

AIRE COMPRIMIDO

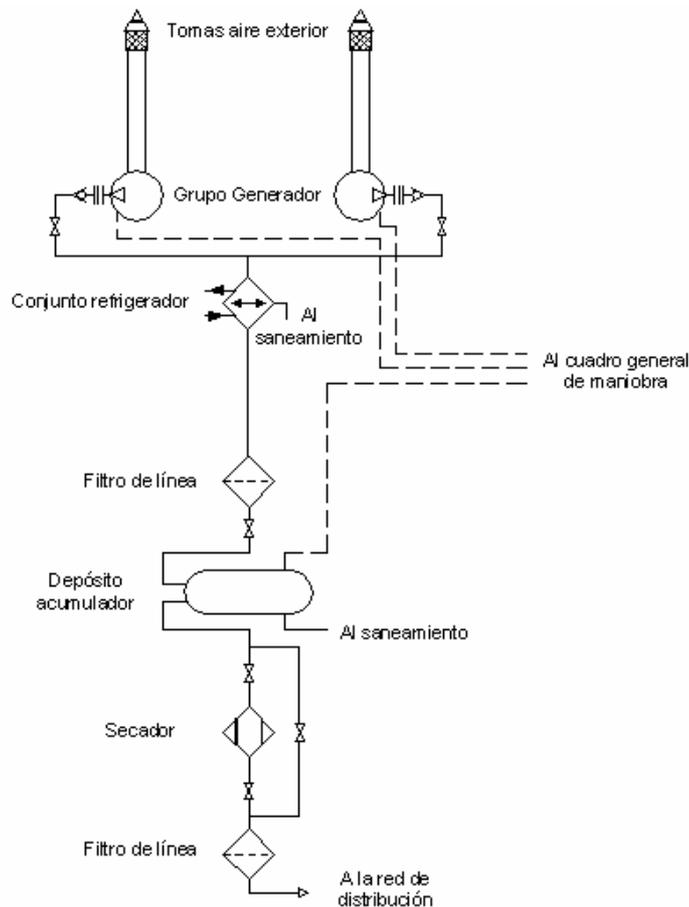
1. INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de todos los elementos que componen la red de saneamiento he utilizado la NTE Instalaciones (2ª Parte) en su apartado Aire Comprimido “IGA”, asimismo el libro titulado “Aire Comprimido, Teoría y cálculo de las instalaciones” de E. Carnicer Royo.

La instalación de aire comprimido está compuesta fundamentalmente por tres partes:

- La Central de Producción.
- La Red de distribución.
- Un sistema de control.

La **Central de producción** se divide en: Toma de aire; Grupo generador; Conjunto refrigerador; Filtros de línea; Depósito acumulador y Secador.



La **Toma de aire** es la encargada de aspirar el aire del exterior. Hay una toma de aire independiente para cada unidad de maniobra. Se ha de colocar entre el exterior y las unidades compresoras sendos equipos de filtrado en seco.

El **Grupo generador** consta de tres compresores de iguales características y colocados en paralelo, funcionando dos a la vez y el tercero en reserva por posibles averías, imprevistos o futuras ampliaciones. El funcionamiento del grupo es automático y a intervalos, regulándose la parada y puesta en marcha mediante presostatos de máxima y mínima. Los motores de los compresores están conectados a la red eléctrica y disponen de toma de tierra.

El **Conjunto refrigerador** es el encargado de enfriar el aire que viene de los compresores, dispone de un separador provisto de purgador y un filtro.

Se colocan dos **Filtros de línea**, uno en la salida del separador de condensación, próximo al depósito acumulador y otro a la salida de la central.

El **Depósito acumulador** es un elemento regulador, es decir, es el encargado de absorber las variaciones de consumo y amortiguar las fluctuaciones de presión generadas por el compresor. Está se ubica próximo al compresor. Entre el depósito y la canalización se colocan acoplamientos antivibratorios. Se dispone además de una conducción para condensados que enlaza con el saneamiento.

El **Secador** es el encargado de eliminar la humedad residual del aire, dispone de un “by-pass” que puentea la entrada y la salida del mismo. Está también conectado a la red eléctrica.

La **Red de distribución** consta de: Canalizaciones; Filtros y elementos de corte y regulación. Se cuenta con reguladores de presión para adaptar la presión que proporciona la central a cada punto de consumo. Esta red está separada 5 cm de cualquier canalización. Las canalizaciones horizontales disponen de una pendiente del 1% descendiente en la dirección del flujo.

El **Sistema de control** esta compuesto de un cuadro general de maniobra, colocado en la central de producción, y varias alarmas locales en lugares donde estén a la vista. Está conectado a los compresores y al depósito acumulador, para controlar manual y automáticamente la central. Dispone además de puesta a tierra.

El **Local** que alberga la central de producción solo podrá disponer de la instalación de aire comprimido y la de vacío. Este local tiene una altura de 3m. En la puerta se colocará un rótulo en el que se lea “Aire comprimido”. La refrigeración es por aire, por lo tanto se dispondrá de una abertura al exterior para aire caliente.

La **instalación de aire comprimido** consta de los siguientes elementos:

1. **Llaves de paso.** Sirven para poder manipular en los distintos ramales y serán como mínimo de igual diámetro al de la tubería, pues conviene que no haya estrangulamientos de paso de aire, ya que ello produciría una pérdida de presión.
2. **Purgadores.** Se instalan para la evacuación del agua y de las condensaciones que se producen en la instalación de aire, es conveniente que estos sean automáticos.
3. **Grupo de filtro, regulador y lubricador.** Si no se colocan secadores, quedara al llegar al punto de utilización residuos de aceite y vapor de agua, así como pequeñas impurezas que son necesarios eliminar mediante la colocación de filtros. Los reguladores de presión y lubricadores se colocaran para mantener la presión constante, sin fluctuaciones, y para lubricar los elementos neumáticos respectivamente, consiguiendo así un rendimiento óptimo de los receptores y sin provocar un acortamiento de su vida.
4. **Enchufes rápidos con cierre automático.** Estos tienen la propiedad de abrir el paso del aire comprimido en el momento en el que se acoplan a ellos la toma y se cierra en el momento en el que se desacoplan. En nuestra industria pondremos como mínimo una toma de aire o enchufe rápido en cada máquina, ya que por las características de nuestra actividad, será conveniente limpiar los residuos que continuamente se va produciendo.

5. **Mangueras para aire comprimido.** La elección de una manguera debe basarse en el consumo de aire libre que requiere la herramienta cuando funciona a plena carga y a máxima potencia. Para su elección atenderemos a los siguientes puntos:

- Gastar sólo mangueras de la mejor calidad.
- No usar mangueras de diámetro pequeño en tramos largos (las pérdidas de presión por rozamiento anularan enseguida cualquier ahorro en el costo de adquisición de las mangueras de diámetro menor que el requerido).
- No usar mangueras de superficie porosa con defectos o parches.

Una vez situados los puntos de consumo tenemos que realizar el **diseño de la instalación** teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones constructivas:

- Trazado de la red según la configuración del edificio y las actividades que se desarrollan dentro del edificio industrial, escogiendo el mejor itinerario para la tubería principal.
- Colocar la tubería de modo que se elijan las distancias más cortas y procurando que las conducciones sean lo más rectas posibles.
- El montaje de las tuberías será aéreo para facilitar su inspección y mantenimiento.
- Las sujeciones de las tuberías se realizarán de forma que permitan su variación de longitud cuando se produzcan cambios de temperatura, sin que tengan lugar las deformaciones ni tensiones adicionales.
- No deben realizarse nuevas tomas o salidas de aire sin comprobar antes si los diámetros de las tuberías son todavía suficientes, para una cantidad adicional de aire.
- La pendiente de las tuberías será del 1% en la dirección del flujo.
- Se colocarán purgadores al final de cada tramo para la recogida del agua condensada.
- Las tomas de aire para los bajantes o tuberías de servicio no deben hacerse nunca en la parte inferior de la tubería, sino en la parte superior, a fin de evitar que el agua condensada que circula por defecto de la gravedad pueda ser recogida y llevada a los distintos equipos neumáticos conectados. Debe preverse un grifo de purga al final. Las acometidas a la red se deberán ajustar siempre por

la parte superior de la tubería y formando un ángulo de 180°, de forma que se minimice la posibilidad de que el agua sea arrastrada por el aire hacia el punto de consumo.

- Se recomienda que la pérdida de presión hasta el punto más desfavorable se establezca en un máximo de 0,6 bar.
- En cada uno de las bajantes de las acometidas, y previo a la toma del equipo neumático, se instalará un equipo de mantenimiento compuesto por: regulador de presión, filtro y lubricador.
- Los tipos de tuberías utilizados son de acero, unidas mediante roscado. Para evitar las fugas, se utilizará estopa impregnada en minio o se recubrirá con cinta de teflón. Exteriormente tendrán un tratamiento antioxidante e irán pintadas de color azul moderado.
- En las tuberías de servicio se procurará no colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos. Y evitar poner tuberías de servicio inferiores a ½” de diámetro, ya que si el aire esta sucio puede cegarlas.

2. CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

A la hora de realizar el cálculo de la red de distribución se ha de tener en cuenta la pérdida de presión del aire comprimido por el rozamiento con las tuberías y al pasar por los diferentes accesorios, por esta razón empleo el método de las longitudes equivalentes donde además de la longitud propia de la tubería, se añade a la anterior para el cálculo una longitud ficticia que produce la misma caída de presión que en los distintos accesorios.

La tabla que se muestra a continuación es del libro “Aire Comprimido, Teoría y cálculo de las instalaciones” de E. Carnicer Royo, donde se muestra la ***longitud equivalente en metros*** de los diferentes accesorios para tuberías.

ACCESORIOS PARA TUBERÍAS	DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA		
	1"	1½"	2"
Válvula de diagrama	1.5	2	3
Válvula de compuerta	0.3	0.5	0.7
Curva de 90°	0.3	0.5	0.6
Curva de 45°	0.15	0.25	0.3
Codos redondos	1.5	2.5	3.5
Codos con enlace	1	2	2.5
Tés	2	3	4
Manguitos de reducción	0.5	0.7	1

El ***Método general de cálculo*** es el siguiente:

En primer lugar determinamos el consumo de aire libre de cada toma, para ello tenemos que saber el consumo de los diferentes equipos que posee la industria:

EQUIPO	Nº DE EQUIPOS	CAUDAL Q EN N m ³ /min.	
		Q _{UNITARIO}	Q _{TOTAL}
Moldurera	2	0,100	0,2
Rechapadora	3	0,100	0,3
Seccionadora	1	0,100	0,100
Lijadora de molduras	2	0.100	0.2
Pistola Soplante	16	0,150	2.4

Futura Ampliación	14	-	2
Σ	38		5.2

La presión de trabajo de todos los puntos de consumo es de 6 bar.

Una vez conocido el caudal y la presión de trabajo, pasamos a calcular el diámetro de la conducción:

$$\text{Sección mínima: } S_{\min} = \frac{Q \cdot 10^4}{60 \cdot p \cdot v}$$

Siendo:

- S_{\min} = Sección mínima.
- Q = Caudal, en m^3/min .
- p = presión absoluta de trabajo, en bar.
- v = velocidad el flujo, en m/s .

$$\text{Sección: } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad d = \text{diámetro}$$

Conocido el diámetro se redondea a uno comercial $d \rightarrow D = \text{diámetro comercial}$.

Y por último se calcula la pérdida de carga en ese tramo:

$$\Delta p = \frac{\beta}{R \cdot T} \cdot \frac{v^2}{D} \cdot L \cdot p$$

Donde:

Δp = Caída de presión en atm o bar

p = presión absoluta en bar o atm

R = una constante del tipo de gas, que para el aire vale 29,27.

T = la temperatura del aire en grados absolutos (kelvin).

V = es la velocidad del aire en m/s

D = diámetro interior comercial de la tubería

L = longitud total de la tubería, longitud del tramo más longitud equivalente, en metros.

β = es una función variable con G.

G = la cantidad de aire suministrado: $G = 1,3 \cdot Q \text{ (Nm}^3\text{/min.)} \cdot 60 \text{ (kg/m)}$

En la siguiente tabla se expone el valor de β en función del valor de G:

G	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650
β	2,03	1,92	1,78	1,66	1,54	1,45	1,36	1,26	1,18	1,10

2.1. TUBERÍA PRINCIPAL

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

La velocidad máxima del aire es de 8 m/s.

Un 10% por pérdidas y un 20% de ampliaciones:

$$Q = 5,200 \cdot 1,3 = 6.76 \text{ N m}^3 / \text{min.}$$

TRAMO	Q (N m ³ /min.)	P _{ABSOLUTA} (bar)	D _{COMERCIAL} (")	Δp (bar)
A - B	6.76	7	3"	0,014

2.2. TUBERÍAS SECUNDARIAS

Son las que toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las áreas de trabajo, y de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal de aire que transportan será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ella se deriven.

No aplico ningún coeficiente de simultaneidad para no disminuir el caudal y así de manera indirecta preparo la instalación para una posible ampliación.

El Cálculo de las tuberías se hace según lo expuesto en el apartado 2 de esta instalación. La velocidad del flujo se establece en 9 m/s.

TRAMO	Q (N m ³ /min.)	P _{ABSOLUTA} (bar)	D _{COMERCIAL} (")	Δp (bar)
B – D	3.2	7	2"	0,060
B – C	2	7	2"	0.015

2.3. TUBERÍAS DE SERVICIO

Las tuberías de servicio, o bajantes, son las que alimentan a los equipos neumáticos. Llevan los enchufes rápidos y las mangueras de aire, así como los grupos filtro-regulador-engrasador.

Se deben dimensionar conforme al número de salidas o tomas, procurando que no se coloquen más de dos o tres enchufes rápidos en cada una de ellas. Se debe procurar no hacer tuberías de servicio inferiores a ½", ya que si el aire está sucio, puede cegarlas.

La velocidad máxima del aire es de 15 m/s.

El Cálculo de las tuberías se hace según lo expuesto en el apartado 2 de esta instalación. La velocidad del flujo se establece en 9 m/s.

En resumen se colocarán todas las tuberías de servicio con un diámetro de ½", ya que para los caudales demandados por cada una de las máquinas no supera la capacidad de las tuberías de ½", y como se ha comentado anteriormente el mínimo diámetro a colocar en las tuberías de servicio según la recomendación de la normativa es de ½".

2.4. PERDIDA DE PRESIÓN TOTAL

Se recomienda una caída de presión en el punto más desfavorable, el más alejado, no superior a 0,6 bar. Por lo tanto debemos comprobar que nuestra caída de presión en el tramo más desfavorable no supera dicho valor.

Caída de Presión hasta llegar al punto más desfavorable:

- Tubería Principal: 0,014 bar
- Tubería secundaria, tramo B – D: 0,060 bar
- Tubería de servicio : 0,107 bar
- Mangueras: 0,147 bar
- Acoplamiento rápido: 0,100 bar

Caída de Presión total hasta el bajante 18 = 0,428 bar

Por lo que resulta una caída de presión de 0,428 bar < 0,6 bar. Por lo tanto cumple dicha condición nuestra instalación.

3. CÁLCULO DEL COMPRESOR

Para evaluar el tipo de compresor que necesitamos, debemos conocer el consumo real de la instalación. Se añade un 25% por pérdidas, ampliaciones, etc:

$$Q = 5.2 \cdot 1,25 = 6.5 \text{ N m}^3 / \text{min.}$$

Por lo que el compresor debe suministrar $6.5 \text{ N m}^3 / \text{min.}$ de aire y a una presión de 7 bar ($7,138 \text{ kg/cm}^2$). Como ya se indicó al principio vamos a instalar un Grupo generador que consta de tres compresores de iguales características y colocados en paralelo, funcionando dos a la vez y estando el tercero en reserva por posibles averías, imprevistos o futuras ampliaciones.

El tipo de compresor que se va a instalar será un compresor a pistón, sobre depósito horizontal, por ser los que actualmente dan un mayor rendimiento de la instalación, tendrán:

COMPRESOR A PISTÓN SOBRE DEPÓSITO HORIZONTAL		
Número de Cilindros		2
Presión Máxima		8 kg/cm ²
Potencia Instalada		25 CV
Aire libre		3512 N l/min.
r.p.m.		1800
Capacidad depósito		500 l
Dimensiones	Alto	1600mm
	Ancho	850mm
	Largo	2300mm
Peso		605 kg

Por tanto al estar dos compresores en paralelo en caudal que me proporcionan es $3512 \text{ N l/min.} \cdot 2 = 7024 \text{ N l/min.} = 7.024 \text{ N m}^3/\text{min.}$ mayor que lo que demanda la instalación $6.5 \text{ N m}^3 / \text{min.}$

Sala de Compresores:

Conocidas las dimensiones de los compresores, dispondremos de una sala de compresores con 4 metros de largo por 4 metros de ancho, de manera que podamos instalar todos los componentes necesarios para nuestra instalación.