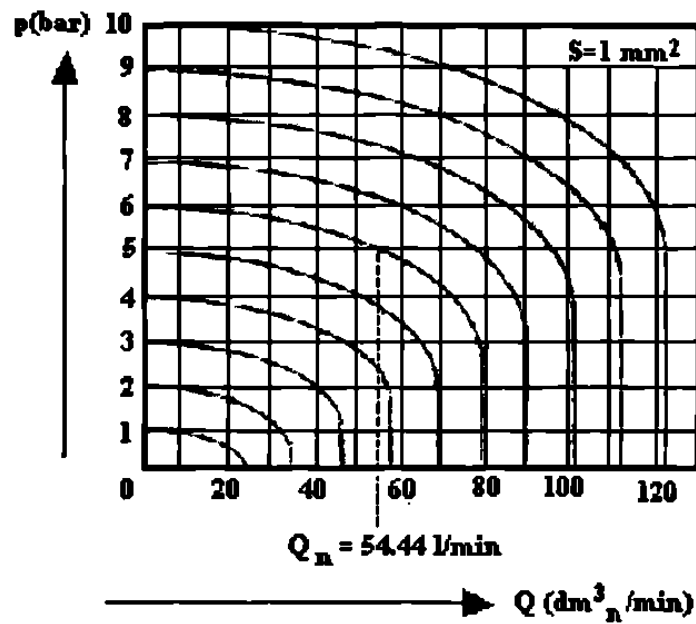


Figura 4.5 Diagrama presión contra gasto

El triángulo de la esquina inferior derecha marca el rango del “flujo a velocidad sónica”, cuando el caudal de aire alcanza una velocidad cercana a la del sonido. En este caso, el caudal ya no se puede incrementar independientemente de la diferencia de presión que pueda existir entre la entrada y la salida. Como puede verse, las curvas en esta zona caen verticalmente.

Esto supone que el caudal no depende de la diferencia de presión, sino de la presión de entrada.

Uso del Diagrama:

La escala de presión en la izquierda de la figura 4.5 indica tanto la presión de entrada como la de salida. La primera línea vertical de la izquierda representa el caudal cero y evidentemente, la presión en la entrada y la salida; las diferentes curvas para las presiones de entrada desde 1 hasta 10 bar, indican como varía la presión de salida con el incremento de caudal.

Ejemplo 1:

- Presión de entrada de 6 bar
- Caída de presión de 1 bar – Presión de salida 5 bar.

Seguiremos la línea que parte de 6 bar hasta que corta la horizontal del nivel de 5 bar. Desde este punto, nosotros seguiremos la línea a trazos que baja verticalmente hasta la escala de caudales, en la que obtendremos un valor de 55 l/min. Esta situación concreta define lo que se ha llamado el “volumen de flujo estándar (Qn)” un valor encontrado en los catálogos para una rápida comparación de la capacidad de caudal de otras válvulas.

El caudal obtenido en este diagrama es para un elemento (válvula, tubería, etc.) con una presión equivalente “S” de 1 mm². Si el elemento en cuestión tiene según catálogo, una “S” de 4.5 mm², el caudal real será 4.5 veces mayor.

En este caso $4.5 \times 54.44 = 245$ l/min

Ejemplo 2.

Dado un elemento con una presión equivalente “S” de 12 mm², con una presión de alimentación de 7 bar y un consumo de aire de 600 l/min. ¿Qué presión obtendremos a la salida?

Un caudal de 600 l/min con una presión equivalente de 12 mm², corresponde a un caudal de 50 l/min por cada mm² de presión equivalente (necesitamos esta conversión para poder utilizar el diagrama de la figura 4.5. Seguimos la curva que comienza en 7 bar hasta que corta la línea vertical de 50 l/min de Qn. A partir de este punto, seguimos la línea horizontal hasta la escala de presiones y obtenemos un valor de 6.3 bar.

Cuando se requiere un cálculo más exacto que el que pueda ser obtenido en este diagrama, el caudal puede ser calculado con alguna de las fórmulas siguientes:

Observando el diagrama de la figura 4.9 nos lo pueden aclarar y lógicamente, deben existir dos fórmulas diferentes para los rangos de “flujo sónico” y para los rangos de “flujos subsónicos”. La frontera entre el flujo sónico y el subsónico viene establecida por las siguientes fórmulas:

$$\text{Flujo sónico} \quad P_2 + 1.013 \leq 1.896 (P_1 + 1.013)$$

$$\text{Flujo subsónico} \quad P_2 + 1.013 > 1.896 (P_1 + 1.013)$$

El caudal Q vendría dado por las siguientes fórmulas:

$$\text{Flujo subsónico} \quad Q = 22.2 \cdot S \cdot \sqrt{(P_2 + 1.013) \cdot (P_1 - P_2)}$$

$$\text{Flujo sónico} \quad Q = 11.1 \cdot S (P_1 + 1.013)$$

Siendo P_1 y P_2 funciones relativas o manométricas

Vea como un sistema neumático nunca funcionaría de forma satisfactoria en condiciones de flujo sónico ya que, por ejemplo de una presión de alimentación de 6 bar no quedarían nada más que 2.7 bar para trabajar.

Ejemplo 3:

Calculamos el flujo del ejemplo 2 asumiendo una presión de trabajo de 7 bar y una presión de salida de 6.3 bar con una sección equivalente “S” de 12 mm² para el sistema de válvula y tuberías

$$Q = 22.2(12) \cdot \sqrt{7.313(0.7)} = 597.3 \text{ l/min}$$

Este dato nos muestra que la precisión del diagrama es suficiente para el uso práctico en neumática.

CAPÍTULO 5

COMPRESIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

5.1 Generadores de Aire Comprimido

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. 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.

En el momento de la planificación, es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en un futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro, el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También deberá tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos compresores.

5.2 Tipos de compresores

Un compresor convierte la energía mecánica de un motor eléctrico o de combustión en energía potencial de aire comprimido.

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de compresores.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

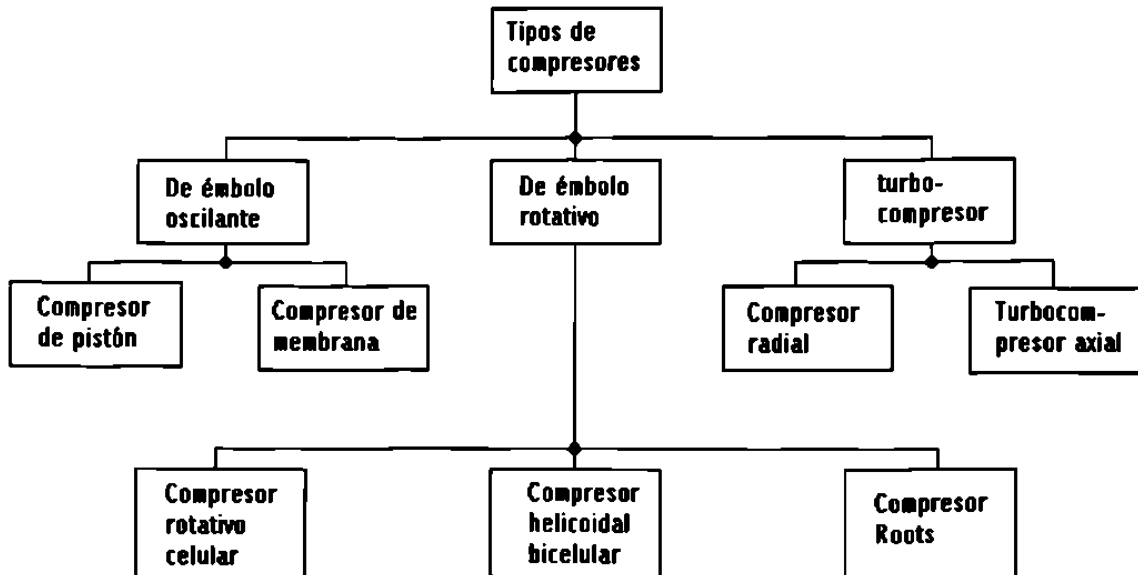


Figura 5.1 Tipos de compresores

5.3 Compresores Alternativos

5.3.1 Compresor de émbolo de una etapa

El aire recogido a presión atmosférica se comprime a la presión deseada con una sola compresión.

El movimiento hacia abajo del émbolo aumenta el volumen para cerrar una presión más baja que la de la atmósfera, lo que hace entrar el aire en el cilindro para la válvula de entrada.

Al fin de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la válvula de entrada se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la válvula de salida a abrirse para descargar el aire en el depósito de recogido.

Este tipo de compresores se utiliza generalmente en sistemas que requieren aire en la gama 3-7 bares.

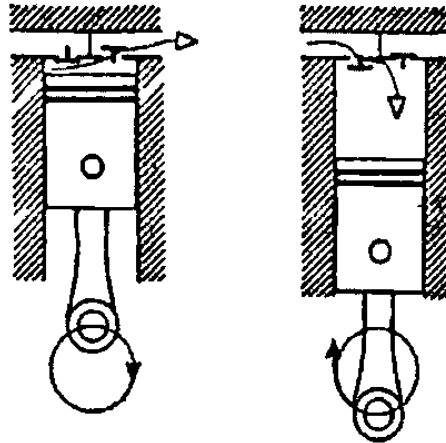


Figura 5.2 Compresor de émbolo de una sola etapa

5.3.2 Compresor de émbolo de dos etapas

En un compresor de una sola compresión, cuando se comprime el aire por encima de 6 bares, el calor excesivo que se crea reduce en gran medida su eficacia. Debido a esto, los compresores de émbolo utilizados en los sistemas industriales de aire comprimido son generalmente de dos etapas.

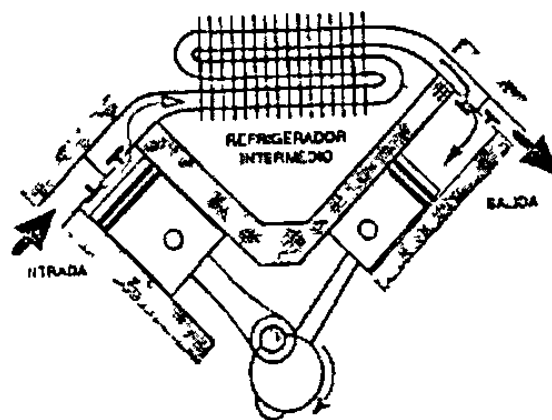


Figura 5.3 Compresor de émbolo de dos etapas

El aire recogido a presión atmosférica se comprime en dos etapas hasta la presión final. Si la presión final es de 7 bares, la primera compresión normalmente comprime el aire hasta aproximadamente 3 bares, tras lo cual se enfría. Se alimenta entonces el cilindro de la segunda compresión que comprime el aire hasta 7 bares.

El aire comprimido entra en el cilindro de segunda compresión a una temperatura más reducida, tras pasar por el refrigerador intermedio, mejorando el rendimiento en comparación con una unidad de una sola compresión. La temperatura final puede estar alrededor de 120°C.

5.3.3 Compresor de Diafragma

Los compresores de diafragma suministran aire comprimido seco hasta 5 bares y totalmente libre de aceite, por lo tanto se utilizan ampliamente en la industria alimenticia, farmacéutica y similares.

El diafragma proporciona un cambio en el volumen de la cámara, lo que permite la entrada de aire en la carrera hacia abajo y la compresión en la carrera hacia arriba.

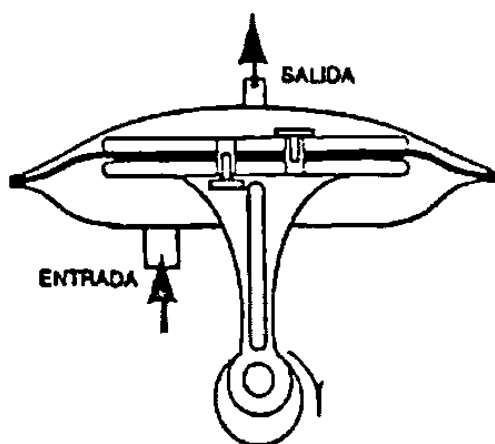


Figura 5.4 Compresor de diafragma

5.3.4 Compresores rotativos

5.3.4.1 Compresor rotativo de paleta deslizante

Este compresor tiene un rotor montado excéntricamente con una serie de paletas que se desliza dentro de ranuras radiales.

Al girar el rotor, la fuerza centrífuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator y el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada de aire hasta la salida, comprimiendo así el aire.

La lubricación y la estanqueidad se obtienen inyectando aceite en la corriente de aire cerca de la entrada. El aceite actúa también como refrigerante para eliminar parte del calor generado por la compresión, para limitar la temperatura alrededor de 190°C.

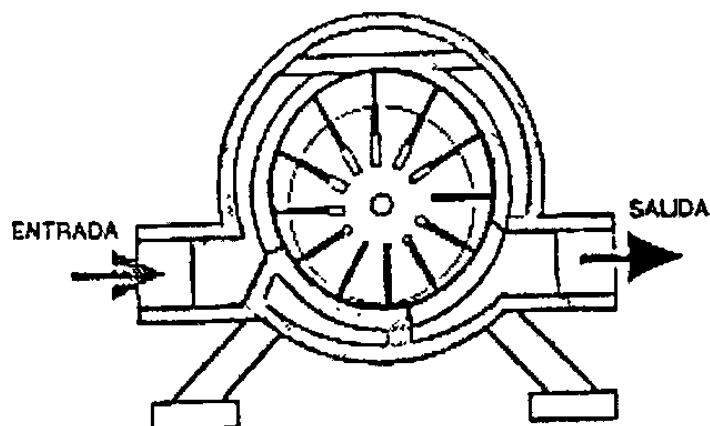


Figura 5.5 Compresor de paleta

5.3.4.2 Compresor de tornillo

Dos motores helicoidales engranan girando en sentidos contrarios. El espacio libre entre ellos disminuye axialmente en volumen, lo que comprime el aire atrapado entre los dos rotores.

El aceite lubrica y cierra herméticamente los dos tornillos rotativos, los separadores de aceite eliminan el mismo aire de salida.

Con estas máquinas se puede obtener caudales unitarios continuos y elevados, de más de $400 \text{ m}^3/\text{min}$, a presiones superiores a 10 bares.

Este tipo de compresor, más que el compresor de paletas, ofrece un suministro continuo libre de altibajos

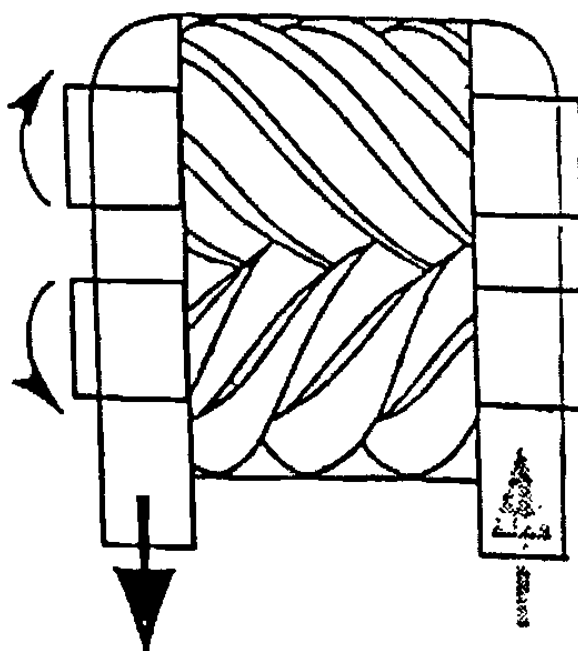


Figura 5.6 Compresor de tornillo

El tipo industrial de compresor de aire más común sigue siendo la máquina alternativa, aunque los tipos de tornillo y paletas se están usando cada vez más.

5.3.5 Turbo compresores

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 medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

El compresor de tipo axial su rotación de los álabes acelera el aire en sentido axial de flujo.

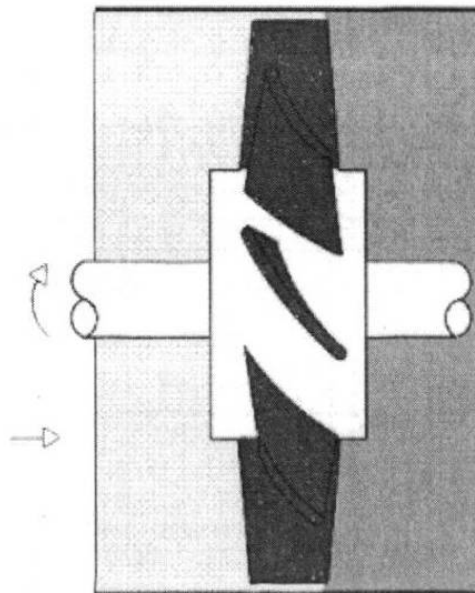


Figura 5.7 Compresor axial

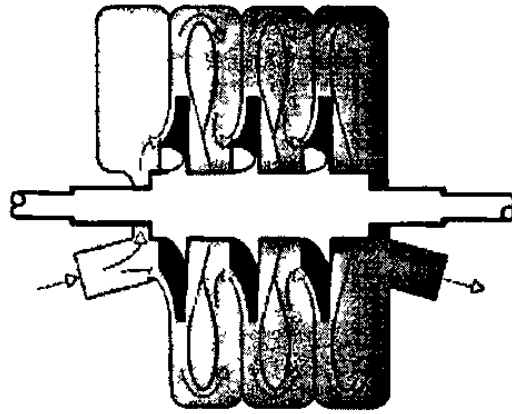


Figura 5.8 Compresor radial

En este diagrama están indicadas las zonas de cantidades de aire aspirado y la presión para cada tipo de compresor.

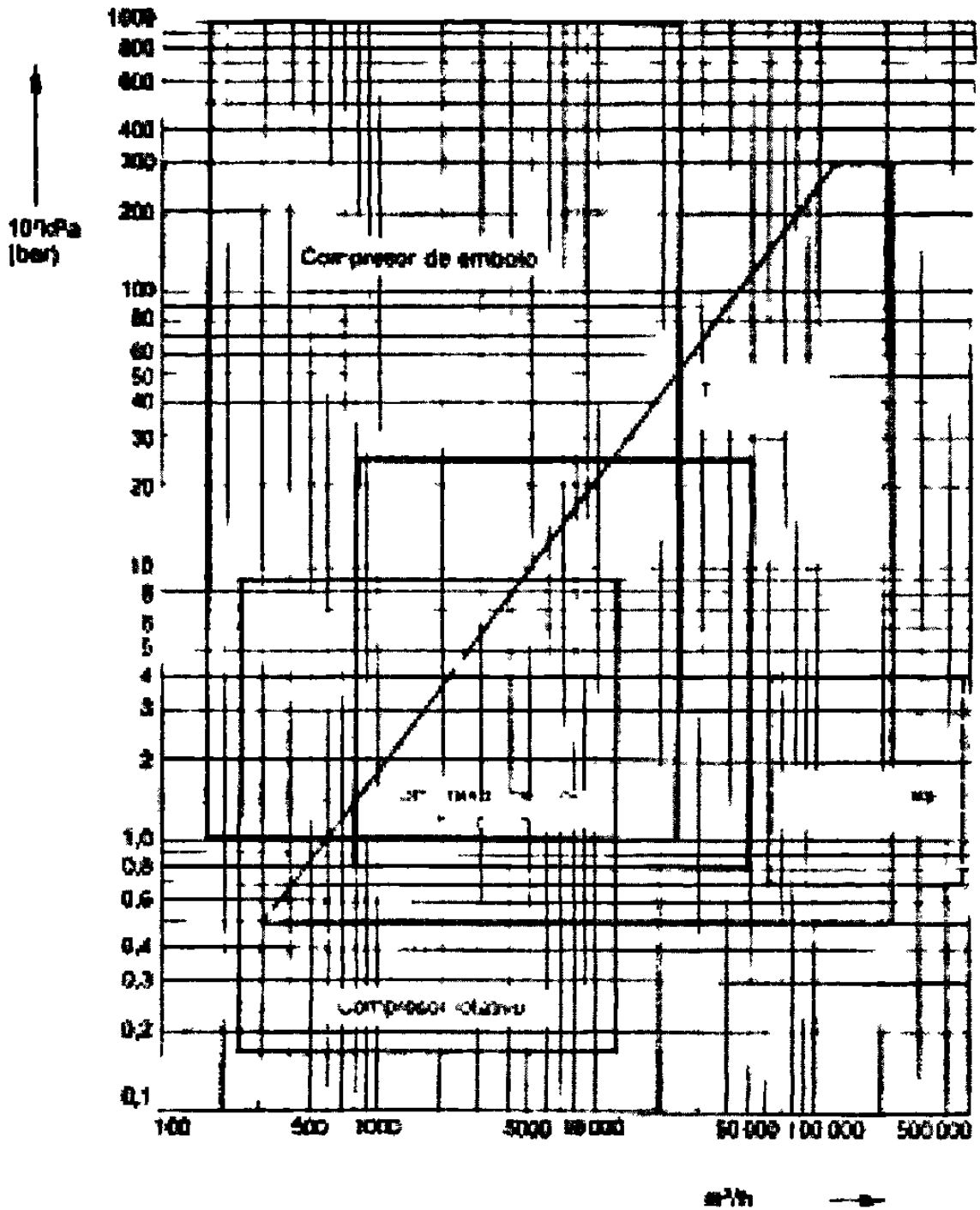


Figura 5.9 Diagrama de caudal

5.4 Selección del compresor

5.4.1 Caudal

Por caudal se entiende la cantidad de aire que suministra el compresor.

Existen dos conceptos:

1. El caudal teórico
2. El caudal efectivo o real

En el compresor de émbolo oscilante, el caudal teórico es igual al producto de cilindrada · Velocidad de rotación.

El caudal efectivo depende de la construcción del compresor y de la presión. En este caso el rendimiento es muy importante.

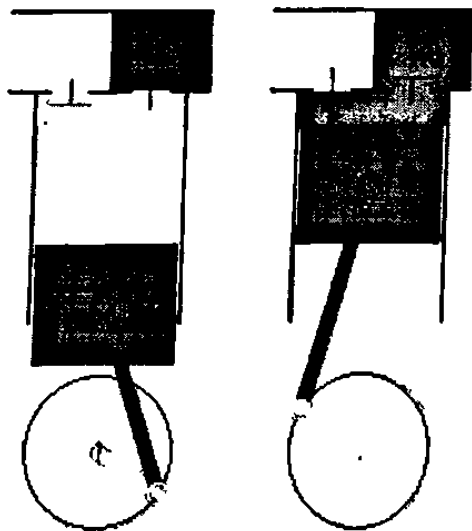


Figura 5.10 Caudal

Es interesante conocer el caudal efectivo del compresor. Solo éste es el que acciona y regula los equipos neumáticos.

Los valores indicados según las normas representan valores efectivos. El caudal se expresa m^3/min , m^3/hr .

No obstante son numerosos los fabricantes que solamente indican el caudal teórico.

5.4.2 Presión

También se distinguen dos conceptos:

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores.

La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado. En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar).

Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

Importante:

Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso es necesario que la presión tenga valor constante. De ésta dependen:

- La velocidad
- Las Fuerzas
- El desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo.

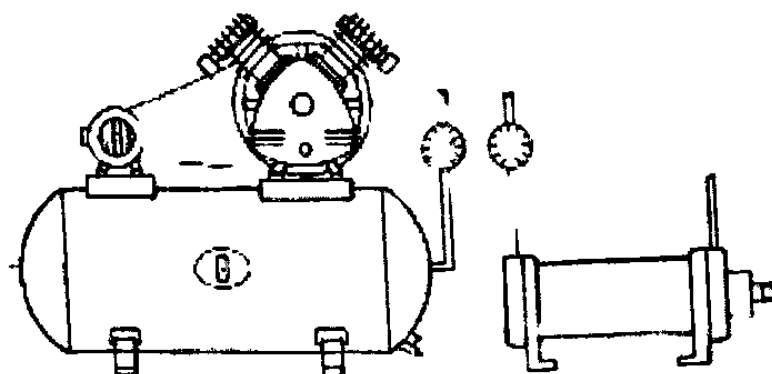


Figura 5.11 Presión

5.4.3 Accionamiento

Los compresores accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de explosión. En la industria en la mayoría de los casos los compresores se arrastran por medio de un motor eléctrico.

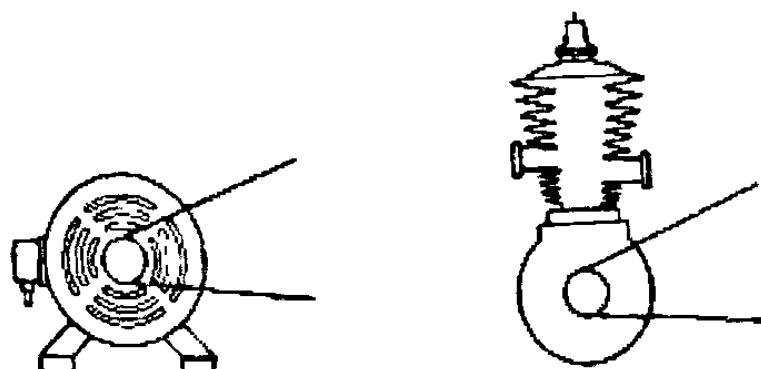


Figura 5.12 Accionamiento

5.4.4 Regulación

Al objeto de adaptar el caudal suministrado por el compresor, el consumo que fluctúa, se debe proceder a ciertas regulaciones del compresor. Existen diferentes clases de regulación.

El caudal varía entre dos valores límites ajustados (presiones máxima y mínima).

Se conocen diferentes pistones de regulación:

Regulación de mordida en vacío	Regulación de carga parcial	Regulación intermitente
a) Regulación por escape a la atmósfera b) Regulación por aislamiento de la aspiración c) Regulación por apertura de la aspiración	a) Regulación de velocidad de rotación b) Regulación por estrangulación de la aspiración.	

Regulación de marcha en vacío:

- a) Regulación por escape a la atmósfera

En esta simple regulación con una válvula reguladora de presión a la salida del compresor. Cuando en el depósito (red) se ha alcanzado la presión deseada, dicha

válvula abre el paso y permite que el aire escape a la atmósfera. Una válvula antirretorno impide que el depósito se vacíe (solo en instalaciones muy pequeñas).

b) Regulación por aislamiento de la aspiración

En este tipo de regulación se bloquea el lado de la aspiración. La tubuladura de aspiración del compresor está cerrada. El compresor no puede aspirar y sigue funcionando en el margen de dispersión. Esta regulación se usa principalmente en los compresores rotativos y también en los de émbolo oscilatorio.

c) Regulación por apertura de la aspiración

Se utiliza en compresores de émbolo de tamaño mayor. Por medio de una mordaza se mantiene abierta la válvula de aspiración y el aire circula con que el compresor lo comprima. Esta regulación es muy sencilla.

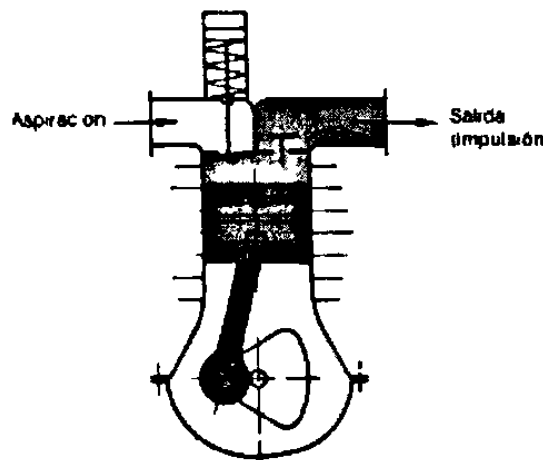


Figura 5.13 Regulación por apertura de la aspiración

Regulación de carga parcial

a) Regulación de la velocidad de rotación

El regulador de velocidad del motor de combustión interna se ajusta en función de la presión de servicio deseada, por medio de un elemento de mando manual o automático.

Si el accionamiento es eléctrico, la velocidad de rotación puede regularse de forma progresiva empleando motores de polos conmutables. No obstante, este procedimiento no es muy utilizado.

b) Regulación del caudal aspirado.

Se obtiene por simple estrangulamiento de la tubuladura de aspiración. El compresor puede ajustarse así a cargas parciales predeterminadas. Este sistema se presenta en compresores rotativos o en turbo compresores.

Regulación por intermitencia

Con este sistema, el compresor tiene dos estados de servicio (funciona a plena carga o está desconectado). El motor de accionamiento del compresor se para al alcanzar la presión máxima. Se conecta de nuevo y el compresor trabaja al alcanzar el valor de la presión mínima.

Los momentos de conexión y desconexión pueden ajustarse mediante una presóstato. Para mantener la frecuencia de conmutación dentro de los límites admisibles, es necesario prever un depósito de gran capacidad.

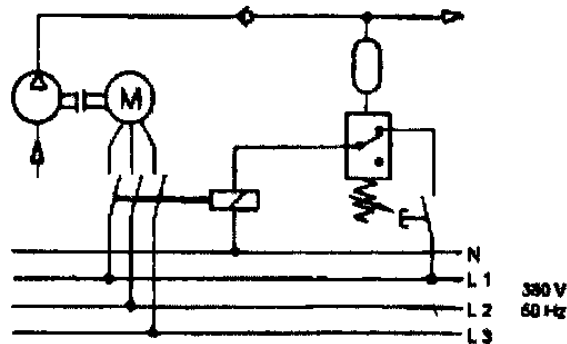


Figura 5.14 Regulación intermitente

5.5 Accionamiento del compresor

5.5.1 Depósito del aire comprimido

Un depósito de aire comprimido es una cisterna a presión construida en chapa de acero soldada, montada horizontal o verticalmente, directamente después del refrigerador final para recibir el aire comprimido amortiguando así los impulsos esenciales en el caudal del aire.

Sus funciones principales son las de almacenar una cantidad suficiente de aire para satisfacer las demandas que superan la capacidad del compresor, sin embargo, suministra también un enfriamiento adicional para precipitar el aceite y la humedad que llegan al refrigerador antes de que el aire se distribuya interiormente. A este respecto, colocar el depósito del aire en un lugar fresco representa una ventaja.

El depósito debe estar provisto de válvula de seguridad, manómetro, purga y tapas de inspección para la comprobación o limpieza del interior.

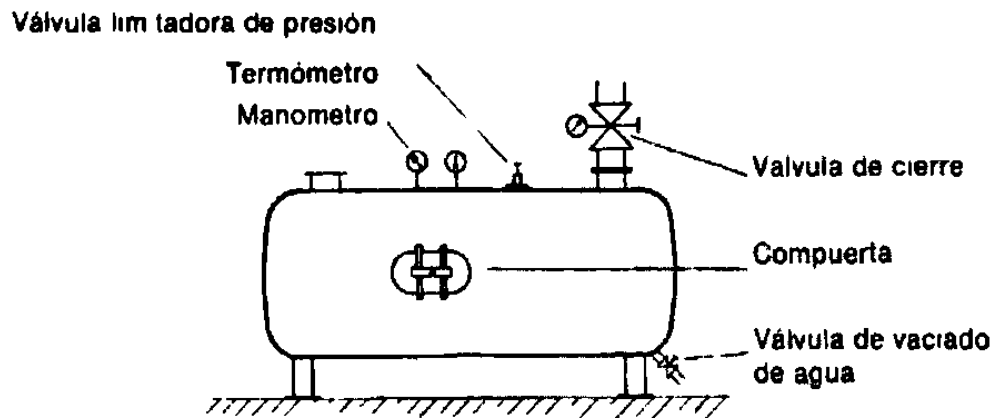


Figura 5.15 Acumulador

5.5.2 Selección del tamaño del depósito de aire comprimido

El tamaño de los depósitos del aire se selecciona según las salidas del compresor, el tamaño del sistema y el hecho de que la demanda sea relativamente constante o variable.

Los compresores con accionamiento eléctrico en plantas industriales, los que suministran una red, normalmente se conectan y desconectan entre una presión mínima y máxima. Este control se llama "automático". Para ello es necesario un volumen mínimo del depósito del aire para evitar que la conexión y desconexión sean demasiado frecuente.

Los compresores móviles con un motor de combustión no se paran cuando se alcanza una presión máxima, sino que se elevan las válvulas de succión de forma que el aire pueda fluir dentro y fuera del cilindro sin ser comprimido. La diferencia de presión

y la compresión y la carrera en vacío es bastante pequeña. En este caso es necesario solo un pequeño depósito.

Para plantas industriales, la regla apropiada para el tamaño del depósito es:

Capacidad del depósito de aire = Salida del aire comprimido por minuto del compresor
(No F.A.D. = No el "aire libre descargado)

Ejemplo: Descarga del compresor $18 \text{ m}^3/\text{min}$ (aire libre), presión media de la línea 7 bares:

Por lo tanto, la salida de aire comprimido por minuto =

$$\frac{18000}{7} = 2500 \text{ Litros aproximados}$$

Un depósito con un volumen de 2750 litros será entonces el tamaño más adecuado.

5.5.3 Filtro de Entrada

La atmósfera de una ciudad típica puede contener 40 partes por millón/ m^3 de partículas sólidas, es decir polvo, suciedad, polen, etc. Si se comprime este aire a 7 bares, la concentración sería de 320 partes por millón/ m^3 . Una condición para la confiabilidad y duración del compresor debe ser la instalación de un filtro eficaz y adecuado para impedir el desgaste excesivo de cilindros, anillos del émbolo, etc., que es provocado principalmente por el efecto abrasivo de estas impurezas.

El filtro no debe ser demasiado fino puesto que el rendimiento del compresor disminuye debido a la elevada resistencia al caudal del aire y así a las partículas de aire muy pequeñas (2-5 μ) no se pueden eliminar.

La entrada del aire debe estar situada de forma que en la medida de lo posible se aspire aire seco limpio, con conductos de entrada de diámetro lo suficientemente grande para evitar una caída de presión excesiva. Cuando se utilice un silenciador es posible incluir el filtro de aire que se colocará después de la posición del silenciador, de forma que esté sujeto a efecto de pulsación mínimos.

5.6 Deshidratación del aire

5.6.1 Post-Enfriadores

Después de la compresión final, el aire está caliente y, al enfriarse el agua se depositará en cantidades considerables en el sistema de tuberías, lo cual deberá evitarse. La manera más efectiva de eliminar la mayor parte del agua de condensación es someter al aire a la refrigeración posterior, inmediatamente después de la compresión.

Los post-enfriadores son intercambiadores que pueden ser unidades refrigeradas por aire o por agua.

5.6.2 Refrigeración por aire

Consiste en una serie de conductos por los cuales fluye el aire comprimido y sobre los caudales se hace pasar una corriente forzada de aire frío por medio de un ventilador. Un ejemplo típico se ilustra en la figura 5.16.

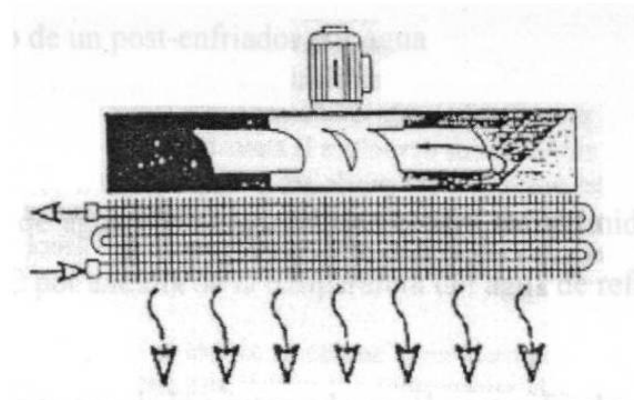


Figura 5.16 Principio de un post-refrigerador refrigerado por aire

La temperatura del aire comprimido refrigerado debe ser de apropiadamente 15°C por encima de la temperatura del aire de refrigeración.

5.6.3 Refrigeración por agua

Se trata esencialmente de un revestimiento de acero que aloja unos conductos en los que el agua circula por un lado y el aire por el otro, normalmente de forma que el flujo de ambos fluidos sea en sentido contrario a través del refrigerador. Este principio se ilustra en la figura 5.17.

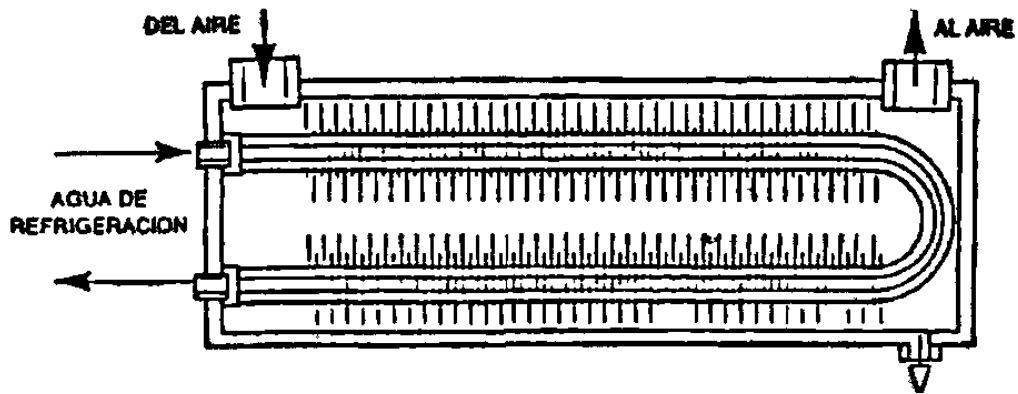


Figura 5.17 Principio de un post-enfriador por agua

Un post enfriador de agua nos asegurará que el aire comprimido descargado estará aproximadamente 10°C por encima de la temperatura del agua de refrigeración.

Una purga automática acoplada o integrada, en el post enfriador quita el condensado acumulado.

Los post enfriadores podrían estar equipados con una válvula de seguridad, un manómetro y se recomienda que se incluyan termómetros tanto para el aire como para el agua.

5.7 Secadores de aire

Los post enfriadores enfrían el aire hasta unos 10 o 15°C por encima del medio refrigerante. El control y operación de los elementos de un sistema neumático serán normalmente a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C). Esto nos puede hacer pensar que no se precipitaron ningún condensado más y que la humedad remanente es expulsada con el aire de salida de vuelta a la atmósfera. A menudo, la temperatura circundante con el caudal pasa por las líneas de tuberías, por ejemplo durante la noche.

Esta situación enfría el aire comprimido todavía más, por lo que habrá todavía vapor que se condensará como agua.

La medida empleada en el secado de aire en la bajada del rocío, el cual se define como la temperatura a la cual el aire está completamente saturado de humedad (100% h.r.). Cuando más bajo sea el punto de rocío, menos humedad queda en el aire.

Existen dos tipos principales de secadores de aire disponibles que operan por procesos de absorción, adsorción o refrigeración.

5.7.1. Secado por absorción (Secado coalescente)

El aire comprimido es forzado a través de un agente secante, yeso deshidratado o cloruro de magnesio que contiene en forma sólida cloruro de litio o cloruro de calcio, el cual reacciona con la humedad para formar una solución que es drenada desde el fondo de la cisterna.

El agente secante debe ser refrigerado a intervalos regulares ya que el punto de rocío se eleva en función del consumo de sales durante el funcionamiento; de todas formas a presiones de 7 bar, son posibles puntos de rocío de 5°C.

Las principales ventajas de este método son su bajo costo inicial y de funcionamiento, por el contrario la temperatura de entrada no debe exceder de 30 °C, los productos químicos implicados son altamente corrosivos, necesitando un filtrado cuidadosamente comprobado para asegurar que ninguna fina partícula corrosiva sea arrastrada al sistema neumático.

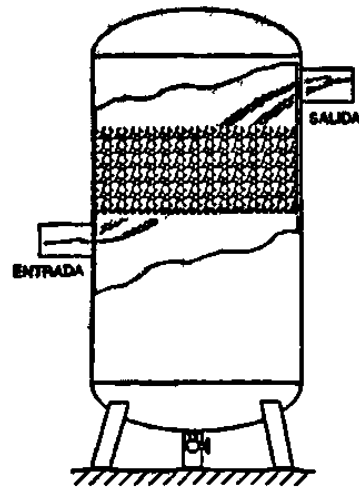


Figura 5.18 Principio del secador de aire por absorción

5.7.2. Secado por absorción (deseccante)

En una cámara vertical está contenido un producto químico tal como la sílica gel o la alumina activada en forma granular, para que, por métodos físicos, absorba la humedad del aire comprimido que pasa a través de él. Cuando el agente secante se satura es regenerado mediante secado previamente, ver esquema 5.19.

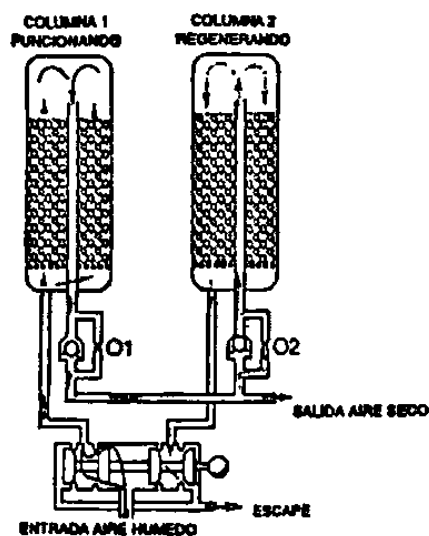


Figura 5.19 Principio del secador de aire por absorción regenerado por pérdida de calor

El aire comprimido húmedo entra a través de una válvula de control direccional y pasa atravesando la columna desecante 1. El aire seco fluye hacia la vía de salida.

Entre un 10% y un 20% de aire seco pasa a través del orificio O2 y de la columna 2 en dirección contraria, para reabsorber la humedad del desecante con el fin de regenerarlo. El flujo de aire de refrigeración va entonces hacia el escape.

La válvula de control direccional es accionada periódicamente por un temporizador para conseguir alternativamente el suministro de aire a una columna y la regeneración de la otra, para proporcionar aire seco continuo.

Con este método son posibles puntos de rocío extremadamente bajos, por ejemplo de -40°C .

Un indicador de color puede ser incorporado al desecante para comprobar el grado de saturación. El microfiltrado es esencial a la salida del secador para prevenir el arrastre de partículas absorbentes. El costo inicial y de funcionamiento es comparativamente alto, pero los costos de mantenimiento tienden a ser bajos.

5.7.3. Secado por refrigeración.

Es una unidad mecánica que incorpora un circuito de refrigeración con dos intercambiadores de calor.

El aire húmedo a alta temperatura es pre-enfriado en el primer intercambiador de calor (1) transfiriendo parte de su calor al aire frío de salida.

Entonces, en el intercambiador de calor (2), el aire es enfriado gracias al principio refrigerador de extracción de calor como resultado de la evaporación de gas freón en su

propio circuito de refrigeración. En ese momento la humedad y las partículas de aceite se condensan y son automáticamente drenadas.

El aire frío seco de la tubería de retorno pasa a través del intercambiador de aire (1) y coge calor del aire entrante a alta temperatura. Esto previene la formación de rocío en la salida de descarga, aumentando el volumen y bajando la humedad relativa.

Como regla general, el costo del secado de aire comprimido puede representar entre el 10% y el 20% del costo del aire comprimido.

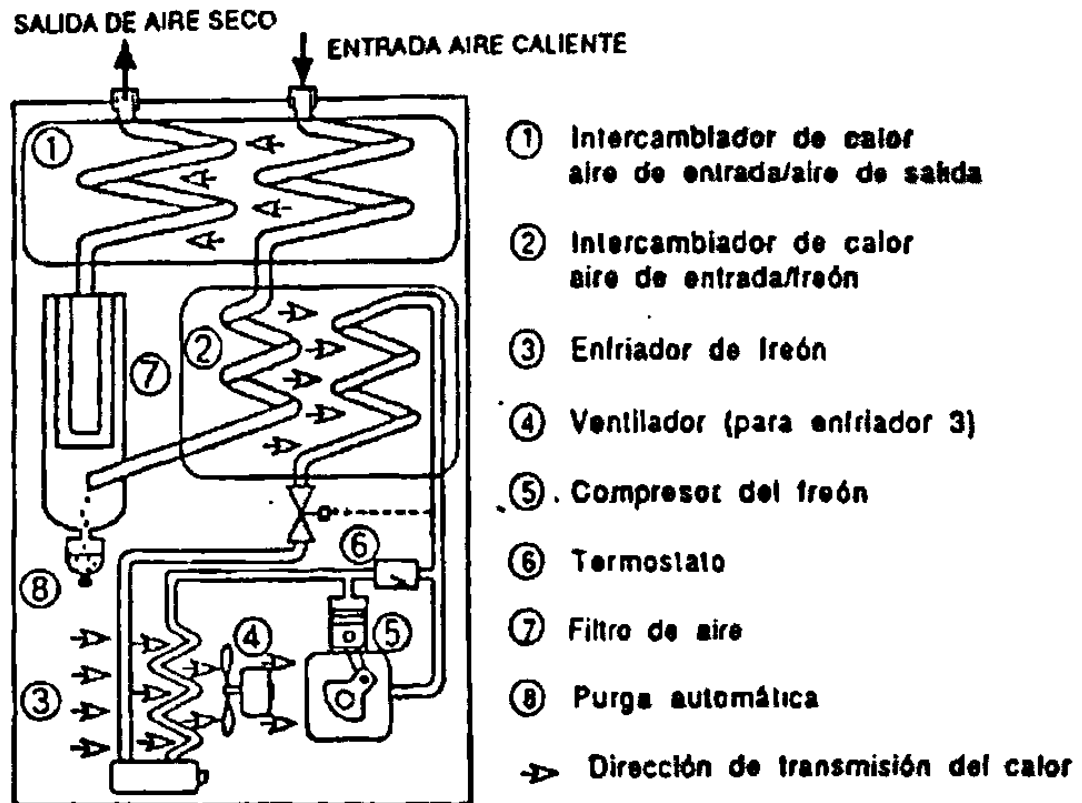


Figura 5.20 Principio del secador de aire por refrigeración

5.8. Filtración de Alimentación General

Filtro de Línea Principal

Un filtro de gran capacidad será instalado después del depósito de aire para eliminar de éste la contaminación, los vapores de aceite procedentes del compresor y el agua.

El filtro debe tener una mínima caída de presión y capacidad para eliminar el vapor de aceite procedente del compresor con el fin de evitar la emulsión en la línea con el líquido condensado.

El filtro de línea principal no posee deflector para la separación de agua como es el caso de los “filtros standard” descritos en la sección del “tratamiento de aire”. Una purga de drenaje automático, bien sea incluida de serie o bien acoplada, nos asegurará la descarga del agua acumulada.

El filtro es generalmente del tipo de cartucho de cambio rápido.

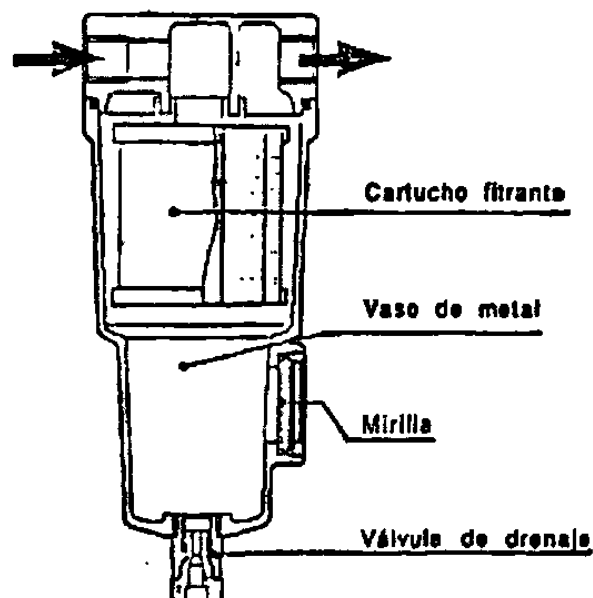


Figura 5.21 Típico filtro de línea

5.9 Distribución del aire

La toma de aire en un sistema de distribución instalado de forma permanente para llevar aire a varios puntos de consumo.

Se instalarán válvulas de aislamiento para dividir la toma de aire en secciones con el fin de limitar el área que debe ser vaciada durante períodos de mantenimiento o reparación.

Existen dos configuraciones de trazado básicos: Final de línea muerta y Conducto principal de anillo.

5.9.1 Final de Línea Muerta

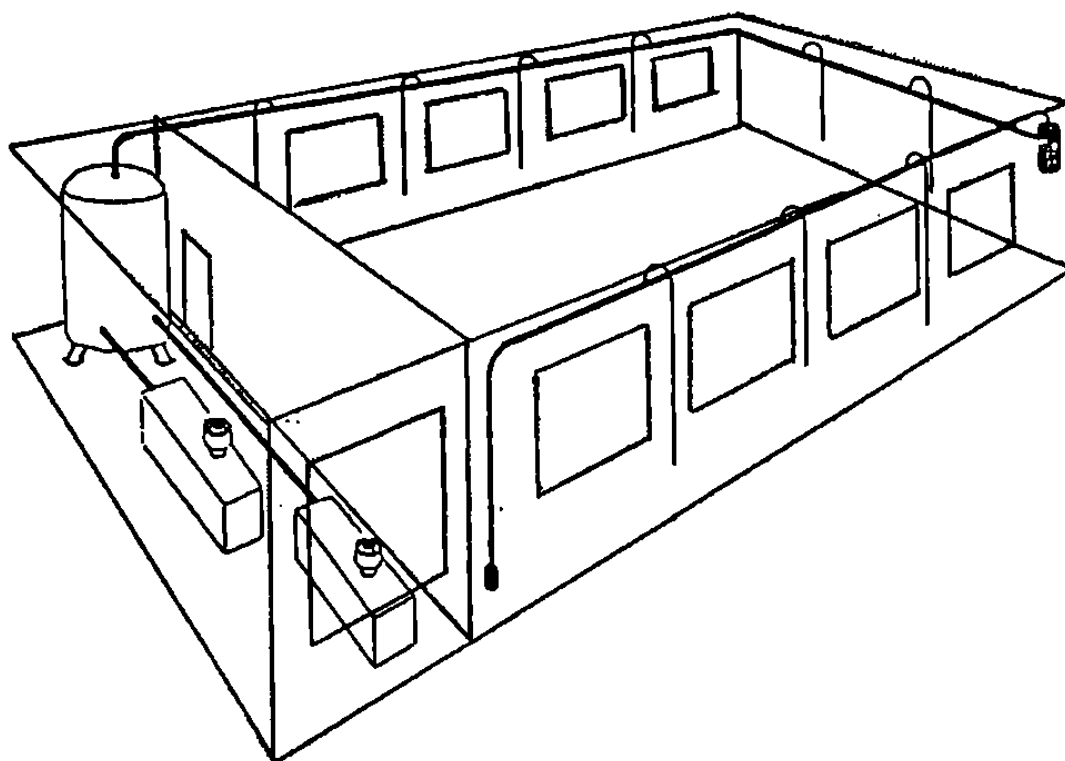


Figura 5.22 Típica configuración de línea principal con final en línea muerta.

Para favorecer el drenaje, las tuberías de trabajo tienen una pendiente de cerca del 1% en la dirección del fluido y deberán ser adecuadamente purgados. A intervalos ajustables, la línea principal puede ser devuelta a su altura original mediante los logros de los tubos curvados en ángulo recto y disponiendo una derivación de purga en el punto más bajo.

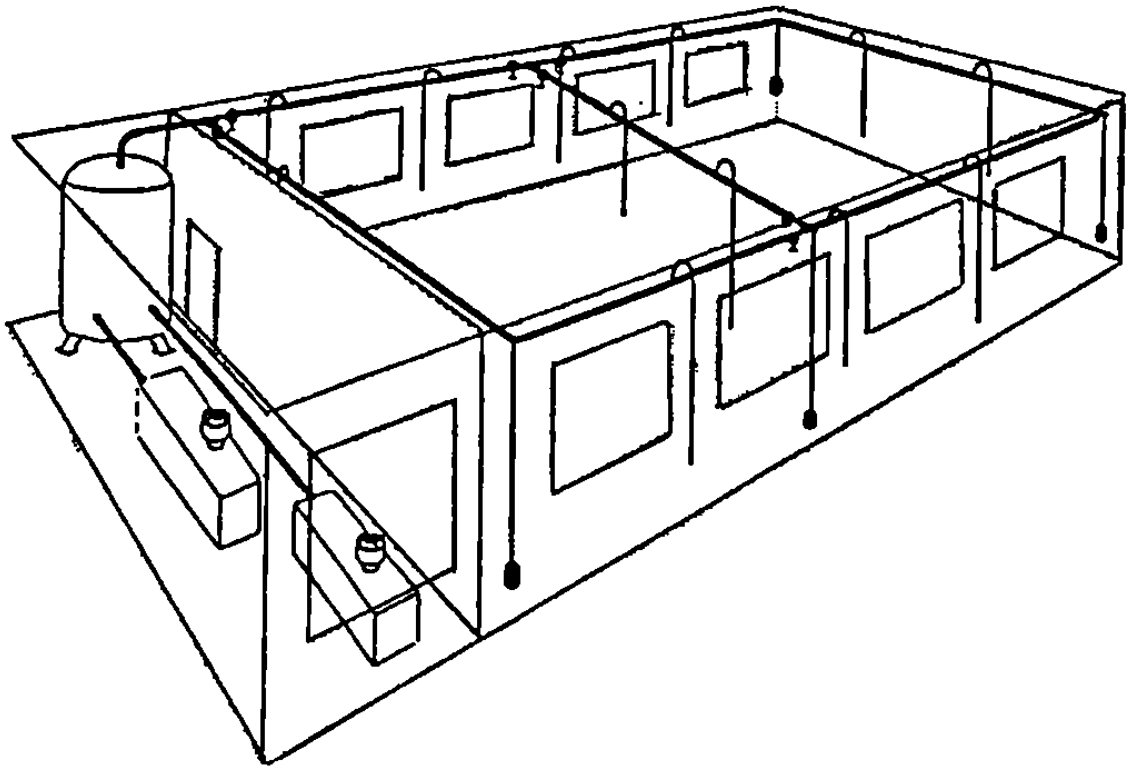


Figura 5.23 Conducto principal en anillo

5.9.2 Conducto Principal en anillo

En un sistema de conducto principal en anillo, es posible alimentar el aire de dos lados a un punto de consumo elevado, lo que permite minimizar la caída de presión.

De cualquier forma, el agua es llevada en cualquier dirección y se deben poner tomas de salida para el agua con purgas automáticas.

5.9.3 Líneas Secundarias

A menos que estén instalados un post – enfriador eficiente y un secador de aire, el conducto de distribución de aire comprimido actúa como una superficie refrigerante y el agua y el aceite se acumulan a lo largo de su longitud.

Las derivaciones de la línea se tomarán de la parte superior del conducto, para impedir que el agua del conducto principal entre en ellas. Mientras deberá purgarse la parte inferior de la caída del conducto.

Los puntos de purga deben de estar provistos de empalmes de “T” iguales instalados en puntos idóneos a lo largo del recorrido, en cada punto bajo. Deben purgarse manualmente a intervalos regulares o bien estar provistos de purga automática.

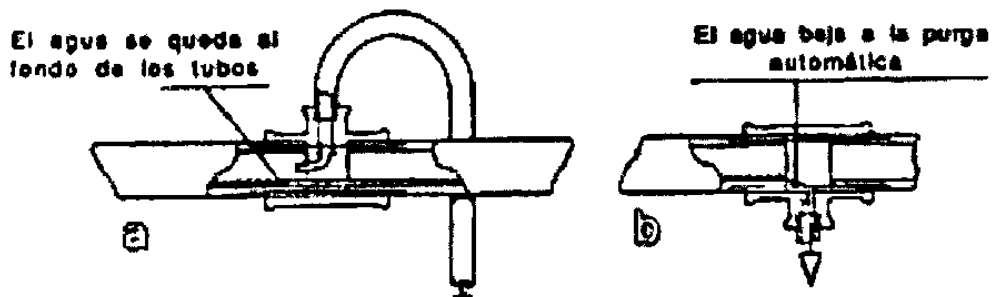


Figura 5.24 Salidas de aire (a) y agua (b)

Las purgas automáticas son un poco más caras de instalar al principio, pero compensa si se consideran las horas de trabajo que se ahorran con respecto al funcionamiento de tipo manual. Con la purga manual la negligencia conlleva problemas debido a la contaminación del conducto principal.

5.10 Purgado del aire

Purgas automáticas

En las figuras 5.25 y 5.26 se ilustran dos tipos de purga automática.

En el tipo de purga con flotador (figura 5.25), el tubo guía y el flotador están conectados internamente a la atmósfera por medio de un filtro, una válvula de alivio, un orificio en el pistón de resorte y a lo largo del vástago del accionamiento manual.

El agua de condensación se acumula en el fondo de la cavidad y, cuando sube lo suficiente para levantar el flotador de su asiento, la presión se transmite al émbolo que se mueve a la derecha para abrir el asiento de la válvula de alivio y expulsar el agua. El flotador baja entonces para cerrar el suministro de aire al émbolo.

La válvula de alivio limita la presión por detrás del émbolo cuando el flotador cierra la tobera. Esta válvula pre-regulada asegura un tiempo adecuado de reinicialización al émbolo, puesto que el aire capturado es purgado por un escape funcional de la válvula de seguridad.

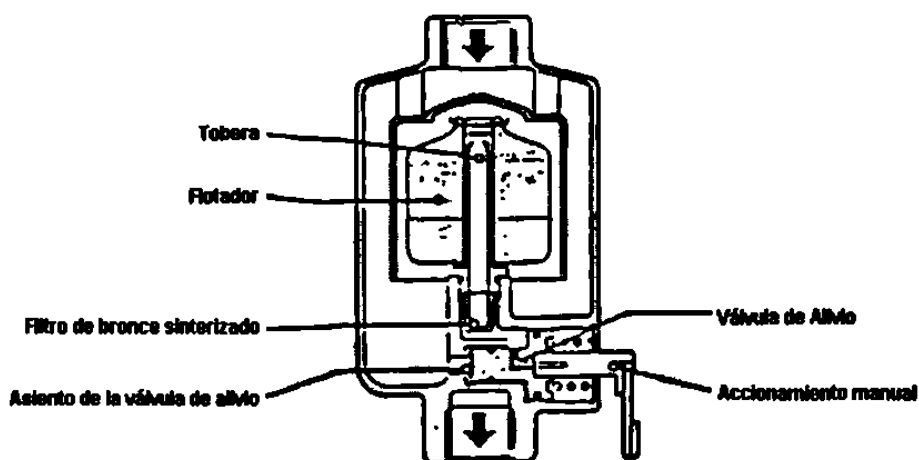


Figura 5.25 Purga automática de flotador

La figura 5.26 ilustra un tipo de purga accionado eléctricamente que drena periódicamente el agua de condensación por medio de una leva que dispara una válvula de vástago vertical accionada por palanca.

Ofrece las ventajas de poder trabajar con cualquier orientación y es extremadamente resistente a la vibración, así que resulta idóneo para compresores móviles y en los sistemas neumáticos de autobuses o camiones.

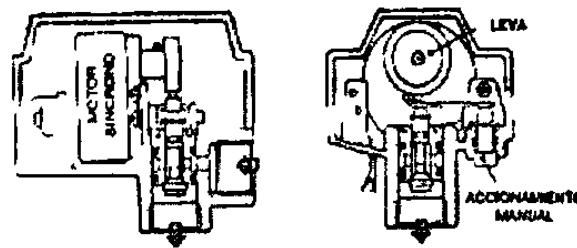


Figura 5.26 Purga automática motorizada

5.11 Selección del tamaño de los conductos principales de aire

El coste de los conductos de aire representa una porción elevada del costo inicial de una instalación de aire comprimido. Una reducción en el diámetro de la tubería, aunque- baja. el costo inicial de la acción, hace aumentar la caída de presión en el sistema, incrementando así el coste de funcionamiento y superando el coste adicional de una tubería de diámetro más grande.

También, puesto que los costos de la mano de obra representan gran parte del coste global y dado que dicho coste varía muy poco entre diferentes tamaños de tubería, el costo de la instalación, por ejemplo, de una tubería de diámetro interior de 25 mm es parecido al de una tubería de 50 mm de diámetro, mientras que la capacidad de caudal de una tubería de 50 mm es cuatro veces la de una tubería de 25 mm.

En un sistema de conducto principal en anillo de circuito cerrado, el suministro por cualquier punto de salida particular se alimenta por dos derivaciones de tubería. A la hora de determinar el tamaño de la tubería, deberá ignorarse esta alimentación doble, estimando que, en cualquier momento, el aire se suministra sólo por una tubería.

El tamaño del conducto del aire y de las derivaciones se calcula por la limitación de la velocidad del aire, que normalmente se recomienda que sea de 6m/s, mientras que los sub-circuitos a una presión de aproximadamente 6 bares y de pocos metros de longitud pueden funcionar a velocidades de hasta 20m/s. La caída de presión desde el compresor al extremo de la derivación de la tubería no debe superar los 0.3 bares. El nomograma (figura 5.27) permite determinar el diámetro de tubería más idóneo.

Los codos y las válvulas pueden provocar rozamiento adicional. Este rozamiento se puede expresar como longitud adicional (equivalente) de la tubería, con el fin de determinar la pérdida de presión global. La Tabla 5.1 indica las longitudes equivalentes por los distintos tipos de accesorios utilizados comúnmente.

Ejemplo. (a). Para determinar el tramo de una tubería en la que pasarán 16800 lt/min de aire libre con una caída de presión de no más de 0.3 bares en un tubo de 125 m. El compresor de dos etapas se conecta a 8 bares y se detiene a 10 bares; la media es 9 bares.

La caída de presión de 30 kPa (0.3 bar = 30 kPa) en un tubo de 125 m. es equivalente a

$$\frac{30\text{kPa}}{125\text{m}} = 0.24\text{kPa/m}$$

Haciendo referencia al nomograma de la figura 5.27 dibujar un trazo a partir de 9 bares en la línea de presión pasando por 0.24 kPa/m en la línea de la caída de presión para cortar la línea de referencia en el punto X.

Unir la X con $0.28 \text{ m}^3/\text{s}$ y prolongar el trazo hasta que corte la línea del tamaño de la tubería, a aproximadamente 61 mm en nuestro ejemplo.

Se puede utilizar una tubería con un diámetro interno de 61 mm. Una tubería con un diámetro interno nominal de 65 mm. (ver Tabla 5.1) tiene un diámetro interno real de 68 mm y puede satisfacer los requisitos con cierto margen.

Ejemplo (b). Si la tubería de 125 m de longitud en el ejemplo (a) tiene cierto número de accesorios en la línea, por ejemplo dos codos, dos tubos curvos de 90° , seis empalmes de T standard y dos válvulas de compuerta -¿sería necesaria una tubería de tamaño mayor para limitar la caída de presión a 30 kPa?.

En la Tabla 5.1, en la columna de 65 mm de diámetro se encuentra la siguiente longitud de, tubería:

Dos codos:	21.37 m	2.74 m
Dos curvas de 90° :	20.76 m	1.52 m
Seis T standard:	60.67 m	4.02 m
Dos válvulas de compuerta:	20.49 m	0.98 m
Total:		9.26 m

Los doce accesorios tienen una resistencia a la fluencia equivalente a aproximadamente 10 m. de longitud adicional de la tubería.

La "longitud efectiva" de la tubería es entonces de 135 m.

$$y \quad \frac{P}{L} = \frac{30\text{kPa}}{135\text{m}} = 0.22\text{kPa/m}$$

Haciendo nuevamente referencia al nomograma de la figura 5.27, la línea que representa el tamaño de la tubería se intersecciona ahora a aproximadamente 65 mm de diámetro interno, así que una tubería de diámetro interno nominal de 65 mm, con un diámetro interno real de 68 mm será aún satisfactoria en este caso.

Nota: A la hora de determinar el tamaño de los conductos principales para una nueva instalación, hay que tener en cuenta la posibilidad de extensiones futuras.

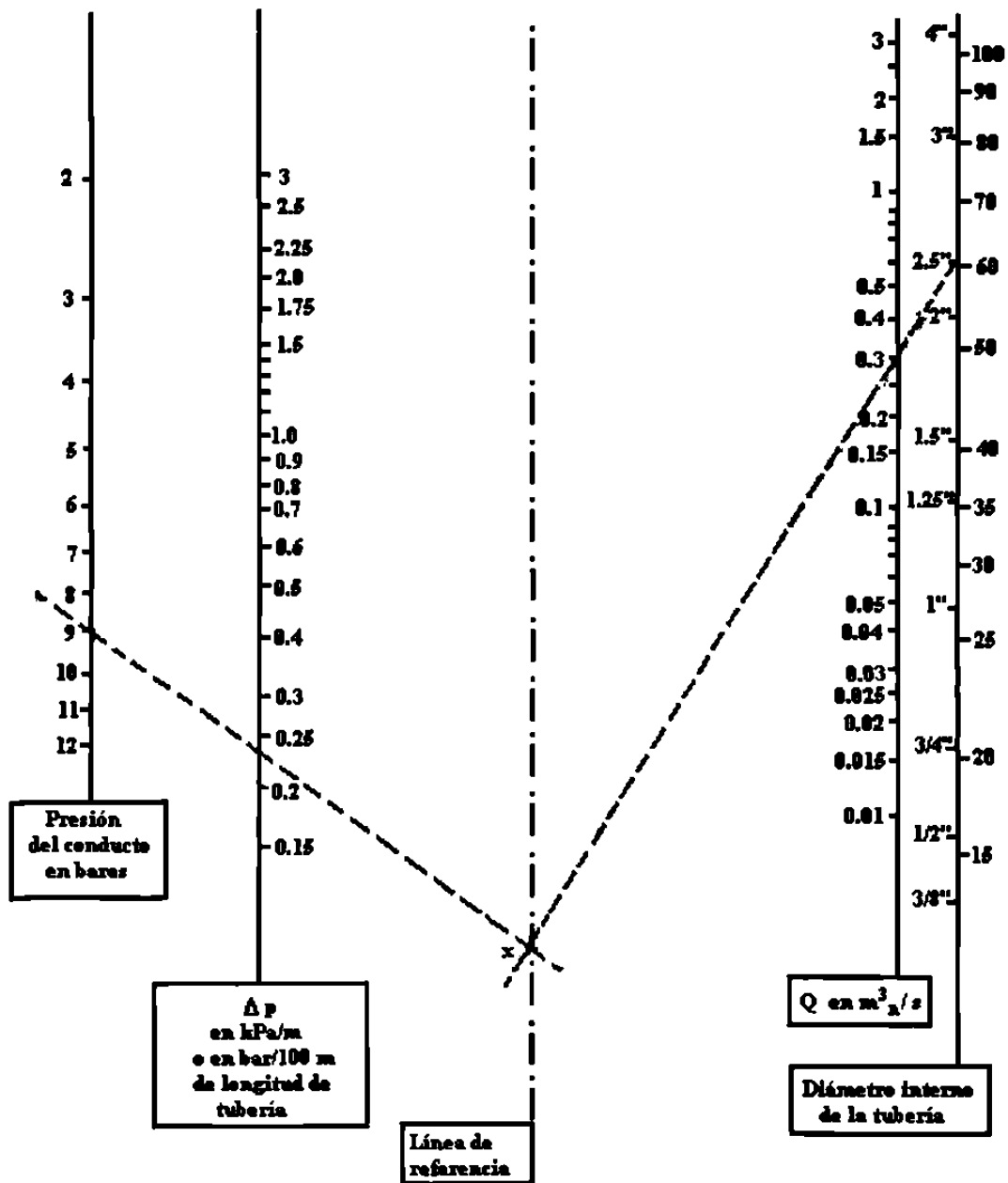


Figura 5.27 Nomograma para el cálculo del tamaño del diámetro de la tubería de los conductos principales

Tipo de Accesorio	Tamaño nominal de la tubería en (mm)									
	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125
Codo Elbow	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.1	1.4	1.8	2.4	3.2
Curva a 90° (longit)	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5
Codo de 90°	1.0	1.2	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0	3.9	5.4	7.1
Curva de 180°	0.5	0.6	0.8	1.1	1.2	1.7	2.0	2.6	3.7	4.1
Válvula Esférica	0.8	1.1	1.4	2.0	2.4	3.4	4.0	5.2	7.3	9.4
Válvula de Compuerta	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9	1.2
“T” Standard	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5
“T” Lateral	0.5	0.7	0.9	1.4	1.6	2.1	2.7	3.7	4.1	6.4

Tabla 5.1 Longitudes de tubería equivalentes para accesorios del conducto principal.

MATERIALES PARA LA TUBERÍA

Tubería de gas estándar (SGP)

El conducto de aire es normalmente un tubo de acero o de hierro maleable. Se puede obtener en negro o galvanizado que está menos sujeto a la corrosión. Este tipo de tubería puede ser roscada para aceptar la gama de accesorios normalizados. Para diámetros de más de 80 mm, es más económico instalar bridas soldadas que hacer roscas en tuberías largas. Las especificaciones de las tuberías de gas standard de acero al carbono (SGP) son:

Anchura Nominal		Diámetro ext. mm	Espesor Tubo mm	Masa Kg/m
A (plg ²)	B (plg)			
6	1/8	10.5	2.0	0.419
8	1/4	13.8	2.3	0.652
10	3/8	17.3	2.3	0.851
15	1/2	21.7	2.8	1.310
20	3/4	27.2	2.8	1.680
25	1	34.0	3.2	2.430
32	1 1/4	42.7	3.5	3.380
40	1 1/2	48.6	3.5	3.890
50	2	60.3	3.65	5.100
65	2 1/2	76.1	3.65	6.510
75	3	88.9	4.05	8.470
100	4	114.3	4.5	12.100

Tabla 5.2 Especificaciones de las tuberías de gas standard de acero al carbono (SGP)

Tuberías de acero inoxidable

Se utilizan sobre todo cuando se requieren grandes diámetros en líneas de conductos largos y rectos.

Tubos de Cobre

Cuando se requieren resistencia a la corrosión, al calor y una rigidez elevada, se pueden utilizar tubos de cobre con un diámetro nominal de hasta 40 mm, pero resultarán relativamente caros para diámetros mayores de 28 mm. Los accesorios fabricados para tubos de este material son fáciles de instalar.

Tubos de Goma (manguera de aire)

La manguera de goma o de plástico reforzado es la más adecuada para herramientas de mano neumáticas manuales, puesto que ofrece flexibilidad para la libertad de movimiento del operador. Las dimensiones de las mangueras neumáticas de goma son:

Anchura Nominal en pulgadas	Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	A. de Secc. Interna mm ²
1/8	9.2	3.2	8.04
1/4	10.3	6.3	31.2
3/8	18.5	9.5	70.9
1/2	21.7	12.7	127
5/8	24.10	15.9	199
3/4	29.0	19.0	284
1	35.4	25.4	507
1 1/4	45.8	31.8	794
1 1/2	52.1	38.1	1140
1 3/4	60.5	44.5	1560
2	66.8	50.8	2030
2 1/4	81.1	57.1	2560
2 1/2	90.5	63.5	3170

Tabla 5.3 Manguera forrada de tela

La manguera de goma se recomienda principalmente para herramientas y otras aplicaciones en que el tubo está expuesto a desgaste mecánico.

Tubos de PVC o de Nylon

Se utilizan normalmente para la interconexión de componentes neumáticos. Dentro de sus limitaciones de temperatura de trabajo, presentan obvias ventajas de instalación, permitiendo un fácil corte de la longitud deseada y una conexión rápida con otros accesorios bien por compresión o bien mediante enchufes rápidos.

Si se requiere una mayor flexibilidad para curvas muy cerradas o movimiento constante, está disponible un nylon de grado más suave o poliuretano, que sin embargo presenta menores presiones admisibles de trabajo.

Sistemas de Conexión

Dentro de los sistemas, los componentes neumáticos se conectan mediante varios métodos. En la figura 5.28 se ilustra una típica conexión rápida. El tubo se empuja y queda enganchado firme y herméticamente.

La conexión por INSERCIÓN proporciona una fuerza de retención flexible tanto por dentro como por fuera del tubo. El mismo está presionado por el anillo exterior cuando se atornilla la conexión. El tubo insertado al entrar dentro del alojamiento, reduce su diámetro anterior y representa así una resistencia extra.

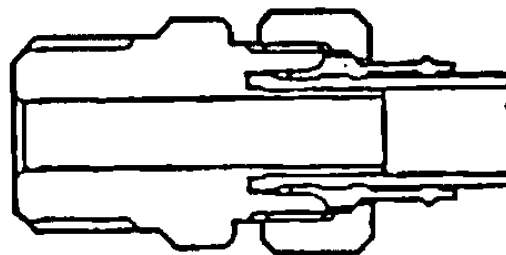


Figura 5.28 Ejemplo de conexión por inserción

La conexión por INTRODUCCION presenta una gran fuerza de retención y la utilización de una junta de perfil especial asegura la estanqueidad para presión y vacío. No hay resistencia adicional al flujo, puesto que la conexión tiene la misma sección de paso interior que el diámetro interior del tubo que se conecta.

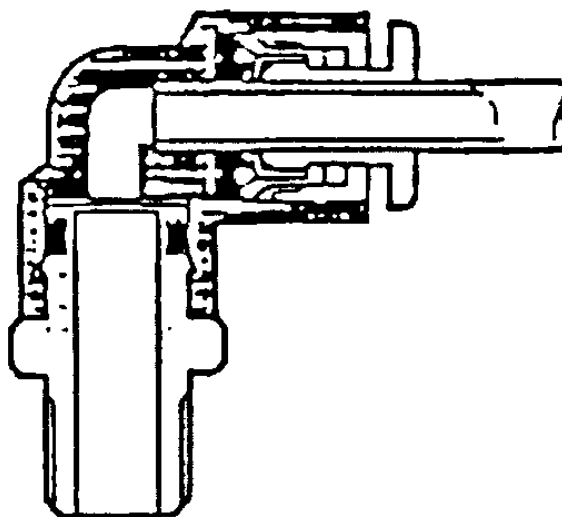


Figura 5.29 Ejemplo de conexión por presión, tipo de codo

La conexión AUTOESTANCA tiene un mecanismo incorporado de forma que el aire no se escapa tras retirar el tubo y, además, se puede utilizar también en aplicaciones de cobre.

- a) Si no se introduce ningún tubo, la conexión queda cerrada por una válvula de retención.
- b) Cuando se introduce un tubo, se abre el caudal de aire empujando la válvula de retención fuera de su asiento.

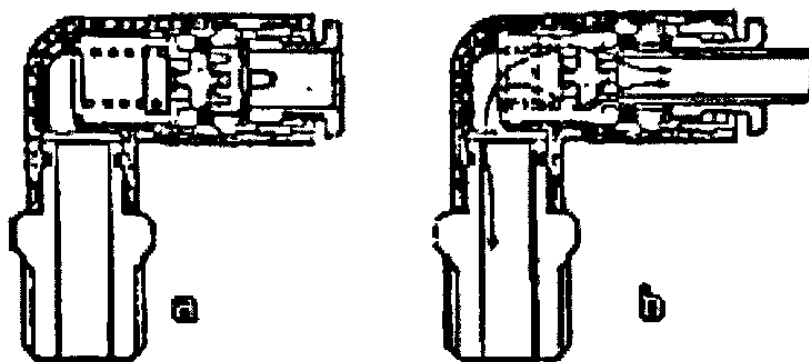


Figura 5.30 Ejemplo de conexión autoestanca

CAPÍTULO 6

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

6.1 Tratamiento del aire

Como se ha descrito anteriormente, el aire atmosférico lleva polvo y humedad. Tras la compresión, la humedad se condensa en el post-enfriador y en el depósito, pero siempre queda algo. Además, finas partículas de aceite carbonizado, cascarillas de las tuberías y otras materias extrañas como por ejemplo material de sellado desgastado forman sustancias gomosas. Todo esto puede producir efectos nocivos al equipo neumático, incrementando el desgaste de las juntas y de los componentes, la deformación de las juntas y la corrosión y atascado de las válvulas.

Para eliminar estos contaminantes, es necesario limpiar interiormente el aire más cerca posible del punto de utilización. El tratamiento de aire incluye también la regulación de presión y, a veces, la lubricación.

6.2 Filtraje

6.2.1 Filtro Standard

El filtro standard consta de un separador de agua y un filtro combinado. Si el aire no ha sido deshidratado anteriormente, se recogerá una cantidad considerable de agua y el filtro retendrá impurezas sólidas como partículas de polvo ó óxido.

La separación del agua se produce principalmente por una rotación rápida de aire, provocada por un deflector en la entrada. Las partículas más pesadas de suciedad, agua y aceite son expulsadas para impactar contra el vaso del filtro antes de ir a depositarse en el fondo. Entonces el líquido puede ser purgado por un drenaje de purga manual ó automática. La placa separadora vuelve a entrar en la corriente de aire.

El elemento filtrante elimina las partículas más finas de polvo, de cascarilla, de óxido y de aceite carbonizado al fluir el aire hacia la salida. El elemento filtrante standard elimina todas las partículas contaminantes de hasta 5 micras. Este elemento puede retirarse fácilmente, lavarse y reutilizarse un cierto número de veces antes de que sea necesario sustituirlo debido a una caída de presión excesiva.

El vaso se fabrica normalmente en policarbonato. Por seguridad, debe de estar protegido por un protector metálico. En ambientes químicamente peligroso deben utilizarse materiales especiales para el vaso. Cuando el mismo esté expuesto a calor, chispas, etc. es recomendable utilizar un vaso metálico.

Si el agua de condensación se acumula a gran velocidad, es aconsejable instalar una purga automática.

La parte derecha de la figura 6.1 ilustra una unidad integrada de purga automática de tipo flotador para filtros standard.

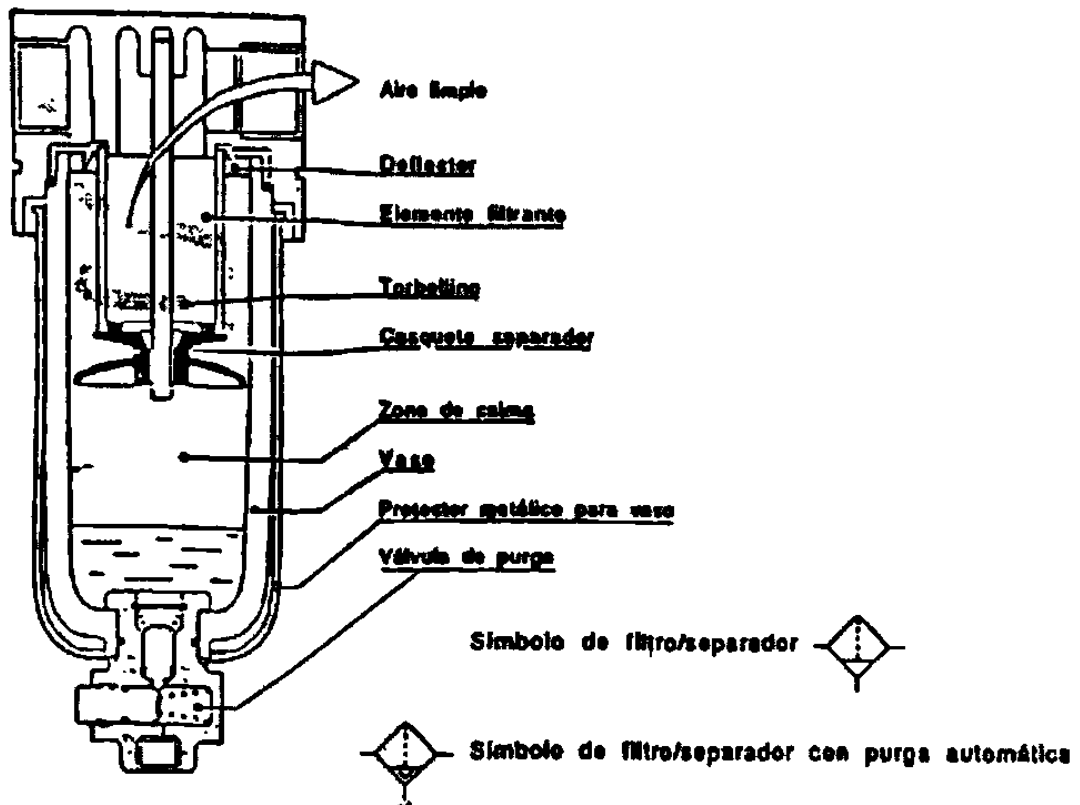


Figura 6.1 Típico Filtro separador y purga automática opcional

6.2.2 Filtros micrónicos

Cuando la contaminación por vapor de aceite no es recomendable, se utiliza un filtro mecánico. Al ser filtro puro, no está provisto de casquete del deflector.

El aire fluye desde la entrada al centro del cartucho filtrante y luego hacia atrás hacia la salida.

El polvo queda atrapado dentro del elemento microfiltrante, el vapor de aceite y la neblina de agua se convierte en líquido por una acción coalescente dentro del material filtrante, formando así unas gotas en el cartucho filtrante que se recogen en el fondo del vaso.

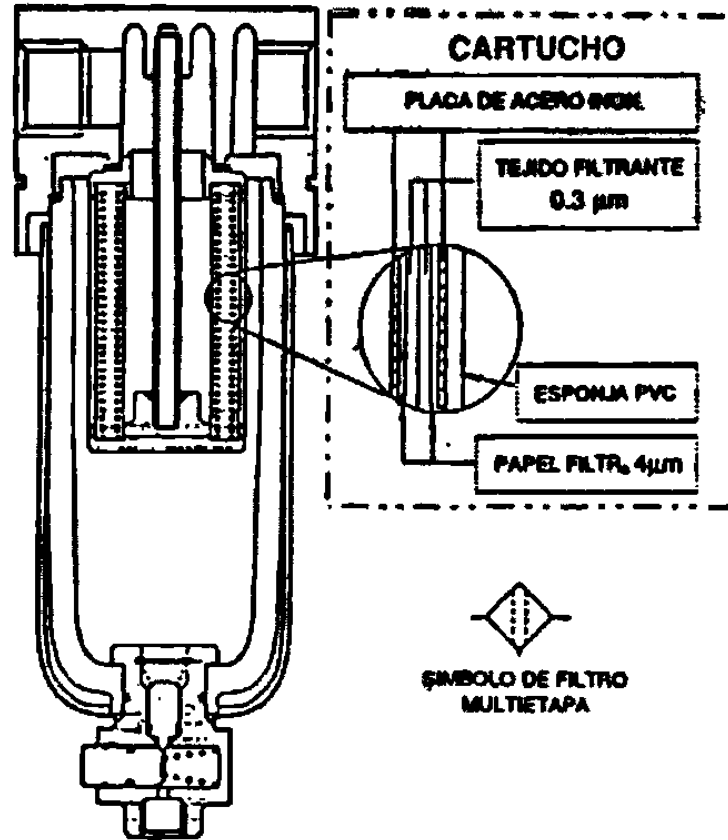


Figura 6.2 Filtro micrónico típico

6.2.3 Filtros sub-micrónicos

Un filtro sub-micrónico elimina virtualmente todo el aceite y el agua y también las partículas más finas hasta 0.01 micras, para proporcionar la máxima protección para: dispositivos neumáticos de medición precisa, pintura pulverizada electrostática, limpieza y secado de accesorios electrónicos, etc.

El principio de su funcionamiento es el mismo que el del filtro micrónico, pero su elemento filtrante tiene capas adicionales con una mayor eficacia filtrante.

6.2.4 Selección del filtro

El tamaño del filtro que se requiere para una aplicación específica depende de dos factores:

- a) El caudal máximo de aire comprimido utilizado por el equipo neumático
- b) La caída de presión máxima aceptable para la aplicación.

Los fabricantes suministran diagramas de caudal / presión para permitir la correcta selección del tamaño del filtro.

Debe de observarse que la utilización de un filtro estándar para la aplicación puede no resultar muy eficaz para bajas velocidades de flujo.

6.3. Calidad del aire

6.3.1 Niveles de filtraje

La figura 6.3 ilustra los distintos niveles de pureza para diferentes aplicaciones.

El aire procedente del compresor pasa por un post-refrigerador provisto de purga automática para eliminar el agua de condensación y la suciedad. Más agua de condensación se elimina por la purga automática, puesto que el aire se enfría

interiormente en el depósito del aire. Se pueden instalar purgas adicionales en todos los puntos del conducto.

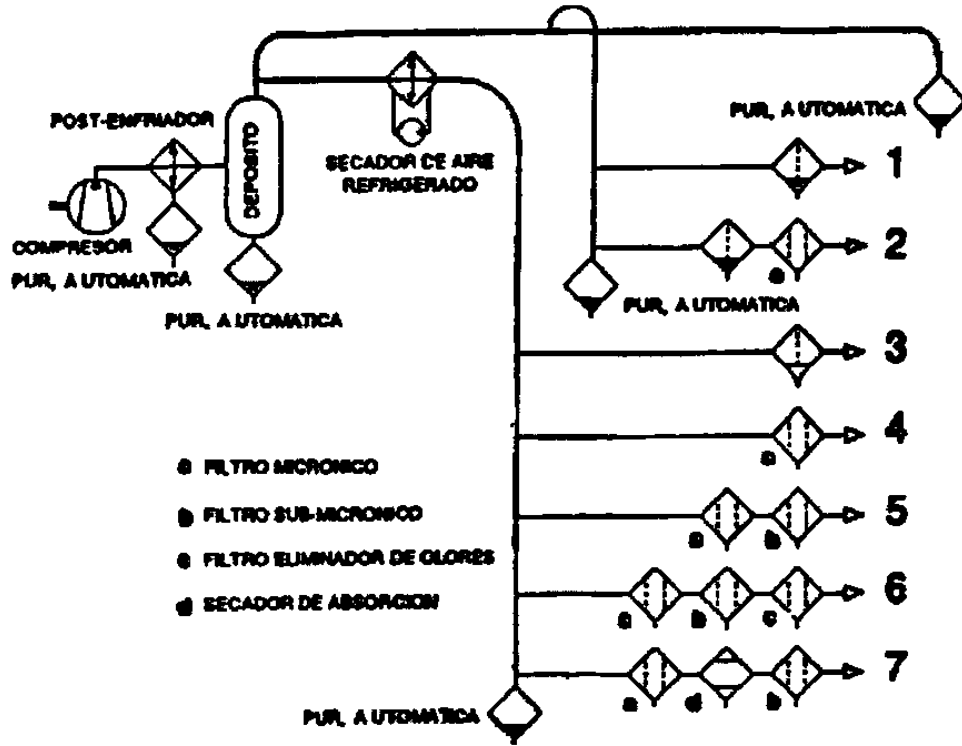


Figura 6.3 Definición esquemática de 7 grados de filtraje

El sistema se divide en tres partes principales:

Las derivaciones (1 y 2) proporcionan el aire directamente del depósito. Las derivaciones (3 - 6) utilizan el aire acondicionado por un secador de tipo refrigerado. La derivación (7) incorpora un secador adicional de absorción.

Los filtros standard de las sub-derivaciones (1 y 2), provistas de purgas automáticas, eliminan el agua de condensación: la sub-derivación (2) es de mayor pureza debido al filtro micrónico. Las sub-derivaciones (3-5) utilizan aire seco refrigerado, por lo tanto, la derivación (3) no requiere purga automática, la derivación (4) no necesita filtraje previo y la derivación (5) proporciona un nivel de pureza del aire utilizando un filtro micrónico

y un filtro sub-micrónico, mientras que la humedad ha sido eliminada por un secador de aire refrigerado.

La sub-derivación (6) incorpora un filtro para la eliminación de los olores. Un secador de absorción elimina todo riesgo de condensación a temperaturas más bajas en la sub-derivación (7).

Las aplicaciones típicas se indican en la tabla 6.1

No.	ELIMINACIÓN DE...	APLICACIÓN	EJEMPLOS TÍPICOS
1	Partículas de polvo >5 Aceite líquido > 99% Humedad saturada <96%	Cuando son aceptables impurezas sólidas, humedad y aceite.	Aire para sujetar, soplado, accionamientos neumáticos sencillos.
2	Partículas de polvo >0.3 Neblina de aceite >99.9% Humedad saturada 99%	Cuando no son aceptables polvo fino predominando en aceite con la certeza de arriesgar cierta cantidad de condensación.	Controles accionamientos neumáticos para equipos industriales generales. Juntas metálicas no herméticas, herramientas de aire y motores de aire.
3	Humedad hasta un punto de condensación atmosférica de -17°C. Lo demás como en (1)	Cuando la eliminación de la humedad es imperativa pero son aceptables rastros de polvo fino y aceite.	Análogo a (1), pero el aire seco, pintura adicional por pulverización.
4	Partículas de polvo >3 Neblina de aceite >99.9% Humedad hasta un punto de condensación atmosférica de 17°C.	Cuando no son aceptables humedad, polvo fino ni vapor de aceite.	Control de proceso, equipo de medición, pintura por pulverización de gran calidad, enfriamiento de fundición y troqueles de inyección.

5	<p>Partículas de polvo >0.01</p> <p>Neblina de aceite >99.9999%</p> <p>Humedad como en (4)</p>	<p>Cuando se requiere aire puro, prácticamente sin ninguna impureza.</p>	<p>Dispositivos neumáticos para medición de precisión, pintura por pulverización electrostática, limpieza y secado de conjuntos electrónicos.</p>
6	<p>Como en (5) con eliminación adicional de los olores.</p>	<p>Como en (5) pero cuando se requiere también aire sin olores.</p>	<p>Farmacia, industria alimenticia de envasados, transporte aéreo, fermentación.</p> <p>Aire para respirar.</p>
7	<p>Todas las impurezas como en (6) pero con un punto de condensación atmosférica de <-30°C.</p>	<p>Cuando es necesario evitar cualquier riesgo de condensación durante la expansión y a bajas temperaturas.</p>	<p>Secado de componentes electrónicos.</p> <p>Almacenamiento de productos farmacéuticos.</p> <p>Equipos de medición marinos.</p> <p>Transporte aéreo de pólvora.</p>

Tabla 6.1 Definición y aplicaciones típicas de las siete calidades del aire

6.4 Regulación de presión

La regulación de la presión es necesaria porque, a presiones por encima del nivel óptimo, se produce un desgaste rápido con un incremento mínimo del nivel óptimo, se produce un desgaste rápido con un incremento mínimo ó nulo de efectividad. Cuando la presión del aire es demasiada baja, resulta antieconómica puesto que tiene como consecuencia un rendimiento escaso.

6.4.1 Regulador estándar

Los reguladores de presión pueden tener un émbolo ó diafragma para equilibrar la presión de salida contra la fuerza regulable de un resorte.

La presión de salida se predispone regulando el tornillo que carga el resorte de regulación para mantener abierta la válvula principal permitiendo fluya desde el orificio de entrada de presión P_1 al orificio de la presión de salida P_2 .

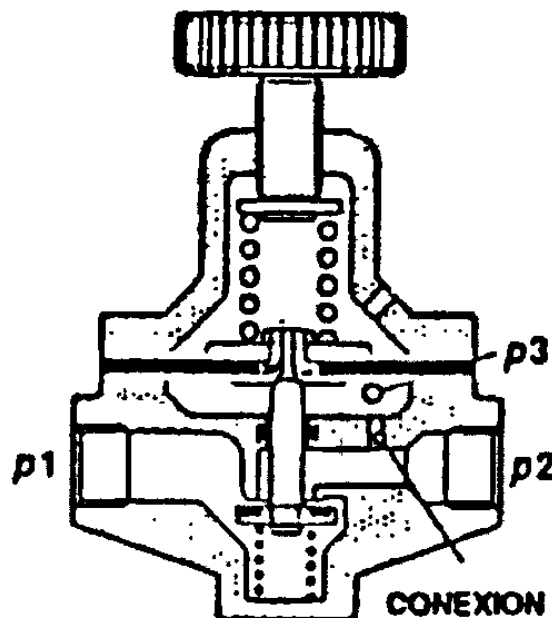


Figura 6.4 Principio del regulador de presión

Cuando el circuito conectado con la salida se encuentra a la presión preestablecida, actúa sobre el diafragma creando una fuerza elevadora contra la carga del resorte. Si desciende el nivel de consumo, P_2 aumenta ligeramente, lo que hace aumentar la fuerza sobre el diafragma contra la fuerza del resorte; el diafragma de la válvula se eleva entonces hasta que la fuerza del resorte sea nuevamente igualada. El caudal del aire que pasa por la válvula se reduce hasta que se equilibre el nivel del consumo y se mantenga la presión de salida.

Si el nivel de consumo aumenta, P_2 disminuye ligeramente, lo que hace disminuir la fuerza del diafragma contra el resorte; el diafragma y la válvula descienden hasta que la fuerza del resorte se iguala nuevamente, lo que hace aumentar el caudal del aire por la válvula hasta que se equilibra el nivel de consumo.

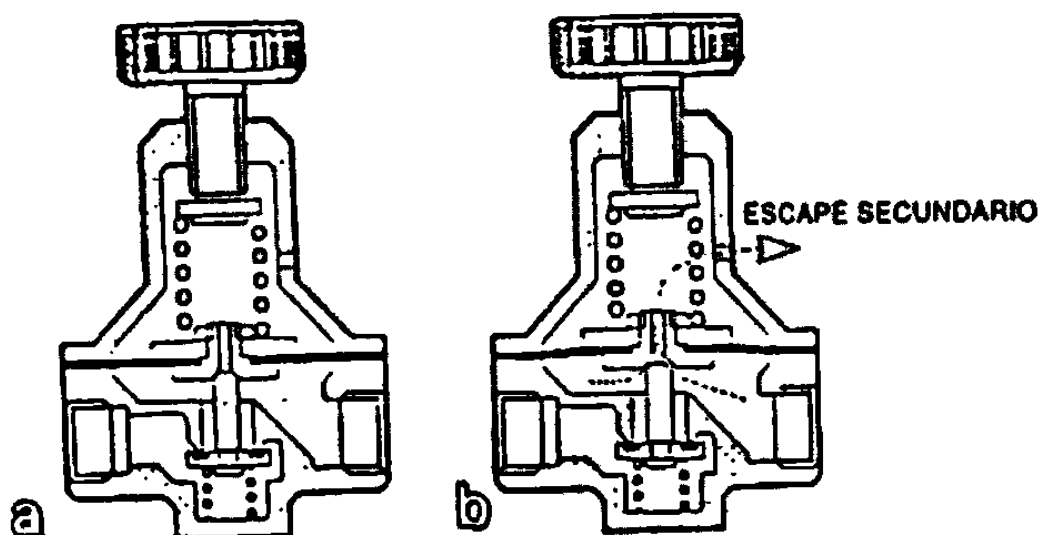


Figura 6.5 Función de descarga

Sin consumo de aire la válvula está cerrada. Si la presión de salida sube por encima del valor regulado debido a:

- Una nueva regulación del regulador a una presión de salida más baja ó bien.
- Un impulso contrario externo desde el actuador.

El diafragma se eleva para abrir el asiento de alivio de forma que la presión en exceso puede ser evacuada por el orificio de escape en la cápsula del cuerpo del regulador.

Con caudales unitarios muy elevados, la válvula se queda completamente abierta. Por lo tanto el resorte se estira y queda más débil y el equilibrio entre P_2 en el área del diafragma y el resorte se produce a un nivel más bajo.

Este problema se puede solucionar creando una tercera cámara con una conexión al canal de salida. En este mismo canal la velocidad de caudal es elevada. Como lo explicado en el capítulo 4, la presión estática es bajo (Bernoulli). Puesto que P_3 se encuentra a una presión estática más baja, el equilibrio contra el resorte debilitado a caudales unitarios elevados queda compensado.

El efecto se puede mejorar insertando un tubo en la conexión, cortado en ángulo con la apertura orientada hacia la salida (figura 6.7)

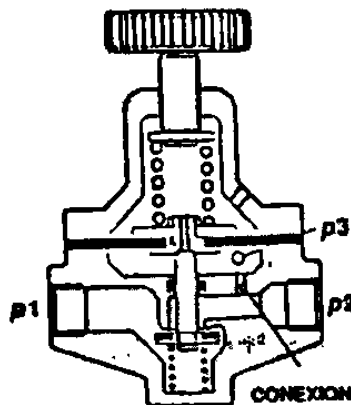


Figura 6.6 Principio de regulador de caudal compensado

Queda aún un inconveniente en el regulador de la figura 6.6. Si la presión de salida P_1 aumenta, una fuerza mayor está actuando sobre la parte inferior de la válvula, tratando de cerrarla. Esto significa que un aumento de la presión de entrada hace disminuir la presión de salida y viceversa.

Esto se puede obviar por medio de una válvula cuyas áreas de superficie sean iguales para la presión de entrada y salida de ambos sentidos. Así lo demuestra el regulador de la figura 6.7.

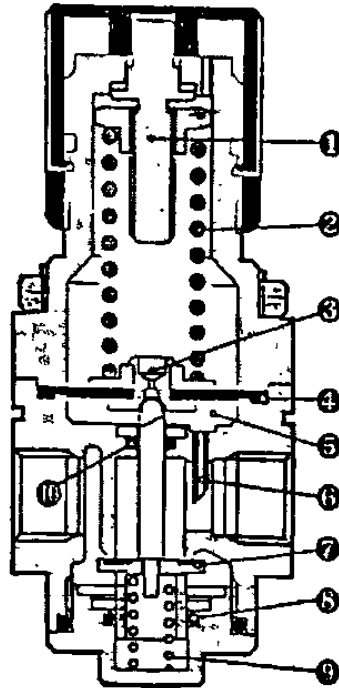


Figura 6.7 Regulador de presión completamente compensado

Las piezas más importantes son:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Husillo de regulación | 6. Tubo de conexión de la compensación del caudal |
| 2. Resorte regulador | 7. Válvula |
| 3. Asiento de escape | 8. Junta tórica para compensación de presión |
| 4. Diafragma | 9. Resorte de la válvula |
| 5. Cámara de compensación del caudal | 10. Junta tórica de compensación del caudal |

6.4.2 Regulador accionado por piloto

El regulador accionado por piloto ofrece una precisión en la regulación de la presión dentro de una amplia gama de caudales.

Esta precisión se obtiene sustituyendo el resorte de regulación de un regulador standard por una presión de piloto a partir de un pequeño regulador de pilotaje situado en la unidad.

El regulador de pilotaje en la parte superior de la unidad suministra aire de piloto sólo durante las correcciones de la presión de salida. Por lo tanto, su resorte no se alarga con caudales muy elevados.

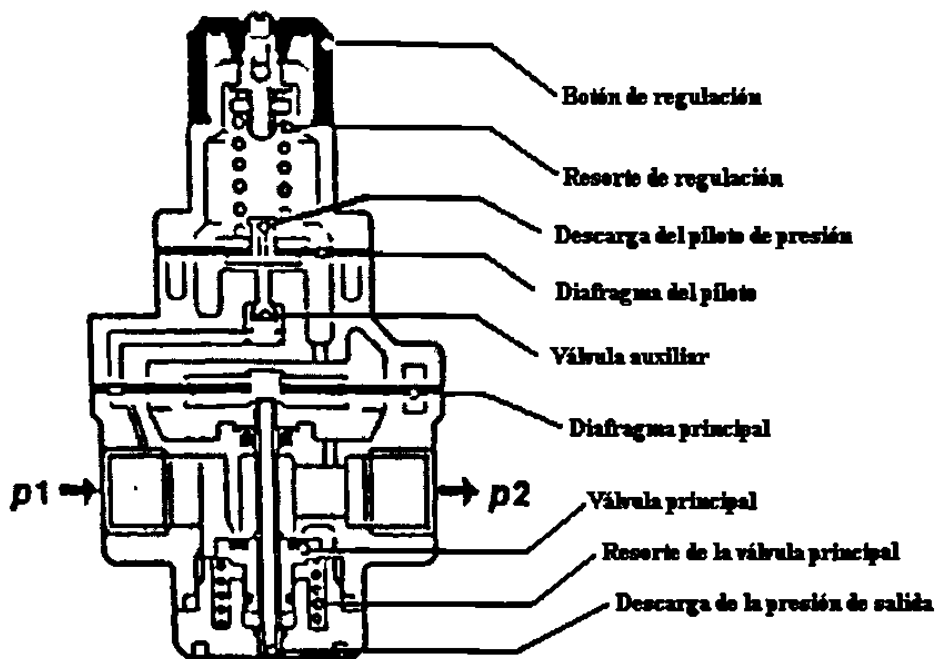


Figura 6.8 Regulador de presión pilotado internamente

6.4.3 Filtro - Regulador

El filtraje del aire y la regulación de la presión se combinan en un solo filtro - regulador que proporciona una unidad compacta que ahorra espacio.

6.4.4 Selección del tamaño de un regulador

El tamaño de un regulador se selecciona para obtener el caudal deseado para la aplicación, con una variación mínima de presión en toda la gama de caudales de la unidad.

Los fabricantes suministran información gráfica con respecto a las características de caudal de sus equipos. El más importante es el diagrama Caudal / P_2 . Ilustra como evoluciona P_2 al aumentar el caudal (figura 6.10). La curva tiene tres partes distintas:

1. Poco consumo con un pequeño intersticio en la válvula que no permiten aún una regulación real.
2. La gama de caudales en los que es efectiva la regulación y,
3. La gama de saturación; la válvula está completamente abierta y una regulación interior es imposible.

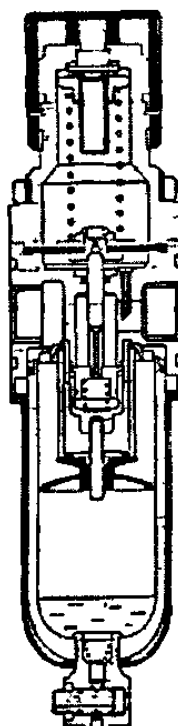


Figura 6.9 Regulador - filtro

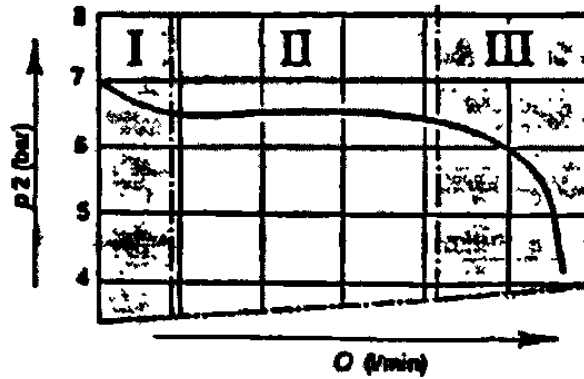


Figura 6.10 Diagrama de caudal / presión

6.5 Lubricación del aire comprimido

La lubricación ya no es una necesidad para los componentes neumáticos modernos, puesto que están prelubricados para toda su vida.

La duración y el rendimiento de estos componentes satisfacen por completo los requisitos de la moderna maquinaria de procesos de gran número de ciclos.

Las ventajas de los sistemas "no lubricados" incluyen:

- a) Ahorro en el nivel del equipo de lubricación, aceite de lubricación y de mantenimiento de los niveles de aceite.
- b) Es más limpio. Los sistemas son más higiénicos y esto es especialmente importante en las industrias alimenticias y farmacéuticas.
- c) La atmósfera queda limpia de aceite para un ambiente de trabajo más sano y seguro.

Algunos equipos aún requieren lubricación. Para asegurarse de que estén continuamente lubricados, se añade cierta cantidad de aceite al aire comprimido por medio de un lubricador.