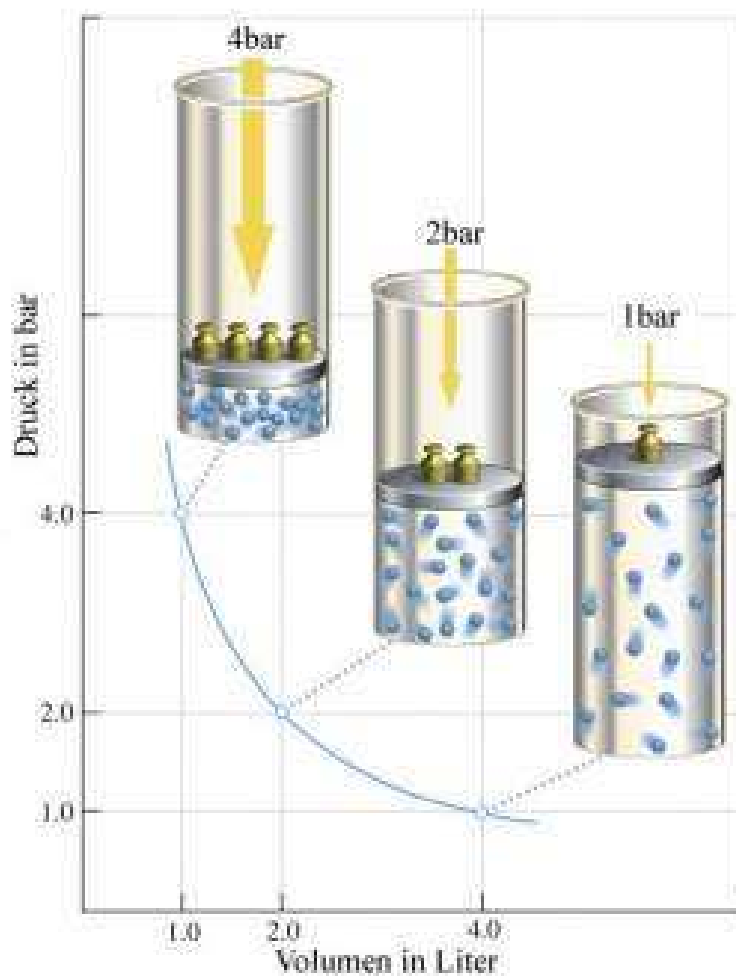


U.D. 1: PRINCIPIOS FÍSICOS DA PNEUMÁTICA, TRATAMENTO E DISTRIBUCIÓN DO AIRE COMPRIMIDO



INDICE

1. Introducción
2. O sistema pneumático básico
3. Principios físicos da pneumática
4. Humidade do aire
5. Presión e caudal
6. Producción do aire comprimido
7. Distribución do aire comprimido
8. Tratamento do aire
9. Decisión da técnica de mando

1. INTRODUCCIÓN

A humanidade ven empregando o aire como sistema de transmisión de enerxía dende a antigüidade, sen embargo, foi a partir da segunda metade do século XVII cando a aplicación do aire comprimido empezaron a desenvolverse, cando científicos como Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle e Gay Lussac estudaron as propiedades dos gases, o que permitiu estender a súa aplicación a numerosos campos.

Hoxe en día as aplicacións do aire comprimido aínda seguen aumentando e mellorando e empregando a electrónica como mando permite solucións inmejorables para moitos procesos da automatización industrial.

Sectores industriais como o a alimentación, o ensamblaxe e manipulación, sistemas robotizados e industrias de proceso continuo son automatizados, en gran parte, pneumáticamente pola **vantaxes** que esta tecnoloxía ofrece, tales como:

- Elasticidade, xa que pode ser almacenada en recipientes unha vez comprimido.
- Non posúe características explosivas.
- A velocidade dos elementos de traballo é elevada (1 m/s)
- Os cambios de temperatura non alteran as súas prestacións.
- É unha técnica limpa.
- O seu custe non é excesivamente elevado.
- É unha técnica sinxela e que simplifica en gran medida determinadas accións mecánicas.

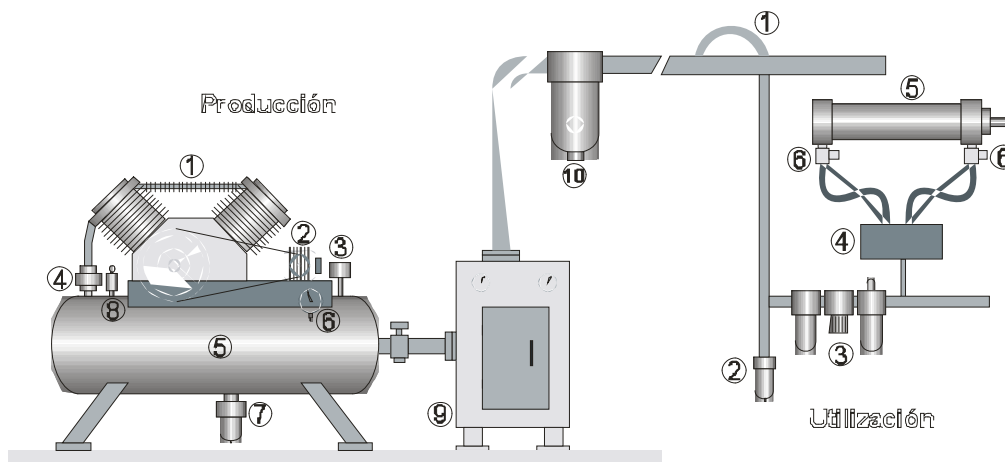
Algunhas das razóns polas que a utilización do aire comprimido está tan estendido na industria son:

- Fácil dispoñibilidade xa que a maioría das industrias instalan unha rede de aire comprimido que facilita a conexión dos distintos elementos.
- Posibilidade de almacenamento en grandes cantidades en depósitos.
- Simplicidade de deseño e control.
- Posibilidade de obter movementos lineais e rotativos.

- Instalación e mantemento relativamente económico.
- Larga duración e alta fiabilidade das instalacións pneumáticas e os seus compoñentes.
- Resistencia a condicións adversas do entorno como altas temperaturas, etc.
- Apto para traballar en situacións nos que se require alto grado de limpeza.
- Sistema con alto grado de seguridade xa que non presenta riscos de incendio ou explosións.
- Moita resistencia a sobrecargas.

2. O SISTEMA PNEUMÁTICO BÁSICO

No seguinte esquema móstranse os principais elementos que forman parte dun sistema pneumático básico, e que se agrupan en dúas partes principais:



- O sistema de produción e distribución do aire.
 1. **Compresor:** transforma a enerxía mecánica en enerxía pneumática, comprimindo o aire e aumentando a súa presión.
 2. **Motor eléctrico:** subministra enerxía mecánica ao compresor.
 3. **Presostato:** controla o funcionamento do motor para manter constante a presión no depósito.
 4. **Válvula antirretorno:** deixa pasar o aire do compresor cara ó depósito pero impide o seu retorno cando o motor está parado.

5. **Depósito:** almacena o aire comprimido para manter o subministro en momentos de alto consumo permitir o descanso do compresor.
 6. **Manómetro:** indica a presión no depósito.
 7. **Purga automática:** elimina de xeito automático a auga que se acumula no depósito.
 8. **Válvula de seguridade:** expulsa aire se a presión no depósito aumenta por encima do valor permitido.
 9. **Secador de aire refrixerado:** arrefría o aire comprimido para provocar a condensación da humidade do aire e deste xeito elimínala.
 10. **Filtro en liña:** serve para manter a liña de distribución libre de po, auga e aceite.
- O sistema de consumo ou utilización do aire.
 1. **Derivación:** a conexión coa liña principal debe ser feita pola parte superior para evitar que a condensación chegue aos elementos de traballo.
 2. **Purga automática:** cada tubo descendente debe ter unha purga no extremo inferior. Esta purga pode ser manual ou automática, aínda que a automática evita que a auga permaneza no tubo se se descoida a purga manual.
 3. **Unidade de acondicionamento do aire:** acondiciona o aire para subministrar aire limpo, á presión axeitada, e lubricado cando os elementos de traballo o precisan.
 4. **Válvula direccional:** conecta a presión ou escape as conexións do actuador para controlar o seu movemento.
 5. **Elemento de traballo:** transforma a enerxía pneumática do aire comprimido en traballo mecánico.
 6. **Controladores de velocidade:** Permiten unha regulación fácil e continua da velocidade do elemento de traballo.

3. PRINCIPIOS FÍSICOS DA PNEUMÁTICA

Unha instalación pneumática é aquela na que a enerxía do aire comprimido se transforma en traballo.

Unha magnitude é calquera propiedade dun corpo que se pode medir. Son magnitudes: o espazo, o tempo, a velocidade, o peso, etc.

Magnitude	Unidade no S.I.
Lonxitude	Metros (m)
Masa	Quilogramos (kg)
Tempo	Segundos (s)
Temperatura	Grados centígrados (°C)

Táboa 1: Magnitudes fundamentais

As magnitudes anteriores son fundamentais; a partir delas derivan todas as demais: forza, superficie, volume, presión, velocidade, ...

En neumática, as condicións do aire comprimido defínense mediante tres magnitudes: presión, volume e temperatura. Vexamos as relacións existentes entre estas tres magnitudes.

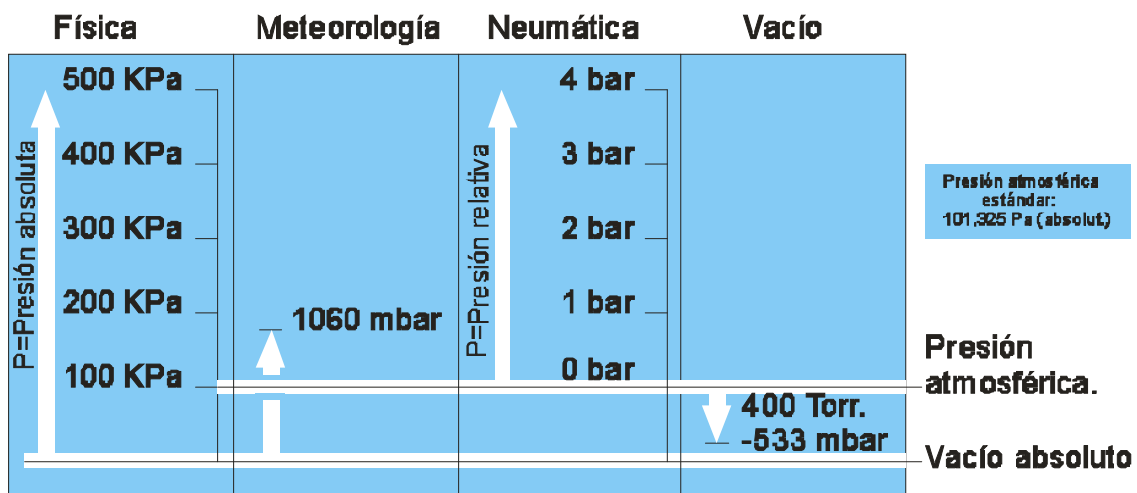
3.1 PRESIÓN

A unidade ISO de medida de presión é o Pascal (Pa). $1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$. Esta unidade é excesivamente pequena, e para evitar traballar con cifras grandes emprégase o bar, equivalente a 100.000 Pa. Tamén se pode considerar equivalente, para fines prácticos a kgf/cm^2 ou kp/cm^2 , aínda que a súa equivalencia non é exacta.

	Pa	bar	atm	kp/cm ²	psi	mca	Torr
1 Pa		1/10 ⁵	9,8/10 ⁴	1,02/10 ⁵	1,45/10 ⁴	1,02/10 ⁴	7,51/10 ³
1 bar	100.000		0,99	1,02	14,5	10,2	751
1 atm	101.257	1,013		1,033	14,66	10,33	760
1 kp/cm ²	98.000	0,98	0,97		14,42	10	735
psi	6.895	0,069	0,0682	0,0703		0,703	51,74
mca	9.800	0,102	0,097	0,1	1,422		73,6
Torr	1.332	1,33/10 ³	1,32/10 ³	1,36/10 ³	1,93/10 ²	1,36/10 ²	

Denominación psi: é a expresión da medida inglesa de presión, e significa “libras por polgada” (1 libra equivale a 0.453 kg e unha polgada a 25.4 mm)

A presión pode expresarse como un valor relativo con respecto á atmosférica (presión manométrica ou relativa). Tamén se pode expresar como un valor absoluto, con respecto ao baleiro total (presión barométrica ou absoluta). Nos sistemas pneumáticos considerase a presión relativa, é dicir, por encima da presión atmosférica. Nos sistemas de baleiro trabállase con presión por debaixo da atmosférica, é dicir, baixo presión.



As presións relativas mídense con **manómetros**; os baleiros, con **vacuómetros**, e a presión atm, con **barómetros** (a nivel do mar 1,033 kg/cm²)

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{relativa}} + P_{\text{barométrica}}$$

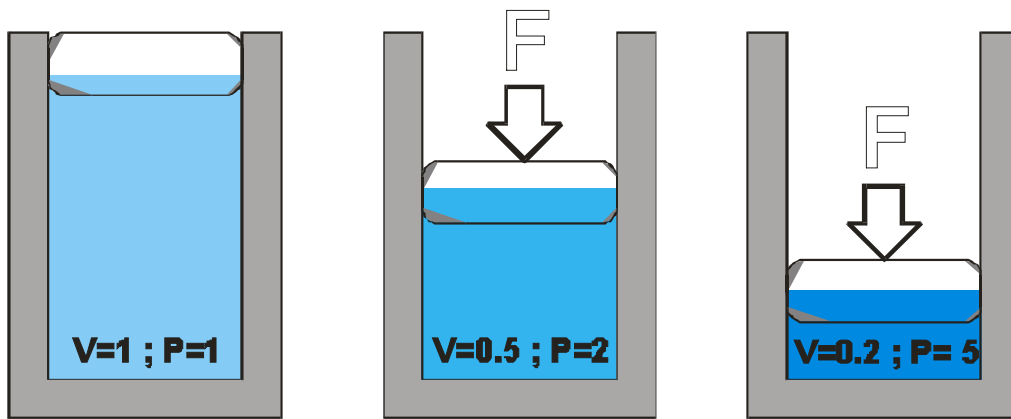
3.2 PROPIEDADES DOS GASES

1. Lei de Boyle-Mariotte

A temperatura constante, o volume ocupado por unha masa gasosa invariable é inversamente proporcional á súa presión. Nestas circunstancias verifícase que:

$p \cdot V = \text{cte}$, ou o que é o mesmo

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{cte} \text{ ou } p_1/V_1 = p_2/V_2 = \text{cte.}$$



$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3$$

Este tipo de transformación denomínase isotérmicas.

2. Lei de Gay Lussac

A presión constante, o volume ocupado por unha masa de gas é directamente proporcional á súa temperatura absoluta. Este tipo de transformación denomínase isobáricas.

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 = V_3/T_3 = \text{cte.}^*$$

3. Lei de Charles

A volume constante, a presión absoluta dunha masa determinada de gas é directamente proporcional á temperatura. Este tipo de transformación denomínase isocoros.

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 = p_3/T_3 = \text{cte.}^*$$

* Nota: T expresada en grados kelvin $\rightarrow (T [K] = t_c [^\circ\text{C}] + 273,15)$

4. Ecuación xeral dos gases perfectos

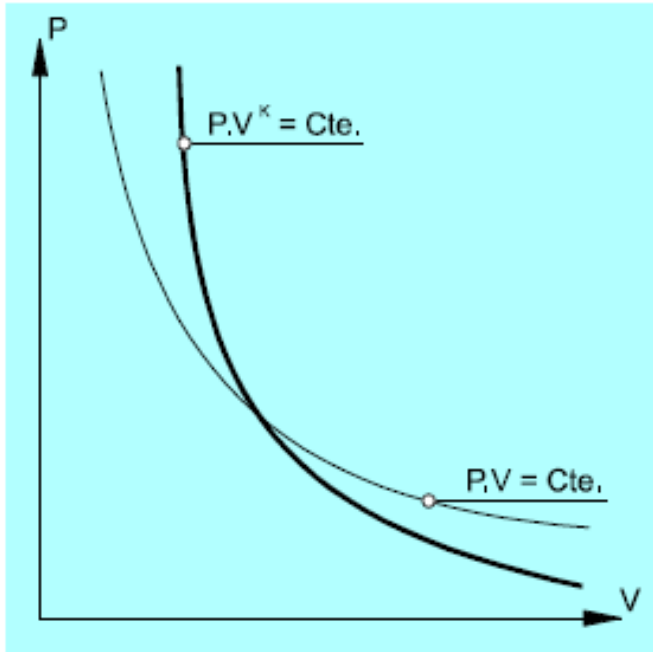
As tres leis anteriores pódense combinar formando a seguinte igualdade:

$$p_1 \cdot V_1/T_1 = p_2 \cdot V_2/T_2 = p_3 \cdot V_3/T_3 = \text{cte.}$$

Esta lei proporciona unha das bases teóricas principais para o cálculo á hora de deseñar un equipo pneumático.

5. Transformacións adiabáticas

As leis anteriores refírense sempre a cambios lentos, con só dúas variables cambiando ao mesmo tempo. Na práctica non ten lugar un cambio deste tipo senón que se producen transformacións adiabáticas.



$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{k}}$$

6. Volume estándar

Debido ás interrelacións entre volume, presión e temperatura, é necesario referir todos os datos de volume de aire a unha unidade estandarizada, o **metro cúbico estándar**, que é a cantidade de 1,293 kg de masa de aire a unha temperatura de 0°C e a unha presión absoluta de 760 mm de Hg.

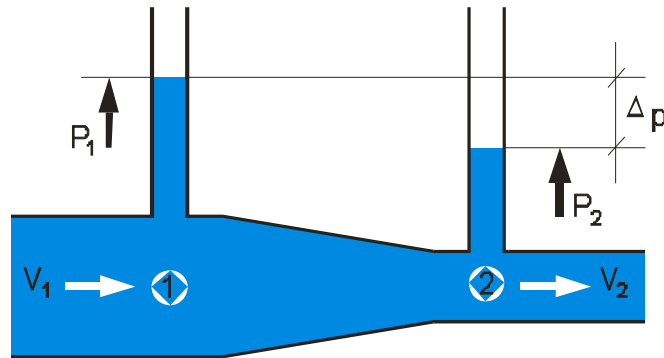
7. Gasto volumétrico (caudal)

A unidade básica para o gasto volumétrico "Q" é o metro cúbico normal por segundo (m³n/s). Na práctica exprésanse en litros ou dm³ normais por minuto.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q = \text{caudal (m}^3/\text{s)}. \\ V = \text{volumen (m}^3\text{)}. \\ t = \text{tiempo (s)}. \end{array} \right.$$

8. Ecuación de Bernoulli

O teorema de Bernoulli di que se un fluído de peso específico P flúe horizontalmente por un tubo de diámetro variable, a enerxía total en todos os puntos é a mesma.



Isto expresase na seguinte fórmula:

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

De onde se deduce que

$$\Delta P = \frac{1}{2} \delta \cdot (V_1^2 - V_2^2)$$

Esta ecuación aplícase aos gases se a velocidade do fluxo non supera os 330 m/s.

A aplicación desta ecuación son nos tubos Venturi e na compensación do fluxo nos reguladores de presión.

4. HUMIDADE DO AIRE

O aire da atmosfera contén sempre unha porcentaxe de vapor de auga. A cantidade de humidade presente depende da humidade atmosférica e da temperatura.

A cantidade de auga que un determinado volume de aire pode reter depende exclusivamente da temperatura, polo tanto, un metro cúbico de aire comprimido é capaz de reter a mesma cantidade de auga que un metro cúbico

de aire a presión atmosférica, sempre que a temperatura se manteña constante.

A seguinte gráfica mostra a capacidade de retención de auga por metro cúbico de aire para temperaturas entre -30 e 80°C. A liña fina indica a cantidade de auga por metro cúbico estándar e a liña máis grosa por metro cúbico atmosférico.

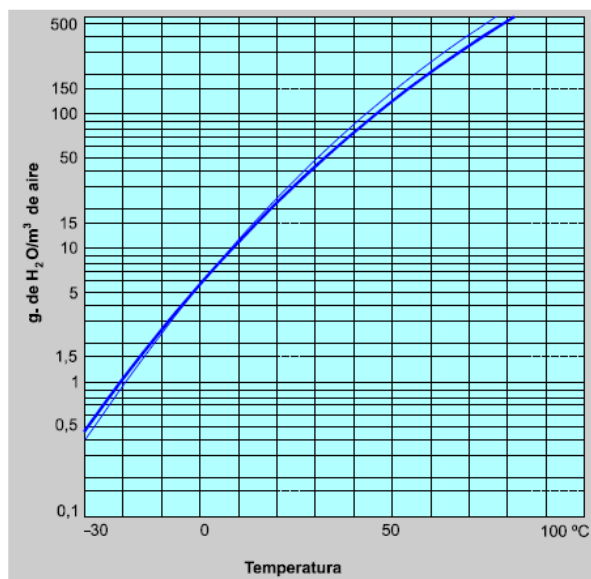


Figura 4.9 Puntos de condensación para temperaturas de -30°C a 80°C

A seguinte táboa mostra os valores máis exactos para o rango de temperaturas das aplicacións pneumáticas:

Temperatura °C	g / m ³ _n (estándar)	g / m ³ (atmosférico)
-40	0,15	0,18
-35	0,25	0,29
-30	0,40	0,45
-25	0,64	0,70
-20	1,00	1,08
-15	1,52	1,61
-10	2,28	2,37
-5	3,36	3,42
0	4,98	4,98
5	6,99	6,86
10	9,86	9,51
15	13,76	13,04
20	18,99	17,69
25	25,94	23,76
30	35,12	31,64
35	47,19	41,83
40	63,03	54,108

(a) Humidade relativa

A excepción de condicións atmosféricas extremas, como unha caída brusca de temperatura, o aire atmosférico non se satura nunca. O coeficiente entre o contido real de auga e o punto de condensación chámase humidade relativa e indícase como unha porcentaxe.

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{contenido real de auga}}{\text{cantidad de saturación}} \times 100$$

Cando o aire se comprime, a súa capacidade par reter humidade en forma de vapor é só a do seu volume reducido. Polo tanto, a menos que a

temperatura suba notablemente, a auga será expulsada mediante condensación. Esta auga de condensación debe eliminarse antes de que pase á rede de distribución, para evitar efectos prexudiciais sobre os compoñentes do sistema pneumático.

(b) **Punto de rocío (orballo)**

O punto de rocío (PR) determina a temperatura t , a cal o aire chega ao punto de saturación, é dicir, o aire convértese en aire saturado. Polo tanto non se producirá condensación se a temperatura do aire se mantén por encima do PR, pero un arrefriamento do aire por debaixo do PR provocará que o vapor de auga contido no aire empece a condensar en forma de auga líquida.

A principal utilización do concepto de punto de rocío está no campo do aire seco, onde é o parámetro para indicar a maior ou menor sequidade do aire. Puntos de rocío moi baixos indican aire moi seco e polo tanto de gran calidade, polo contrario puntos de rocío altos indican aire con alta humidade relativa.

5. **PRESIÓN E CAUDAL**

Cando non existe circulación de aire, a presión en todos os puntos do sistema é a mesma, pero se existe circulación dende un punto ata outro será porque a presión no primeiro punto é maior que no segundo, é dicir existe unha diferenza de presión. Esta diferenza de presión dependerá de tres factores:

- da presión inicial.
- do caudal de aire que circula.
- da resistencia ao fluxo existente entre ambas zonas.

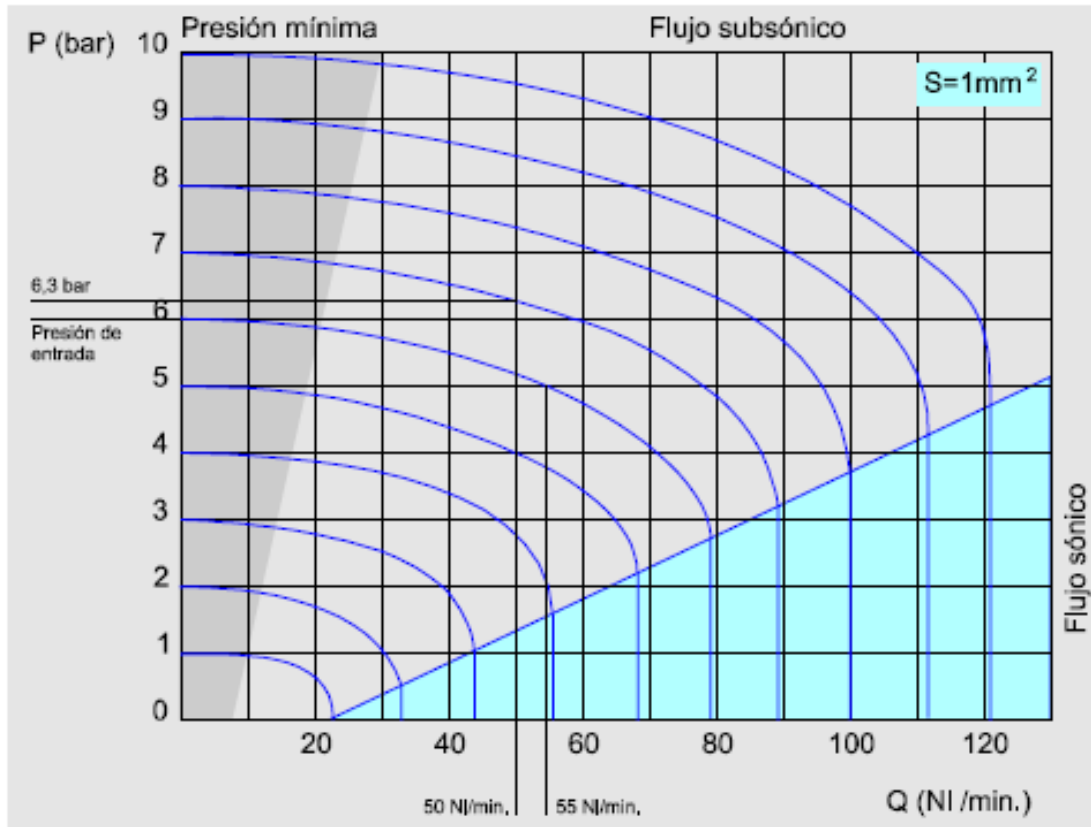
A resistencia á circulación do aire é un concepto que non ten unidades propias (como o ohmio na electricidade). En pneumática emprégase o concepto oposto, e dicir, conceptos que reflicten a facilidade ou aptitude dun elemento para que o aire circule a través del, como a área de orificio equivalente "S".

A sección de orificio equivalente "S" exprésase en mm^2 e representa a área de un orificio sobre parede delgada que crea a mesma relación entre presión e caudal que o elemento definido por el.

Na electricidade, unha corrente de un amperio (1A) crea sobre unha resistencia de un ohmio (1Ω) unha caída de tensión de un voltio (1V). Isto

cómprese independentemente da tensión inicial. En cambio, na pneumática, a caída de presión a través dun mesmo obxecto e co mesmo caudal, pode variar coa presión inicial e tamén coa temperatura, debido á compresibilidade do aire.

O seguinte diagrama mostra a relación equivalente entre presión e fluxo para unha sección de 1 mm².



O triángulo da esquina inferior dereita marca o rango do fluxo a velocidade sónica, cando o caudal de aire acada unha velocidade próxima á velocidade do son. Neste caso, o caudal xa non se pode incrementar independentemente da diferenza de presión que exista entre a entrada e a saída, xa que as curvas nesta zona son verticais. Isto supón que o caudal non depende da diferenza de presión senón da presión de entrada.

O límite entre fluxo sónico e subsónico ven establecida polas seguintes expresións:

- Fluxo sónico: $P_2 + 1,013 \leq 1,896 (P_1 + 1,013)$
- Fluxo subsónico: $P_2 + 1,013 > 1,896 (P_1 + 1,013)$

1. USO DO DIAGRAMA

A escala de presión da esquerda indica tanto a presión de entrada como da saída. As diferentes curvas, para presións de entrada dende 1 ata 10 bar, indican como varía a presión co incremento de caudal.

a. Exemplo 1

- Presión de entrada 6 bar.
- Caída de presión 1 bar (presión de saída 5 bar)

Seguimos a curva que parte de 6 ata que corta a horizontal do nivel de 5 bar. Dende ese punto trazamos unha liña vertical ata a escala dos caudais, na que obtemos un valor de 55 l/min. Esta situación concreta define o "**volume de fluxo estándar (Q_n)**", un valor encontrado nos catálogos para unha rápida comparación da capacidade de caudal das válvulas.

O caudal obtido neste diagrama é para un elemento (válvula, racor, tubo, etc) cunha sección equivalente "S" de 1 mm². Se o elemento en cuestión ten unha sección equivalente "S" de 4,5 mm², o caudal será 4,5X55=245 l/min.

b. Exemplo 2

Dado un elemento con unha sección equivalente "S" de 12 mm², con unha presión de alimentación de 7 bar e un consumo de aire de 600 l/min. ¿que presión obteremos na saída?

Un caudal de 600l/min, con unha sección de 12 mm² corresponde un caudal de 50 l/min por cada mm² de sección equivalente. Seguimos a curva de 7 bar ata que corta a liña vertical de 50 l/min. A partir de este punto trazamos unha liña horizontal ata a escala das presións e obtemos un valor de 6,3 bar.

O cálculo anterior tamén se podería realizar a partir das seguintes fórmulas:

- Fluxo subsónico: $Q = 222 \cdot S \cdot \sqrt{(P_2 + 1,013) \cdot (P_1 - P_2)}$
- Fluxo sónico: $Q = 111 \cdot S \cdot (P_1 + 1,013)$

Un sistema pneumático nunca funcionará de xeito satisfactorio en condicións de fluxo sónico xa que, por exemplo, de unha presión de

alimentación de 6 bar só quedarían 2,7 bar de presión efectiva para realizar o traballo.



6. PRODUCCIÓN DO AIRE COMPRIMIDO

6.1- COMPRESORES

Un compresor converte a enerxía mecánica dun motor, eléctrico ou de combustión, en enerxía potencial de aire comprimido.

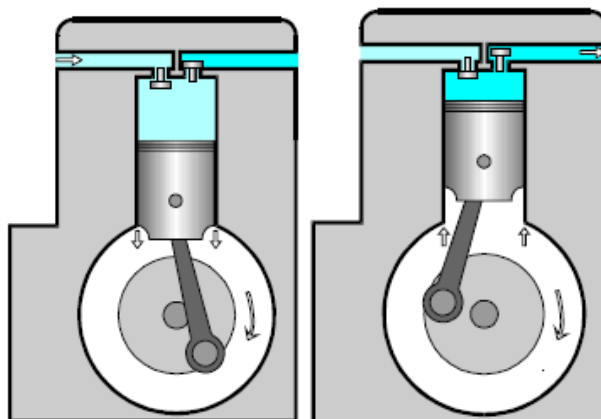
Os compresores poden clasificarse en dous grupos principais: alternativos e rotativos.



A. COMPRESOR DE ÉMBOLO DUNHA ETAPA

O movemento descendente do émbolo aumenta o volume, creando unha depresión que fai que o aire entre no cilindro pola válvula de admisión. Cando o émbolo realiza a carreira cara arriba a válvula de admisión pecha, obrigando ao aire a saír pola válvula de escape cara ao depósito.

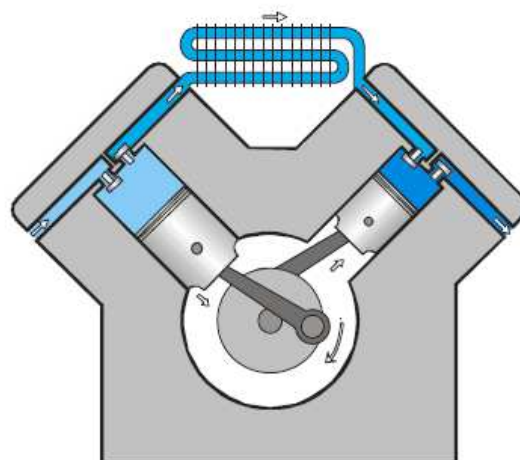
Este tipo de compresores emprégase para presións entre 3 e 7 bar, xa que para presións superiores o rendemento baixa moito.



B. COMPRESOR DE ÉMBOLO DE DÚAS ETAPAS

O aire comprímese en dúas etapas. Na primeira comprímese ata unha presión intermedia, pasando posteriormente por un refrixerador. Deste xeito o aire entra no segundo cilindro, de menor tamaño que o primeiro, a unha presión intermedia e a unha temperatura reducida.

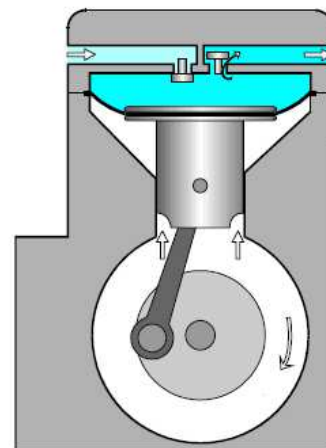
Co sistema de dúas etapas con refrixeración intermedia conséguese un aumento de rendemento notable con respecto ao sistema dunha etapa.



C. COMPRESOR DE DIAFRAGMA

Os compresores de diafragma subministran aire comprimido completamente libre de aceite e emprégase para presións de ata 5 bar.

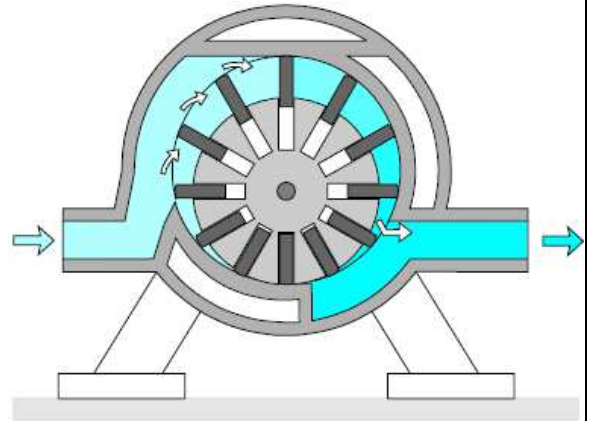
Funciona de xeito similar ao compresor de émbolo de unha etapa pero neste caso unha membrana separa a cámara de compresión impedindo o paso de aceite dende o cárter.



D. COMPRESOR DE PALETAS

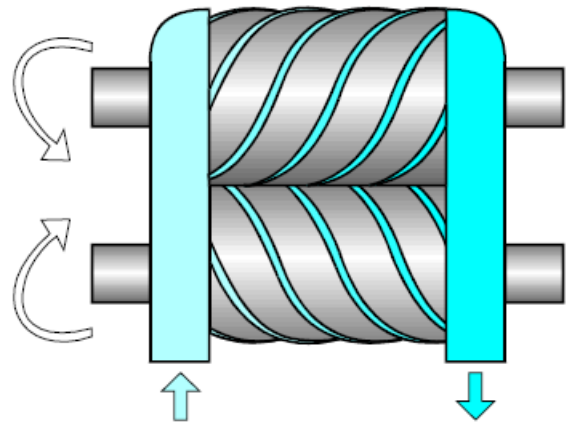
Consta dun rotor montado excentricamente cunha serie de paletas que se deslizan dentro de ranuras radiais. Ao xirar o rotor, pola acción da forza centrífuga mantén as paletas en contacto coa parede do estator e o espazo existente entre dúas paletas e o estator vai diminuindo dende a entrada de aire ata a saída, comprimindo así o aire.

A lubricación e a estanquidade obtéñense inxectando aceite na corrente de aire cerca da entrada.



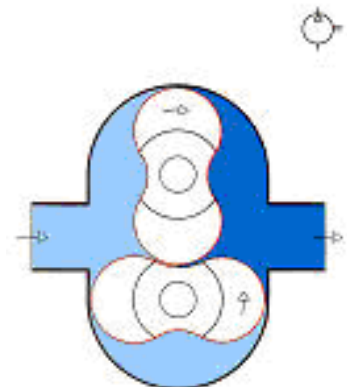
E. COMPRESOR DE TORNILLO

Dous rotores helicoidais engrenan xirando en sentidos contrarios. O espazo libre entre ambos diminúe axialmente en volume comprimindo o aire. O aceite lubrifica e pecha hermeticamente os dous rotores rotativos.



F. COMPRESOR ROOTHS

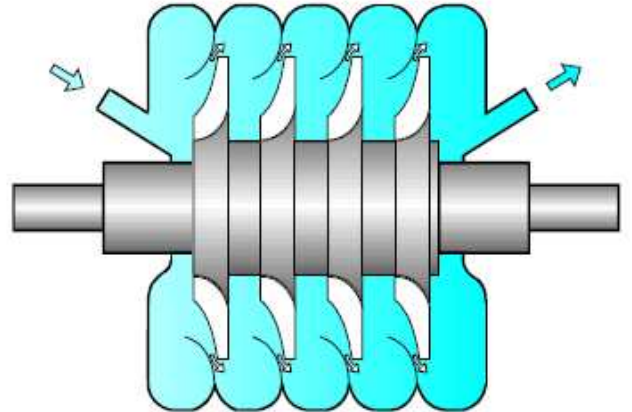
Dúas chaves que xiran en sentido contrario unha da outra pechan en cada volta un volume de aire entre a carcasa e o seu perfil. Este volume de aire é levado ao final do xiro á tobeira de saída.



G. TURBOCOMPRESORES

Este tipo de compresores funciona de xeito similar a unha turbina. Transforma a enerxía cinética en enerxía de presión. Segundo como sexa o desprazamento do aire poden ser radiais ou axiais.

Este tipo de compresores empréganse principalmente cando se precisan grandes caudais pero baixas presións.



6.2- RENDEMENTO VOLUMÉTRICO

Coñécese como rendemento volumétrico a relación entre o aire libre expulsado e o desprazamento (cilindrada \times nº de revolucións). Dita relación pódese expresar con relación á unidade ou en porcentaxe. O rendemento volumétrico dun compresor de dúas etapas é inferior ao dun compresor dunha etapa, xa que tanto os cilindros da primeira etapa como os da segunda teñen volumes mortos e perdas.

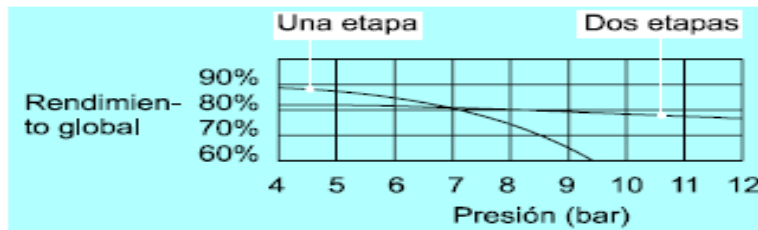
Ademais das perdas volumétricas, existen tamén perdas por efecto do incremento de temperatura, que baixan máis o rendemento. Estas perdas reducen aínda máis o rendemento global dependente do coeficiente de compresión e da carga. Un compresor que traballa a capacidade case total acumula gran cantidade de calor e perde rendemento.

Nun compresor de dúas etapas, o coeficiente de compresión por etapa é inferior e o aire, comprimido parcialmente no cilindro da primeira etapa, arrefríase nun refrixerador intermedio antes de ser comprimido ata a presión final no segundo cilindro.

Si se comprime aire aspirado da atmosfera por un cilindro da primeira etapa a un tercio do seu volume inicial, a presión absoluta á saída será de 3 bar. O calor producido por esta compresión é relativamente baixo. O aire comprimido pasa ao cilindro da segunda etapa, a través dun refrixerador intermedio, e o seu volume volve a reducirse a un tercio. A presión absoluta final será de 9 bar.

O calor producido ao comprimir o mesmo volume de aire nunha sola compresión, directamente dende a presión atmosférica a 9 bar absoluta sería moito máis elevado e reduciríase considerablemente o rendemento global.

O seguinte diagrama compara o rendemento global entre os compresores de unha e de dúas etapas, para varias presións de saída.



Para presións finais baixas é mellor o compresor dunha etapa, xa que ten un rendemento volumétrico maior. Polo contrario, con presións finais máis altas as perdas térmicas aumentan polo que son preferibles compresores de dúas etapas, con un rendemento térmico máis alto.

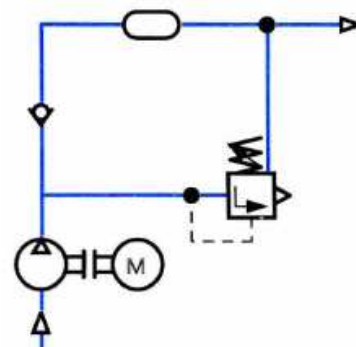
6.3- REGULACIÓN DOS COMPRESORES

O consumo de aire comprimido dentro da industria non é constante, senón que varía segundo a necesidade do momento. Para que exista unha coordinación entre o que se produce e o que se consume, o aire almacénase nun depósito.

Son varias as formas de regulación que se aplican para controlar o funcionamento dos compresores en función do consumo.

6.3-1. REGULACIÓN POR ESCAPE A ATMOSFERA

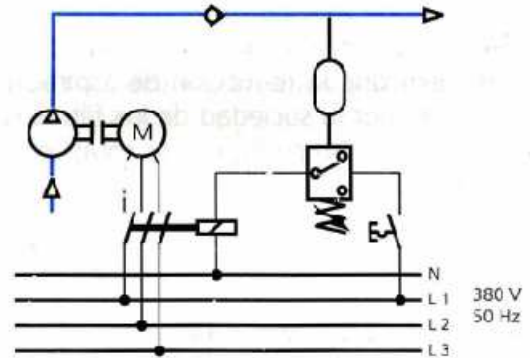
Lograda a presión límite, unha válvula limitadora de presión expulsa a atmosfera o exceso que se aporta. So apto para instalacións moi pequenas, xa que supón perda de aire.



6.3-2. REGULACIÓN POR INTERMITENCIAS

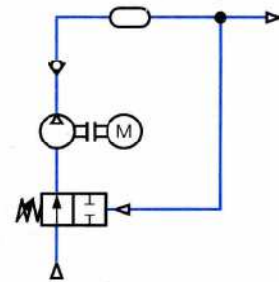
O motor de accionamento do compresor desconéctase o chegar a unha determinada presión e volve a conectarse o baixar a presión do sistema.

Esta regulación controlase cun presostato de máxima-minima e precisa dun depósito de almacenamento. É un sistema apto para pequenas potencias, xa que para altas, as continuas paradas e posta en marcha poden danar o motor.



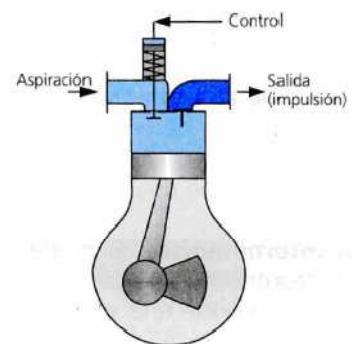
6.3-3. REGULACIÓN POR BLOQUEO DA ASPIRACIÓN

Sistema utilizado en compresores rotativos e de émbolo. Bloqueada a aspiración, o compresor mantén o seu traballo en réxime de depresión e sen aporte de aire o sistema.



6.3-4. REGULACIÓN POR APERTURA DE ASPIRACIÓN

Utilízase en compresores de émbolo de maior capacidade cos anteriores. A válvula de aspiración mantense aberta, co que o pistón móvese en baleiro e con consumo mínimo de enerxía.



6.3-5. REGULACIÓN DA VELOCIDADE DE ROTACIÓN

Coa variación da velocidade de xiro, pódese controlar o aire aportado. Non é moi utilizado.

6.3-6. REGULACIÓN DA ASPIRACIÓN

A variación da apertura de aspiración permítenos adaptar a produción o consumo. Utilízase en compresores rotativos e centrífugos.

6.4- ACCESORIOS DO COMPRESOR

6.4-1. DEPÓSITO

É un acumulador construído de chapa soldada e a súa función principal é a de adaptar o caudal ao consumo da rede, permitindo ter un caudal e unha presión máis estables. Ademais tamén permite a parada do compresor e a súa refrixeración. Tamén permite un arrefriamento do aire antes de ser distribuído pola rede, provocando a precipitación de gran parte da auga e aceite que o aire ten en suspensión. Esta última función facilítase se o depósito está en lugar fresco e separado de toda fonte de calor. Serve para reter das impurezas procedentes do compresor.

O depósito debe estar provisto dunha válvula de seguridade, un manómetro, un sistema de purga manual ou automático e unha tapa para a inspección e limpeza interior.

6.4-2. FILTRO DE ASPIRACIÓN

Unha condición importante para a fiabilidade e duración do compresor debe ser a instalación dun filtro eficaz e adecuado para impedir o desgaste excesivo dos cilindros, aneis do pistón, etc, provocado polo efecto abrasivo das impurezas contidas no aire.

Este filtro non pode ser demasiado fino xa que crearía unha gran resistencia ao paso do aire e baixaría o rendemento do compresor.

A entrada de aire debe estar situada de xeito que se aspire aire o máis limpo e seco posible, e os conduto de entrada deben ter un diámetro suficiente para que non se produza neles unha caída de presión excesiva que reduza o rendemento.

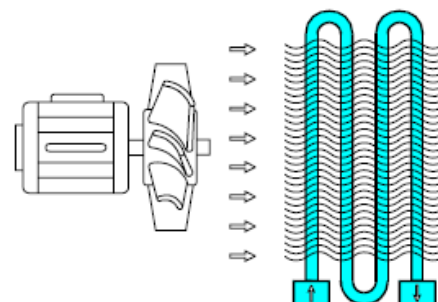
6.4-3. POST-ENFRIADORES

Cando o aire sae do compresor está quente, ao arrefriarse condensa parte da auga que se depositará ao longo do sistema de tubos. Para evitalo sométese ao aire a refrixeración para provocar a condensación da maior parte da auga antes de que entre no sistema de distribución.

Os post-enfriadores son intercambiadores de calor que poden ser refrixerados por aire ou por auga.

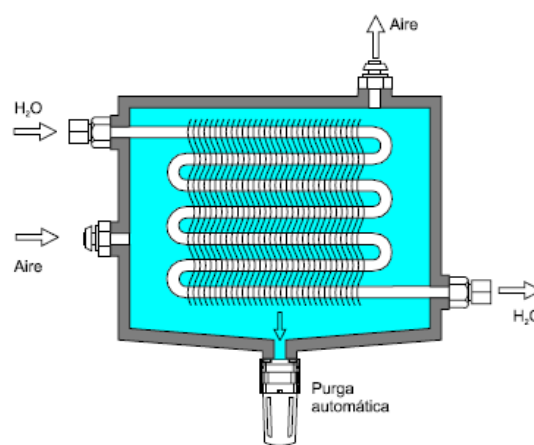
6.4-3.1. REFRIXERACIÓN POR AIRE

Consiste nunha serie de condutos polos que pasa o aire comprimido e sobre os cales se fai pasar unha corrente de aire forzada, provocada por un ventilador. Con este sistema conséguese baixar a temperatura do aire comprimido ata 15 °C por encima da temperatura do aire de refrixeración.



6.4-3.2. REFRIXERACIÓN POR AUGA

Consiste nunha carcasa con unha entrada e unha saída de aire. Dentro de dita carcasa alóxanse uns condutos polos que circula a auga de refrixeración. Os sentidos dos fluxos de aire e auga deben ser opostos para mellorar o rendemento. Con este sistema conséguese reducir a temperatura do aire ata uns 10 °C por encima da temperatura da auga de refrixeración.

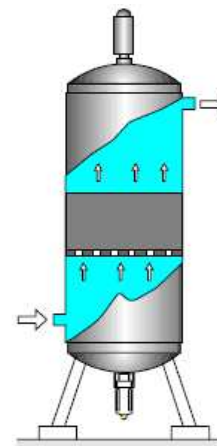


6.4-4. SECADORES DE AIRE

Os post-enfriadores, vistos anteriormente arrefrían o aire ata uns 10 ou 15 °C por encima da temperatura do refrixerante. Isto pode ser suficiente para evitar precipitados de auga en moitos casos, en cambio, cando se producen variacións grandes de temperatura ao longo da instalación pneumática, ou en períodos curtos de tempo, pódese producir condensación ao longo da rede de distribución. Tamén existe algúns tipos de instalacións pneumáticas nas que se require aire comprimido con baixo nivel de humidade. Nestes casos a acción dos post-enfriadores non é suficiente polo colócase na instalación secadores que conseguen aire con punto de rocío moito máis baixos que os post-enfriadores. Estes secadores poden ser de tres tipos: por absorción, por absorción e por refrixeración.

6.4-4.1. SECADO POR ABSORCIÓN (SECADO COALESCENTE)

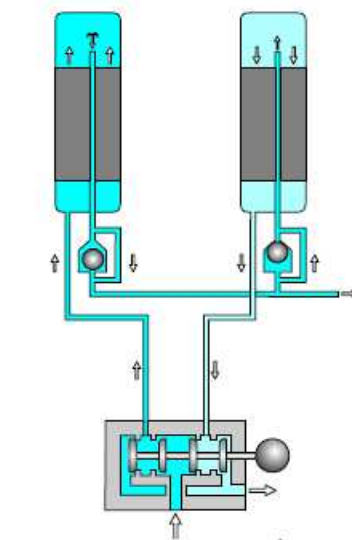
O aire comprimido pasa a través dun produto secante, xeso deshidratado ou cloruro de magnesio que contén cloruro de litio ou cloruro de calcio, que reaccionan coa humidade formando unha solución que é drenada no fondo do depósito. O axente secante debe ser rexenerado periodicamente e o aire debe ser filtrado correctamente xa que parte das sales secantes son corrosivas. Con este sistema conséguense puntos de rocío de ata 5 °C.



6.4-4.2. SECADO POR ADSORCIÓN (DESECANTE)

O aire pasa a través dunha cámara que contén un produto químico que como o silicagel que, por medios físicos absorbe a humidade. Cando o produto secante se satura debe ser rexenerado mediante secado por quentamento ou por unha corrente de aire seco que pasa a través del.

Na figura móstrase un sistema de dúas cámaras de xeito que cando unha está saturada de humidade mediante unha válvula cámbiase para a outra e a que está saturada recibe unha pequena cantidade de aire seco (10 a 20 %) que é eliminado ao exterior e mediante a cal se produce o secado da masa absorbente.



Con este sistema pódense conseguir puntos de rocío moi baixos, de ata -30 °C.

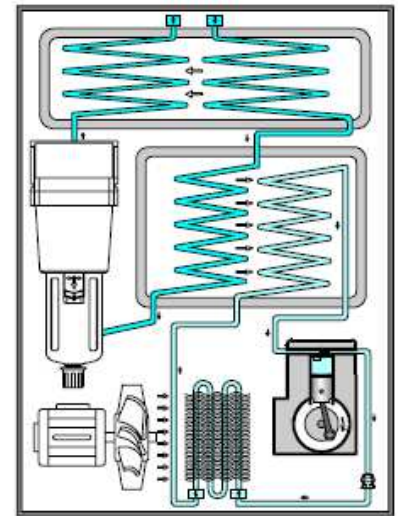
6.4-4.3. SECADO POR REFRIXERACIÓN

Consiste nun conxunto que incorpora un circuíto de refrixeración con dous intercambiadores de calor.

O aire quente e húmido é pre-arrefriado no primeiro intercambiador de calor, transferindo parte da súa calor ao aire frío da saída. Posteriormente o aire pasa ao segundo intercambiador, onde é arrefriado ata unha temperatura moi baixa por un circuíto de refrixeración. Nese momento a humidade condensa e é drenada mediante unha purga automática.

O aire frío do conduto de retorno pasa a través do primeiro intercambiador, onde absorbe calor do aire quente da entrada, aumentando a súa temperatura e evitando condensación á saída do secador.

Todos os condutos dentro dos intercambiadores deben ter unha pendente para drenar a auga que condensou durante todo o proceso de refrixeración e ser eliminada pola purga automática.



6.4-5. FILTRO DA LIÑA PRINCIPAL

Á saída do depósito debe ser instalado un filtro de gran capacidade para eliminar a contaminación do aire tal como vapores de aceite e auga e outra sucidade que poida ter o aire, a fin de que non se forme emulsión de auga e aceite nas liñas de distribución. Este filtro debe ter unha gran capacidade para provocar unha caída de presión mínima.

7. DISTRIBUCIÓN DO AIRE

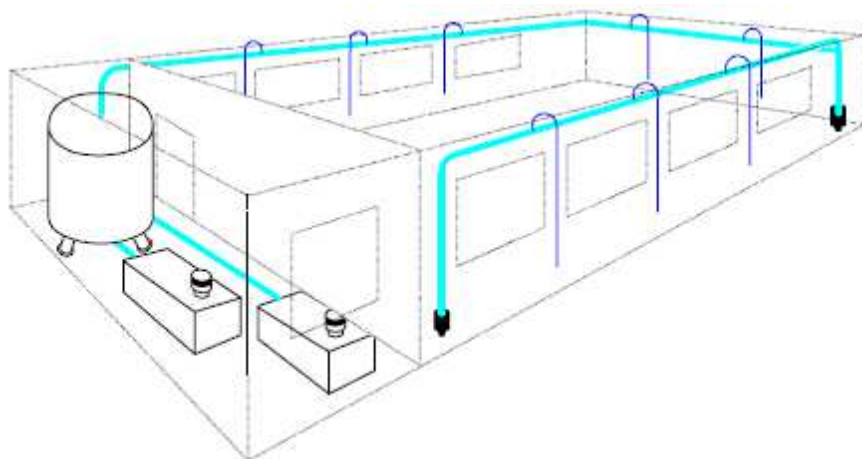
Para facer chegar o aire comprimido aos puntos de consumo realízase unha rede de distribución fixa. Nesta liña instalaranse válvulas de peche para dividir a liña de distribución en seccións, co fin de limitar a área inutilizada durante períodos de mantemento e reparacións.

Para favorecer o drenaxe das tubarías estas deben ter unha pendente de entre o 1 e o 2 % na dirección do fluxo e no punto máis baixo deben dispoñer de elementos de purga. En liñas moi longas, e para evitar unha perda de altura excesiva, as liñas poden ser devoltas á súa altura inicial mediante tubos verticais e colocando un sistema de purga en cada un deles.

Existen dous tipos básicos de configuración da liña principal: **final en liña morta** e **rede principal en anel**.

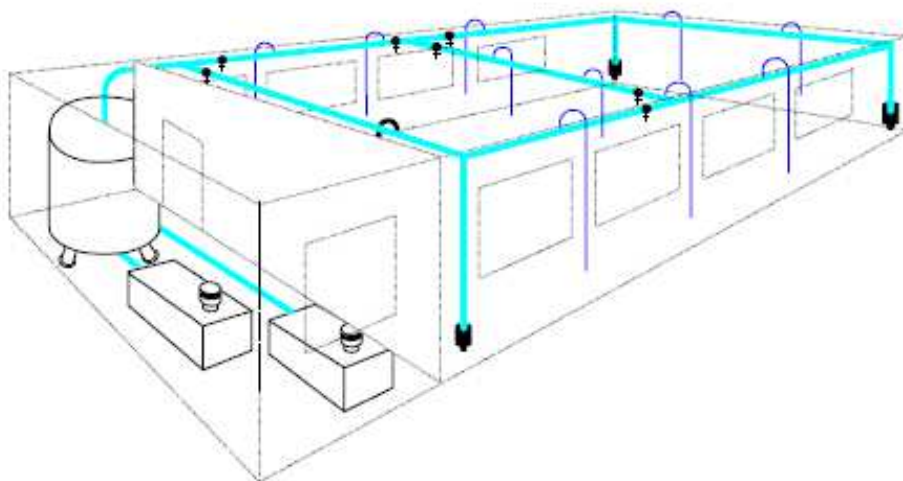
7.1. FINAL EN LIÑA MORTA

Ten varios inconvenientes: en primeiro lugar, ao alimentarse toda a instalación dende un único punto a caída de presión ata o final da liña é elevado. Ademais, se se produce unha avaría nun punto da liña e hai que interromper o fluxo nun punto, toda a liña dende ese punto ata o final quedaría sen fluxo.



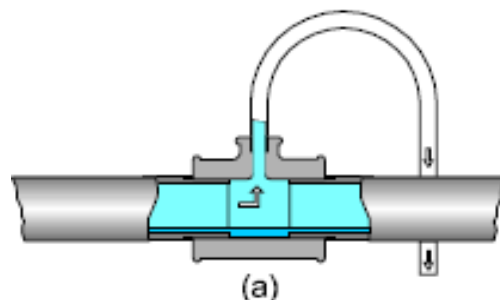
7.2. REDE PRINCIPAL EN ANEL

Con este sistema é posible alimentar un punto de consumo elevado dende dous puntos, o que permite reducir a caída de presión. Ademais, se por unha avaría hai que interromper o fluxo nun punto pódese seguir alimentando gran parte da instalación dende o outro punto.



7.3. LIÑAS SECUNDARIAS

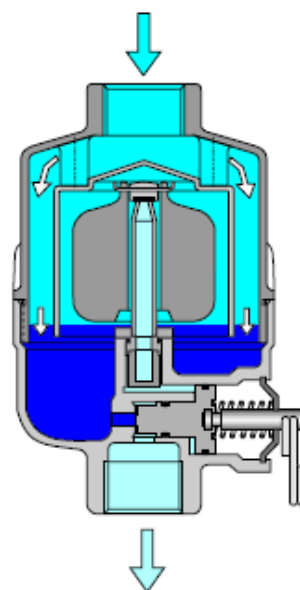
As derivacións que parten da liña principal débense tomar sempre pola parte superior do tubo principal para impedir que a auga que condensa neste tubo chegue ata os elementos de traballo. Ademais, na súa parte inferior deben ter unha unión en "T" e no punto máis baixo unha purga para eliminar a auga que puidera condensar na liña secundaria. A purga pode ser manual ou automática, sendo máis recomendable a automática, xa que evita ter que abrir periodicamente cada purga para eliminar a auga, e ademais evítase que un descoido no mantemento provoque mal funcionamento ou avarías no sistema.



7.4. PURGAS AUTOMÁTICAS

Consisten nun flotador apoiado dobre un vástago perforado. Cando dito flotador é levantado do apoio do vástago polo efecto da auga, a través do vástago pasa presión que actúa sobre un émbolo abrindo unha válvula de alivio que expulsa a auga. Cando o nivel de auga descende o flotador volve á súa posición inicial impedindo o paso de presión a través da tobera, provocando que a válvula de alivio peche pola acción dun resorte.

Tamén existen sistemas controlados electricamente que periodicamente abren unha válvula de vástago vertical que drena a auga acumulada.



7.5. SELECCIÓN DO TAMAÑO DOS CONDOTOS DE AIRE.

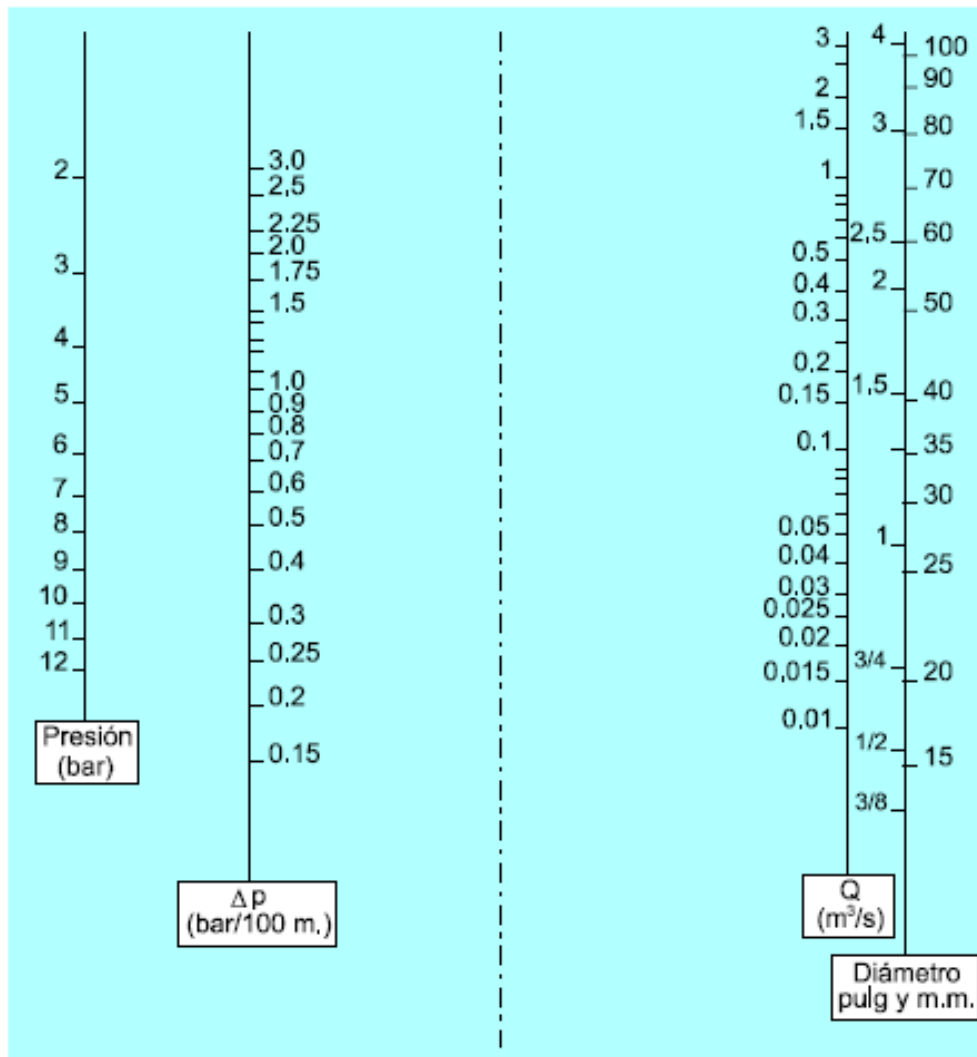
O custe dos condutos de aire é unha parte importante do custe inicial total dunha instalación de aire comprimido. Sen embargo, unha redución no diámetro da tubaría, aínda que baixaría o custe inicial da instalación, aumentaría a caída de presión do sistema e faría aumentar o custe de funcionamento.

Tamén hai que ter en conta que os custes de man de obra son unha parte importante e apenas varían co tamaño dos tubos. Hai que ter en conta

que multiplicar por dous o diámetro da tubaría supón multiplicar por catro a súa capacidade.

O tamaño dos condutos de aire calcúlase por limitación da velocidade do fluxo, que non debe superar os 6 m/s salvo en casos puntuais. Como norma xeral, ao longo da liña principal non se debe producir unha caída de presión superior aos 0,3 bar.

Para determinar o diámetro recomendado en función da presión, do caudal e da máxima perda de presión admisible empregaremos o diagrama da seguinte páxina. As perdas de presión orixinadas en elementos como codos, válvulas, etc determinarémolas a partir dunha lonxitude adicional equivalente da tubaría, co fin de determinar a perda de presión total. Na seguinte táboa indícanse as lonxitudes equivalentes para os distintos accesorios en función do diámetro.



Accesorio	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°	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 esfér.	0,8	1,1	1,4	2,0	2,4	3,4	4,0	5,2	7,3	9,4
Válvula comp.	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2
"T" estándar	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

Exemplo (a)

Determinar o tamaño dunha tubaría pola que pasarán 16800 l/min. de aire cunha caída de presión de non máis de 0,3 bares nun tubo de 125 m. O compresor, de dúas etapas, conectase a 8 bares y detense a 10 bares; a media é 9 bares.

a caída de presión de 0,3 bar (30 kPa) nun tubo de 125 m é equivalente a:

$$\Delta p = 0,3/125 \cdot 100 = 0,24 \text{ bar}/100\text{m}$$

$$Q = 16,8/60 = 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

Facendo referencia ao diagrama anterior: debuxar unha liña a partir de 9 bares na liña de presión pasando por 0,24 bar/100m na liña da caída de presión para cortar a liña de referencia nun punto X.

Unir o punto X con 0,28 Nm³/s e prolongar a liña ata que corte a liña do tamaño do tubo, a aproximadamente 61 mm.

Pódese utilizar un tubo con un diámetro interno de 61 mm. Un tubo con un diámetro interno nominal de 65 mm ten un diámetro interno real de 68 mm. e pode satisfacer os requisitos con certo marxe.

Exemplo (b):

Se o tubo de 125 m. de lonxitude no exemplo (a) ten certo número de accesorios na liña, por exemplo dous codos, dúas curvas de 90°, seis empalmes en "T" estándar e dúas válvulas de comporta ¿sería necesario un tubo de maior tamaño para limitar la caída de presión a 0,3 bar?

Na táboa da páxina 25, na columna de 65 mm de diámetro encóntranse as equivalencias á seguinte lonxitude de tubo

- dous codos: 2 x 3,0 m = 6,0 m

- dos curvas de 90°: 2 x 0,8 m = 1,6 m
 - seis "T" estándar: 6 x 0,7 m = 4,2 m
 - dos válvulas de compuerta: 2 x 0,5 m = 1,0 m
- Total: 12,8 m

Os doce accesorios teñen unha resistencia ao fluxo equivalente a 12,8 m de lonxitude adicional do tubo.

A "lonxitude efectiva" do tubo é entón de 137,8 m. e a caída de presión equivalente será: $\Delta p = 0,3/137,8 \cdot 100 = 0,21$ bar/100m

Facendo novamente referencia ao diagrama anterior, a liña que representa o tamaño do tubo corta agora, aproximadamente, a 65 mm de diámetro interno, así que un tubo de diámetro interno nominal de 65 mm, con un diámetro interno real de 68 mm será suficiente neste caso.

7.6. MATEIRAI S EMPREGADOS PARA AS CONDUCCIÓNS

Para as redes de distribución pódense empregar varios materiais: tubos de aceiro inoxidable, tubos de cobre, etc.

7.6-1. Tubos Gas de aceiro

Están fabricados en aceiro, preferentemente galvanizado para aumentar a súa resistencia á corrosión e as unións poden ser roscadas, aínda que cando se trata de grandes diámetros empréganse bridas. As dimensións dos tubos gas estándar son as seguintes:

DIAMETRO (mm.)	DIAMETRO (pulgadas)	DIAMETRO EXT. (mm.)	ESPE SOR TUBO (mm.)	MASA Kg./m
6	1/8	10,5	2,00	0,419
8	1/4	13,8	2,30	0,652
10	3/8	17,3	2,30	0,851
15	1/2	21,7	2,80	1,310
20	3/4	27,2	2,80	1,680
25	1	34,0	3,20	2,430
32	1 1/4	42,7	3,50	3,380
40	1 1/2	48,6	3,50	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	4,50	12,100

7.6-2. Tubos de aceiro inoxidable

Empréganse cando se requiren grandes diámetros en liñas de condutos longos e con poucas unións.

7.6-3. Tubos de cobre

Empréganse cando se require gran resistencia á corrosión e as altas temperaturas, aínda que resulta caro, especialmente para diámetros grandes. Ten a vantaxe de que as unións resultan sinxelas.

7.6-4. Tubos de materiais sintéticos

Empréganse tubos de PVC, nylon, poliamida ou poliuretano, aínda que este último admite presións máis baixas. Todos eles presentan grandes vantaxes como a facilidade para cortalos e para realizar as unións, normalmente por enchufes rápidos.

7.6-5. Tubos de aluminio

Ten boa resistencia á corrosión e a altas temperaturas, a súa instalación resulta sinxela e ten unha maior resistencia á presión que os materiais sintéticos.

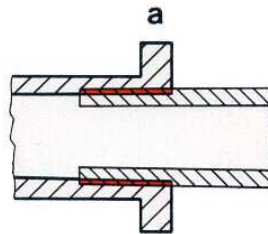
7.6-6. Tubos flexibles

Para a conexión directa coa máquinas e para máquinas manuais empréganse tubos de goma ou de plástico reforzado que ofrecen gran flexibilidade que permite liberdade de movemento para o operador. As especificacións dos tubos pneumáticos de gomas son as seguintes:

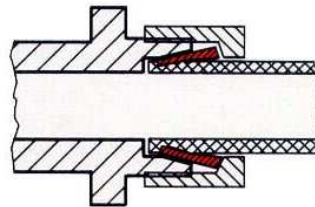
DIAMETRO NOMINAL (Pulgadas)	DIAMETRO EXTERIOR (mm.)	DIAMETRO INTERIOR (mm.)	SECCION INTERNA (m.m. ²)
1/8	9,2	3,2	8,04
1/4	10,3	6,3	31,2
3/8	18,5	9,5	70,9
1/2	21,7	12,7	127
5/8	24,1	15,9	199
3/4	29,0	19,0	284
1	35,4	25,4	507
1 1/4	45,8	31,8	794
1 1/2	52,1	38,1	1140
1 3/4	60,5	44,5	1560
2	66,8	50,8	2030
2 1/4	81,1	57,1	2560
2 1/2	90,5	63,5	3170

7.7. SISTEMAS DE CONEXIÓN

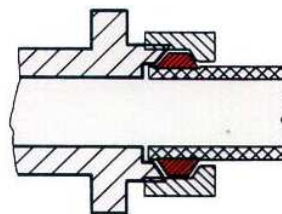
7.7.1. Unión roscada con asiento cónico



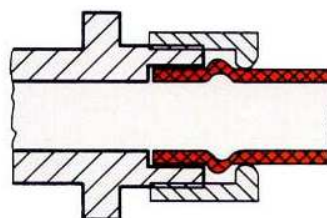
7.7.2. Rácor con anel de presión que se incrusta no tubo



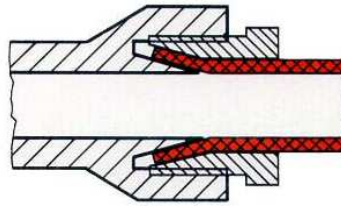
7.7.3. Unión con xunta de aceiro ou plástico



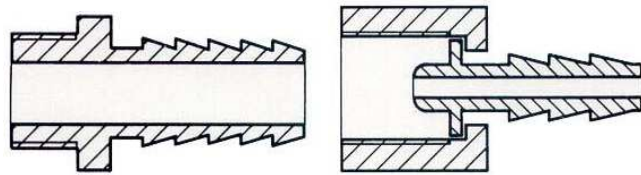
7.7.4. Tubo rebordado apertado polo casquillo roscado



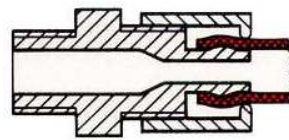
7.7.5. Tubo con abocardado cónico



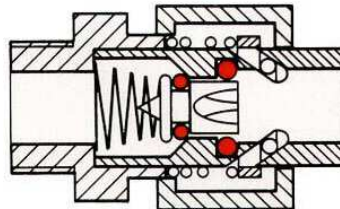
7.7.6. Espigas roscadas para tubos flexibles de goma o plástico



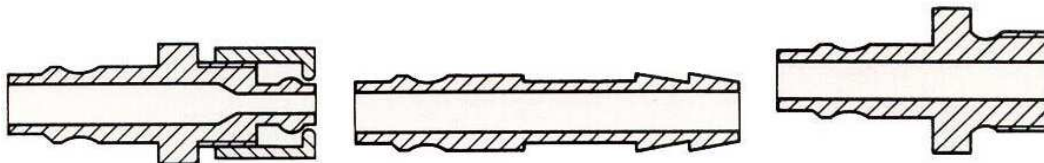
7.7.7. Conexión por inserción para tubo de plástico



7.7.8. Enchufe rápido (femias) con peche estanco



7.7.9. Enchufes rápidos (machos)



8. TRATAMENTO DO AIRE COMPRIMIDO

O aire da atmosfera leva po e humidade. Tras a compresión a humidade condensa no post-enfriador e no depósito pero sempre queda algo desa auga no aire. Ademais tamén transporta partículas de aceite, cascarillas do tubo e outras materias estrañas como partículas do material de selado, etc. Todas estas substancias poden producir efectos prexudiciais no equipo pneumático provocando o desgaste das xuntas e a súa deformación, corrosión e atasco das válvulas.

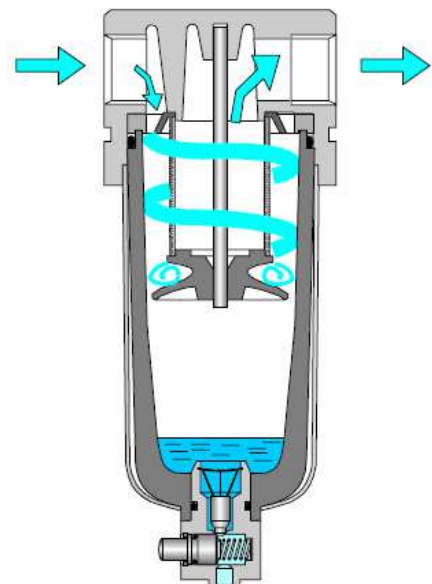
Para eliminar estes contaminantes é necesario limpar o aire o máis cerca posible do punto de utilización. O tratamento do aire inclúe tamén a regulación da presión e a veces a lubricación.

8.1. FILTRADO

8.1.1. Filtro estándar

Consta dun separador de auga e un filtro combinado. Se o aire non foi deshidratado previamente o separador recollerá gran cantidade de auga e o filtro reterá partículas sólidas.

A separación de auga prodúcese principalmente por rotación rápida do aire, provocada por un deflector na entrada. As partículas máis pesadas de sucidade, auga e aceite son expulsadas ao impactar contra as paredes do vaso pola acción da forza centrífuga, indo a parar ao fondo do vaso. Este vaso pode estar provisto dunha purga manual ou automática. A placa separadora crea unha zona de calma debaixo da zona de turbulencia impedindo que a sucidade precipitada no fondo volva a ser arrastrada pola corrente de aire.

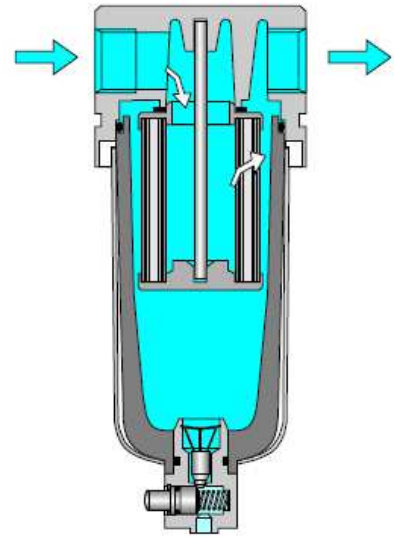


O elemento filtrante elimina as partículas máis finas ao fluír o aire cara á saída. O elemento filtrante estándar elimina todas as partículas de ata 5 micras.

8.1.2. Filtros micrónicos

Conseguen un grado de filtrado maior que os estándar, eliminando as partículas de ata 0,3 micras. Tamén eliminan partículas de auga e aceite que son absorbidas polo material filtrante transformándose en líquido que precipita no fondo do vaso. Neste caso trátase de filtros puros e polo tanto non están provistos de deflector.

O filtrado prodúcese dende o interior do filtro cara ao exterior, quedando a sucidade depositada no interior do cartucho.



8.1.3. Filtros sub-micrónicos

Un filtro sub-micrónico elimina todo o aceite e a auga e tamén as partículas sólidas de ata 0,01 micras, proporcionando a máxima protección a dispositivos pneumáticos como poden ser equipos de medida, pintura pulverizada electrostática, limpeza e secado de accesorios electrónicos, etc.

O principio de funcionamento é igual que o do filtro micrónico pero o seu elemento filtrante ten varias capas para conseguir unha maior eficacia.

8.2. SELECCIÓN DO FILTRO

O tamaño de filtro que se require para unha aplicación específica depende fundamentalmente de dous factores:

- O caudal máximo de aire que debe pasar a través do filtro.
- A caída de presión máxima aceptable.

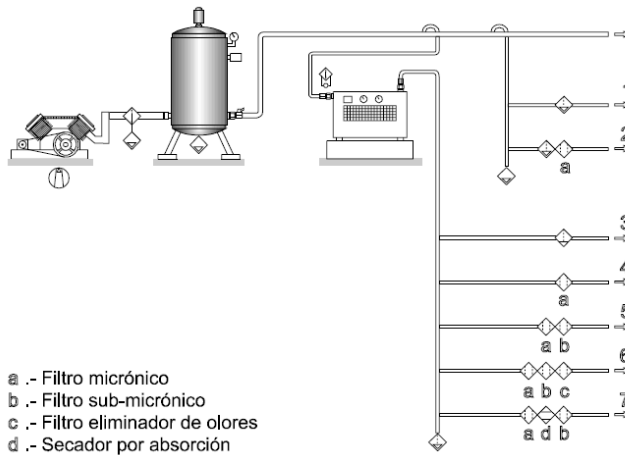
Para a elección correcta do filtro son de gran utilidade os diagramas de caudal-presión que proporcionan os fabricantes.

Hai que ter en conta que os filtros estándar, para un correcto funcionamento do deflector, necesitan unha velocidade axeitado do fluxo.

8.3. NIVEIS DE CALIDADE DO AIRE COMPRIMIDO

O seguinte esquema mostra unha instalación pneumática na que se combinan distintos grados de filtrado con distintos niveis de humidade do aire, dando lugar a sete niveis de calidade do aire.

A seguinte táboa indica as características de cada unha das sete calidade de aire e as aplicación típicas de cada unha.



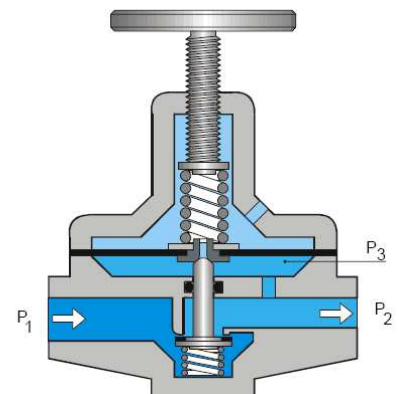
Nº	ELIMINACIÓN DE ...	APLICACIÓN	EJEMPLOS TÍPICOS
1	Partículas de polvo maiores de 5 μm . Aceite líquido > 99%. Humedad saturada < 96%.	Cuando no es aceptable polvo fino, aunque puede haber aceite y cierta cantidad de condensación.	Aire para sujetar, soplado y accionamientos neumáticos sencillos.
2	Partículas de polvo maiores de 0,3 μm . Nebulina de aceite >99%. Humedad saturada 99%.	Cuando no es aceptable polvo fino ni vapor de aceite.	Controles y accionamientos neumáticos para equipos industriales en general. Juntas metálicas no herméticas, herramientas de aire y motores.
3	Humedad hasta un punto de rocío de -17°C. Lo demás como en (1).	Cuando la eliminación de la humedad es imperativa pero son aceptables restos de polvo fino y aceite.	Análogo a (1), pero el aire es seco. Pintura adicional por pulverización.
4	Partículas de polvo maiores de 0,3 μm . Nebulina de aceite >99%. Humedad hasta un punto de rocío de -17°C.	Cuando se requiere aire sin, prácticamente, ninguna impureza.	Control de proceso, equipos de medición, pintura por pulverización de gran calidad, enfriamiento de fundición y troqueles de inyección.
5	Partículas de polvo maiores de 0,01 μm . Nebulina de aceite >99,999%. Humedad hasta un punto de rocío de -17°C.	Como en (5) pero cuando se requiere el aire también sin olores.	Dispositivos neumáticos para medición de precisión, pintura por pulverización electrostática, limpieza y secado de conjuntos electrónicos.
6	Como en (5) con eliminación adicional de los olores.	Cuando es necesario evitar cualquier riesgo de condensación durante la expansión y a bajas temperaturas.	Farmacia, industria alimenticia, transporte aéreo, fermentación, aire para respirar.
7	Todas las impurezas como en (6) pero con un punto de rocío de -30°C.		Secado de componentes electrónicos, almacenamiento de productos farmacéuticos, equipos de medición marinos, transporte aéreo de pólvora.

8.4. REGULACIÓN DA PRESIÓN

A regulación da presión é necesaria xa que presións por encima o nivel óptimo producen un desgaste excesivo con un incremento mínimo ou nulo da efectividade. Ademais aumentan o consumo de aire, o que provoca o conseguinte consumo de enerxía.

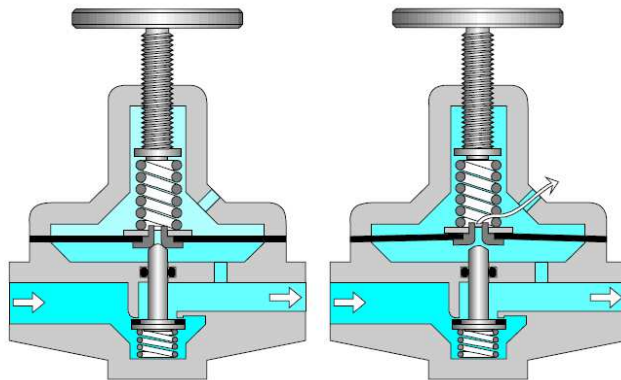
8.4.1. Regulador estándar

Poden ter un émbolo ou un diafragma que equilibra a presión de saída coa forza exercida por un resorte regulable mediante un parafuso. Cando a presión de saída é inferior á regulada no parafuso de regulación a forza exercida polo resorte é superior á exercida pola presión sobre a membrana e a válvula permanece aberta, permitindo o paso de aire. Cando a presión na saída



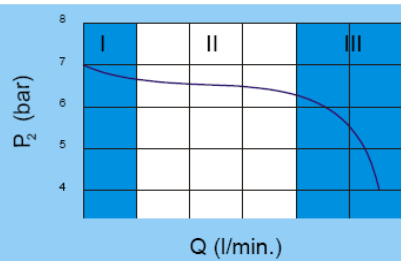
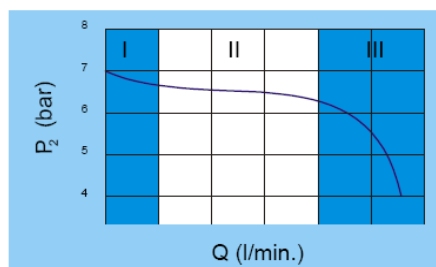
aumenta e se aproxima ao valor regulado a presión do aire sobre a membrana comprime o resorte cerrando a válvula para impedir que a presión na saída siga aumentando.

Se unha vez acadado o valor regulado, e coa válvula pechada, sigue aumentando a presión na saída da válvula con respecto ao valor regulado debido, ben a unha nova regulación máis baixa que a anterior ou ben a un aumento da presión na saída por outras causas, a membrana ou diafragma comprime o resorte mais alá do percorrido do émbolo válvula, quedando separado o diafragma de dito vástago. Isto permite saír aire a través dun burato no centro da membrana cara ao exterior, o que provoca que a presión á saída do regulador diminúa ata o valor regulado. Cando acada dito valor o vástago da válvula pecha o burato da membrana impedindo que siga saíndo máis aire e mantendo a presión no valor regulado.



É moi común a combinación nun mesmo elemento de filtro e regulador de presión.

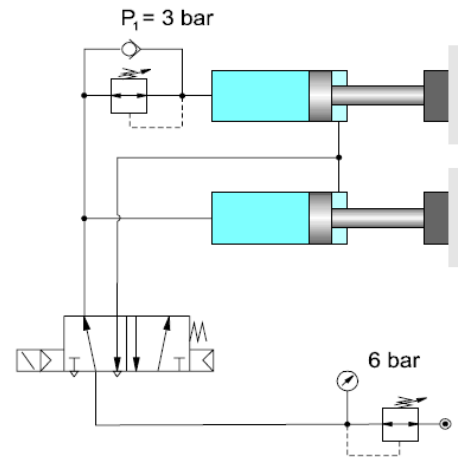
O tamaño do regulador debe determinarse de xeito que produza unha variación mínima de presión para a gama de caudais con que debe traballar. A información técnica do fabricante, especialmente o diagrama caudal/presión pode resultar de interese para unha elección correcta.



8.4.2. Regulador de presión con válvula antirretorno

Existen reguladores de presión con válvulas antirretorno montadas en paralelo que permiten el paso de aire en sentido contrario al normal sin necesidad de pasar por el regulador. El siguiente esquema muestra una aplicación de estos reguladores.

Mediante el regulador con antirretorno puede limitarse la fuerza máxima del cilindro superior y el antirretorno permite el retroceso rápido del mismo, independientemente del valor de regulación.



8.5. LUBRICACIÓN DO AIRE COMPRIMIDO

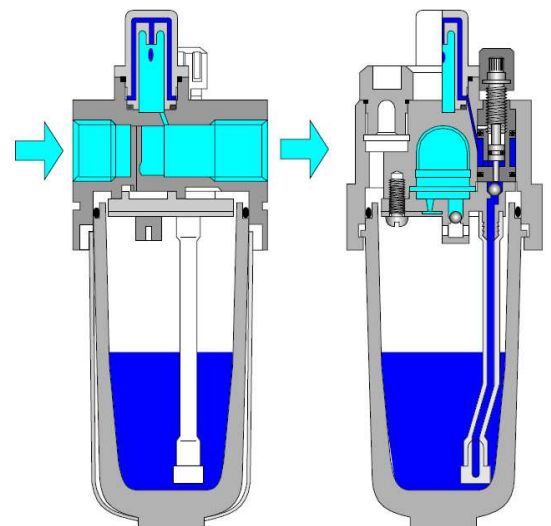
Los equipos neumáticos modernos pueden trabajar, en condiciones normales, sin lubricación, ya que están prelubricados para toda su vida útil. Esto representa una gran ventaja ya que supone un ahorro de equipos, aceite y mantenimiento, además el sistema es mucho más limpio e higiénico y el aire que se devuelve a la atmósfera va limpio de aceite. Sin embargo determinados equipos y en condiciones de trabajo extremas requieren lubricación para aumentar la vida útil de los mismos. Para asegurarse de que estos equipos están correctamente lubricados se coloca en la línea un lubricador que incorpora una cantidad de aceite en la corriente de aire.

Existen varios tipos de lubricadores

8.5.1. Lubricadores proporcionales

Este elemento crea una caída de presión entre la entrada y la salida directamente proporcional al caudal que circula por la línea. Esta diferencia de presión hace subir el aceite desde el vaso al visualizador de goteo.

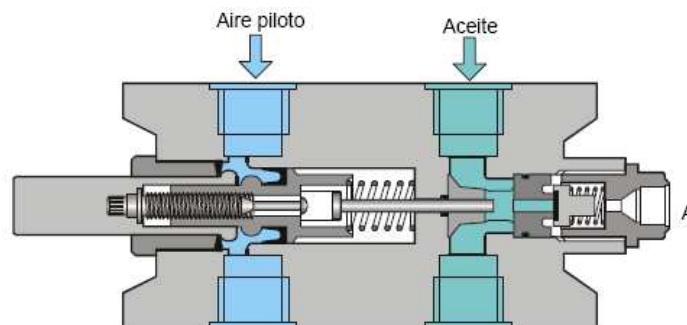
Un estrechamiento en el conducto por el que circula el aire provoca un aumento de presión antes de dicho estrechamiento y una caída de presión inmediatamente después del mismo. Ese aumento de presión es conectado al vaso,



exercendo dita presión sobre o aceite, que é empuxado a través dun tubo capilar conectado coa zona de caída de presión. Canto maior é o caudal que circula pola liña maior é a diferenza de presión entre antes e despois do estreitamento, maior é a forza coa que é empuxado o aceite e polo tanto maior e a cantidade de aceite que pasa a través do tubo capilar para ser incorporado á corrente de aire.

8.5.2. Lubricadores por inxección

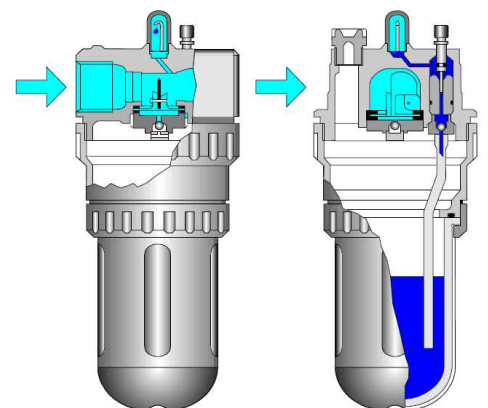
Empréganse para a lubricación de aire para ferramentas pneumáticas rotativas. Inxectan unha pequena cantidade de aceite na manguera mediante unha pequena bomba de pistón. Para o funcionamento requiren unha sinal de presión que acciona o pistón.



Cada vez que chega unha sinal de presión á conexión de aire piloto o pistón empuxa o vástago á dereita e expulsa pola conexión "A" unha pequena cantidade de aceite. Unha vez que a conexión desaparece o vástago volve a súa posición inicial pola acción dun resorte. Este lubricador debe ir asociado a un transformador de sinal que emite unha sinal de presión cada vez que se inicia un fluxo de aire cara á ferramenta. O aceite inxéctase na corrente de aire a través dun tubo capilar, para favorecer a súa pulverización, cerca da entrada da ferramenta.

8.5.3. Lubricador de micro-néboa

Este lubricador ten como característica asegurar unha pulverización extrafina, necesaria para casos especiais como por exemplo instalacións con moitas curvas. Para conseguir unha alta pulverización o aceite non entra directamente na corrente de aire que circula pola liña senón que o fai no aire que circula a través do depósito de aceite. Deste xeito as gotas de maior tamaño precipitan no depósito e só as máis finas, en forma de néboa pasan á liña de distribución de aire.



8.6. UNIDADES DE FILTRO-REGULADOR-LUBRICADOR (F.R.L.)

É común que os tres elementos básicos de acondicionamento do aire se encontren combinados nunha mesma unidade que permite aforrar espazo e reducir o número de conexións. O tamaño desta unidade debe seleccionarse de acordo co caudal máximo que debe pasar a través dela. A documentación técnica do fabricante é de gran axuda para a súa elección.



9. DECISIÓN DA TÉCNICA DE MANDO

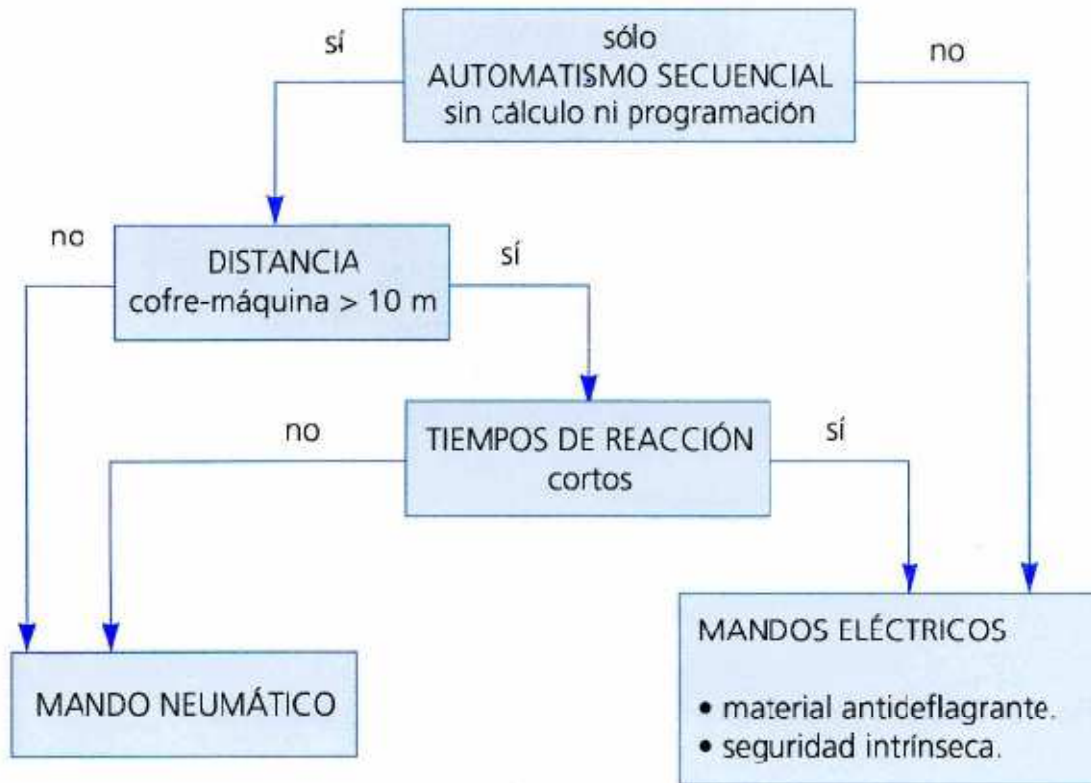
Unha vez coñecidos os pasos a seguir na produción, tratamento e distribución do aire comprimido, estudaremos os factores que hai que ter en conta a hora de decidir a técnica de mando apropiada nunha automatización co elementos de traballo pneumáticos ou con válvulas de accionamento pneumático.

En función do tipo de máquinas e do entorno da instalación, optárase por as seguintes estruturas de mando: todo pneumático, electroneumático ou mixto.

Os esquemas seguintes axudan a elixir a técnica máis apropiada, empregando como criterio selectivo o carácter explosivo do contorno.

9.1. MÁQUINA EN ENTORNO EXPLOSIVO

Neste caso, si se elixe un mando electroneumático ou mixto, os compoñentes eléctricos de contacto deben estar protexidos por unha envoltura antideflagrante, que soporte unha explosión interna sen sufrir avarías, ou benestar dotados de seguridade intrínseca.



9.2. MÁQUINA EN ENTORNO NON EXPLOSIVO

No caso de máquinas que traballan en atmosfera sans, as características dos mandos pneumáticos han de compararse coas características dos mandos eléctricos e electrónicos en versións normais.

