



---

# ANNEX IV

## INSTAL·LACIÓ PNEUMÀTICA



## ÍNDEX

1. Objecte.....	3
2. Informació Prèvia.....	3
2.2.1. Tècnica pneumàtica.....	3
2.2.2. Característiques de l'aire comprimit.....	3
3. Característiques dels components pneumàtics.....	4
4. Descripció dels aparells pneumàtics.....	4
4.1. Aparells pneumàtics.....	4
4.2. Consideracions a tenir en compte.....	5
5. Compressor.....	5
5.1. Cabal teòric i cabal real del compressor.....	5
5.2. Coeficients correctors.....	5
5.3. Elecció del compressor.....	7
6. Dipòsit.....	7
7. Sistema d'assecat.....	7
8. Dimensionat de la xarxa d'aire.....	8
9. Formules utilitzades.....	9
10. Esquema i resultats del càlcul de la instal·lació.....	12
11. Descripció de la instal·lació.....	13
11.1. Generalitats.....	13
11.2. Circuits de distribució.....	13
11.3. Accessoris.....	14
12. Elements de seguretat.....	14
13. Instruccions de seguretat i conservació.....	14
14. Proves.....	15
15. Càlculs Justificatius.....	16
15.1. Objecte.....	16
15.2. Càlculs.....	16



## **1. Objecte**

L'objecte d'aquest annex és el de definir les característiques i requisits que ha de complir la instal·lació pneumàtica del taller mecànic de reparació de vehicles, objecte del projecte, per tal de que compleixi els requisits que determina la normativa vigent, en concret el Reglament d'Aparells a Pressió.

## **2. Informació Prèvia**

### **2.2.1. Tècnica pneumàtica**

En la instal·lació del taller es disposen de diferents eines i utilitatges que funcionen amb aire comprimit. D'aquesta manera s'han aconseguit simplificar les màquines fent més senzills els moviments, a la vegada que s'ha arribat a un cert grau d'automatització de forma senzilla i econòmica.

El taller disposarà d'un compressor, que alimentarà diferents punts del taller, d'on es traurà l'aire per ser utilitzat quan convingui.

S'ha de tenir en compte que, en el taller mecànic de reparació de vehicles, els aparells pneumàtics no funcionen com en una fàbrica o planta de producció, sinó que s'utilitzen de forma puntual.

### **2.2.2. Característiques de l'aire comprimit**

L'aire comprimit que s'utilitza en la indústria, és aire de l'atmosfera, sotmès a pressions fins a 12 bar aproximadament. És una energia fàcilment transportable, però no es recomanen grans distàncies en la seva distribució, degut a les pèrdues de càrrega que s'originen en la seva distribució, en les canonades i els ràncors d'unió.

L'aire és un gas que es caracteritza per la seva fluïdesa, compressibilitat i elasticitat.



### 3. Característiques dels components pneumàtics

Considerant temperatures normals d'utilització, les característiques més importants dels aparells pneumàtics són la pressió i el cabal admissible. La pressió no representa cap problema, ja que en general tots ells han estat dissenyats de forma que puguin suportar pressions pneumàtiques de fins a 10 bar, aproximadament.

### 4. Descripció dels aparells pneumàtics

La pressió normal de treball en els aparells serà d'uns 10 bar. El compressor estarà ubicat dins de la sala de màquines, al interior de la nau, on les temperatures aniran des dels 18°C a l'hivern fins als 30°C a l'estiu.

Aquest valors influeixen en el tractament de l'aire comprimit, però tant aquest aspecte com el del Dipòsit, a part del sistema de purgament d'aigua de la instal·lació aniran contemplats en el conjunt del compressor elegit.

#### 4.1. Aparells pneumàtics

Aparell	Consum (l/min)	Unitats	Pressió de treball (bar)
“Atornilladora d'impacte 1/2”	360	4	10
“Atornilladora d'impacte 3/4”	660	4	10
“Atornilladora”	510	1	10
“Amoladora”	510	1	10
“Taladradora”	510	1	10
“Punzonadora”	720	1	10
“Lijadora”	600	1	10
Desmontadora de rodes	370	1	10



## 4.2. Consideracions a tenir en compte

- La temperatura exterior de la nau oscil·la entre  $-2^{\circ}\text{C}$  i  $38^{\circ}\text{C}$ .
- La humitat relativa oscil·la entre el 42% i el 87%.
- La densitat de l'aire és de  $991,1 \text{ kg/cm}^3$ , a  $-2^{\circ}\text{C}$  i  $1030,3$  a  $38^{\circ}\text{C}$ .
- La longitud de la xarxa d'aire comprimit serà aproximadament de 40m.
- La superfície de la nau és de  $496 \text{ m}^2$ .
- La pressió atmosfèrica a 40 m d'altitud.

## 5. Compressor

### 5.1. Cabal teòric i cabal real del compressor

El cabal que circula per un conducte pneumàtic, és la quantitat d'aire, que travessa aquest conducte en un temps determinat.

Xarxa oberta:  $Q_{\text{teòric}} = 7300 \text{ l/min}$

D'altra banda el cabal real dependrà d'aquest cabal teòric i d'uns coeficients correctors, els quals es comentaran en el següent punt. Així el cabal real de la xarxa d'aire comprimit correspon a l'expressió següent:

$$Q_{\text{real}} = Q_{\text{teòric}} \cdot C_{us} \cdot C_{\text{majoració}} \cdot C_{\text{ampliacions}} \cdot C_{\text{simultània}} \cdot C_{\text{cicle}}$$

### 5.2. Coeficients correctors

Coeficient d'us: És el quocient entre el temps en que la màquina consumeix aire i el temps total de funcionament, el valor varia entre 0.1 i 0.5; s'acolleix 0.4, ja que encara que totes les eines no funcionen a la vegada, quan ho fan, gasten l'aire en el temps total d'us.

**$C_{us}: 0,4$**



Coeficient de simultaneïtat: tenim un total de 14 utilatges diferents; els quals poden connectarse de, 2 en dos a cada escomesa, ja que tenen dues sortides. En els càlculs es considerarà dues eines en cada punt de la xarxa. S'ecolleix un coeficient de simultaneïtat de:

$$C_{sim}: 0,68$$

Coeficient de majoració: Per tal de previndre les fuites de la instal·lació, es pot adoptar un coeficient que variï entre 1.05 i 1.1. Al tractar-se d'una xarxa considerablement petita amb aparells diversos, s'ecolleix un coeficient de fuites de 1.05, baix, donat que els tancaments dels circuits tenen bons acabats i per tant una bona estanquïetat.

$$C_{maj}: 1.05$$

Coeficient d'ampliacions: Donat que en un taller sempre és possible la incorporació d'una nova màquina o aparell pneumàtic; s'ha de considerar un coeficient d'ampliacions. Aquest s'escollirà el més gran possible.

$$C_{amp}: 1.5$$

Coeficient de cicle: Aquest coeficient be motivat pel cicle de funcionament del compressor. És el quocient del compressor i la durada del cicle. Com en un taller els aparells funcionen de forma alternativa, i per tant el compressor no té un cicle continu, s'ecolleix un coeficient del 0.7.

$$C_{cicle}: 0.7$$

Així el cabal real serà:

$$Q_{real} = Q_{teoric} \cdot C_{us} \cdot C_{majoració} \cdot C_{ampliacions} \cdot C_{simul\ tan\ ietat} \cdot C_{cicle}$$

$$Q_{real} = 2189,13 \text{ l/m.}$$

$$Q_{real} = 132 \text{ m}^3/\text{h.}$$



### 5.3. Elecció del compressor

Tenint en compte els consums dels aparells, i aplicant els coeficients correctors al cabal teòric, obtenim un compressor amb un cabal de 132 m<sup>3</sup>/h. Sempre assegurant una pressió en la xarxa mínima de 8 bars.

El compressor elegit és del fabricant Belair, model R'SEC20S, el qual incorpora l'assegador, dipòsit i filtre dintre de la mateixa unitat, té un cabal de 136 m<sup>3</sup>/min, i una potència de funcionament de 15 kW, les seves dimensions són 185x65x198 cm, i els seus pes és de 625 kg.

### 6. Dipòsit

Per la xarxa d'aire comprimit de la nau, és necessària una reserva d'aire d'entre 8 i 10 bars de pressió, per garantir el bon funcionament dels diferents elements pneumàtics que hi operen, de forma discontinua però en certs casos de gran consum.

El compressor elegit en funció del cabal necessari, té la capacitat de refer el cabal d'aire gastat, per tant el dipòsit té la capacitat que li correspon al compressor.

Aquest dipòsit serà certificat per una entitat d'Inspecció i Control, com pot ser ECA, i complirà tot el que s'especifica en el Reglament d'aparells a Pressió, especialment a la ITC MIE AP 17.

### 7. Sistema d'assecat

El sistema d'assecat et permet assecat l'aire entre un 90 i un 95%; s'utilitzen bàsicament 3 mètodes per extreure el vapor d'aigua de l'aire.

- Refrigeració: el qual utilitza el refredament per extreure el vapor d'aigua normalment s'arriba a uns 3 - 5 °C de punt de rosada.
- Adsorció: Aquest mètode es basa en la fixació de molècules d'aigua sobre un element absorbent per un fenomen de superfície. Per tant el procés és de tipus físic.
- Absorció: L'acció d'aquests assecadors és de tipus químic, ja que les molècules d'aigua queden fixades per substàncies higroscòpiques, en general sals alcalino-terroses. Només s'utilitzarà, un assecat per absorció, quan es tingui que aconseguir un punt de rosada de - 1.7°C.



## 8. Dimensionat de la xarxa d'aire

La xarxa d'aire comprimit estarà formada per dos tipus de canonades:

- Canonada principal: surt del dipòsit i canalitza la totalitat del cabal d'aire. La velocitat màxima del aire serà de 8 m/s.
- Canonada auxiliar: són les que prenen l'aire de la canonada principal, ramificant-se per les zones de treball i de les quals surten les canonades de servei. Els cabals d'aire que transporta seran la suma dels cabals parcials que d'ella s'en deriven. En el cas que ens ocupa, la canonada auxiliar serà la mateixa que la canonada de servei.
- Canonada de servei: Són les que alimenten els elements de la instal·lació. La velocitat màxima de l'aire serà de 15 m/s. En el cas que ens ocupa, la canonada auxiliar serà la mateixa que la de servei.

Amb les dades de que es disposa, s'aplicarà la formula del diàmetre per a cada tram de la canonada. Un cop calculat el diàmetre, per a cada un dels trams de canonada, es tindran totes les dades per calcular la pèrdua de carrega.

Els paràmetres a tenir en compte pel disseny de la xarxa d'aire són:

- Pressió a la sortida del compressor: 8 bars.
- Cabal: cabal necessari per cada un dels elements.
- Pèrdua de pressió mínima 0,5 bars.
- Velocitat de circulació: a major velocitat major pèrdua de pressió per tant existeixen límits en quan a la velocitat de l'aire.



## 9. Formules utilitzades

### Pèrdues de carrega

Per a un flux permanent i segons la fórmula experimental de Darcy-Weisbach, la caiguda de pressió es pot avaluar com:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L \cdot \gamma \cdot v^2 \cdot 50}{D \cdot g}$$

on:

$\Delta P$ : és la caiguda de pressió (kg/cm<sup>2</sup>).

D: és el diàmetre de la canonada (mm).

v: es la velocitat del aire (m/s).

L: és la longitud del tram (m).

$\lambda$ : és el valor experimental que depèn de la forma de circulació del fluid per la canonada, factor que ve donat pel nombre de Reynolds (Re).

Si el règim és Turbulent, i circula en tubs llisos el valor  $\lambda$  ve donat per l'expressió experimental de Blasius:

$$\text{Re} > 4000 \quad \lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{1/4}}$$

Si el règim és Laminar, el valor  $\lambda$  ve donat per l'expressió de Hagen-Poiseuille:

$$\text{Re} < 2000 \quad \lambda = 64 \cdot \text{Re}^{-1}$$

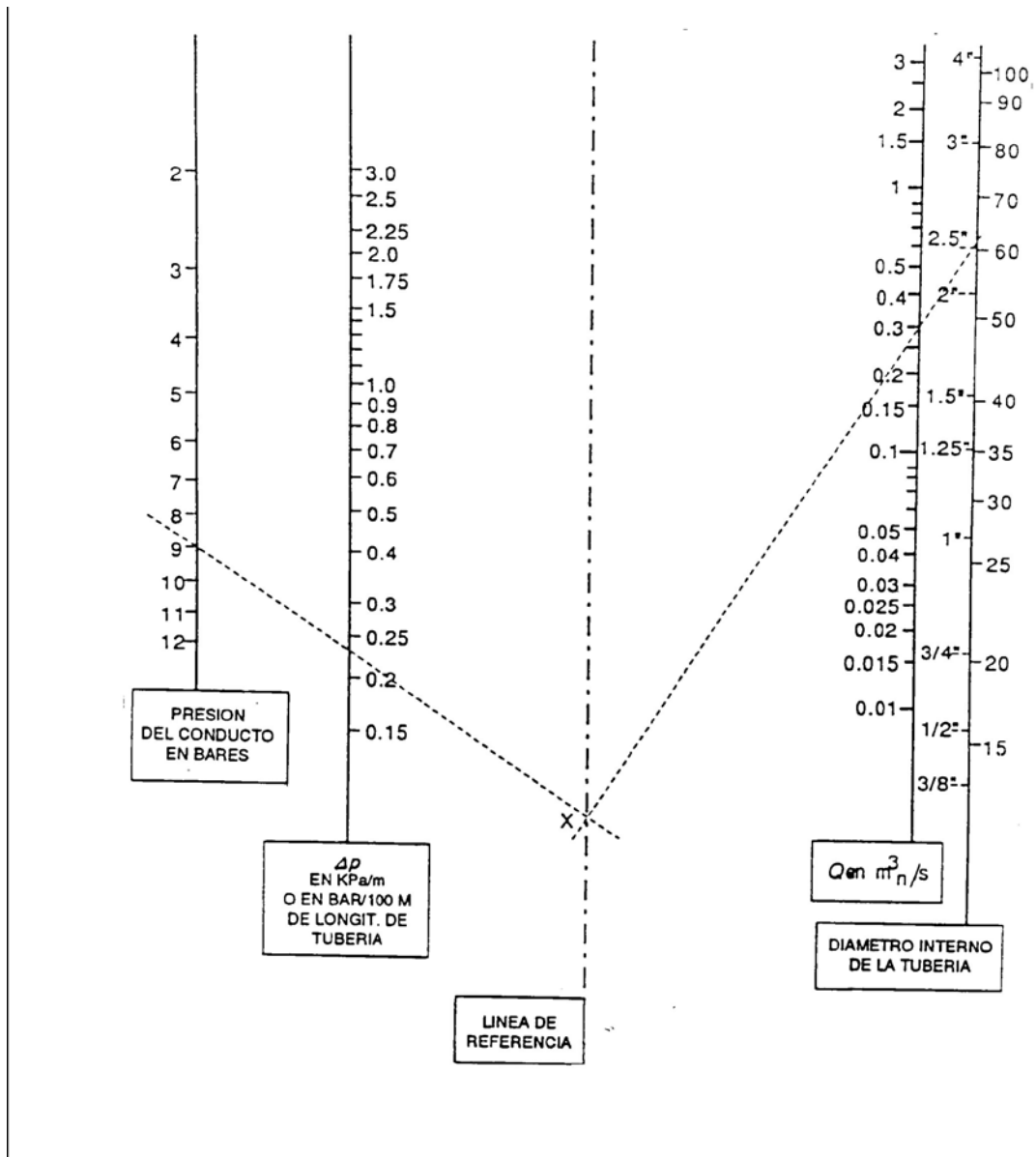
### Diàmetres de les canonades

El càlcul dels diàmetres de cada tram de canonada o del diàmetre de tota la xarxa d'aire pot calcular-se a partir d'expressions matemàtiques, com les descrites anteriorment, o pot calcular-se de forma més senzilla, coneixent el cabal, les pèrdues de carrega, i la longitud de canonada, de cada tram.

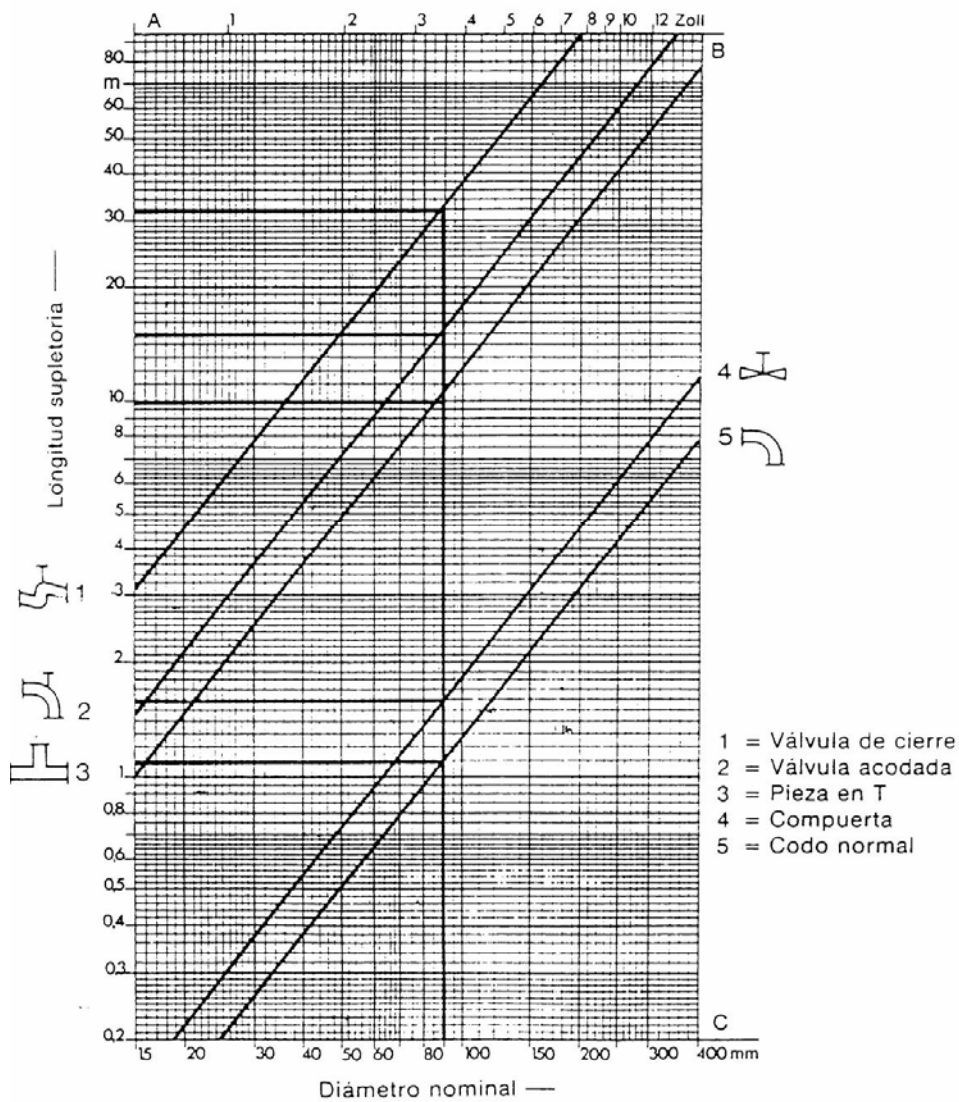
Això o podem fer per mitja de gràfics, o ve per mitja de programes informàtics per calcular el diàmetre de la canonada d'una xarxa d'aire.

A partir dels següents gràfics podem obtenir els valors del diàmetre de la nostra xarxa d'aire:

Nomograma per al càlcul dels diàmetres de les canonades

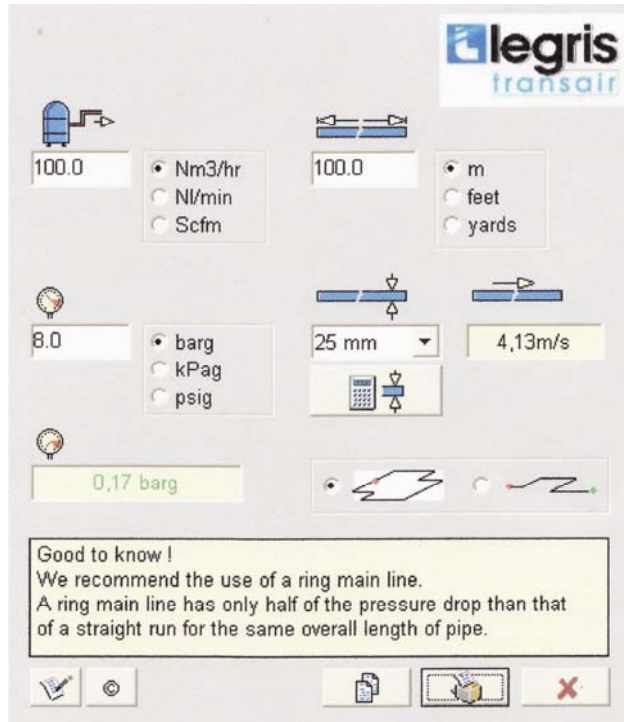


De la següent gràfica es pot extreure el valor de la longitud que s'ha d'afegir a la xarxa d'aire, a causa de la incorporació de elements com poden ser colzes, vàlvules de pas, etc.



Tal i com hem dit abans una altra forma de calcular el diàmetre de la xarxa d'aire, és mitjançant programes informàtics de càlcul. En el nostre cas, el diàmetre de la xarxa d'aire del nostre taller el calculem a partir d'un d'aquest programes informàtics concretament, amb el "Transair flow Calculator" facilitat pel fabricant Legris.

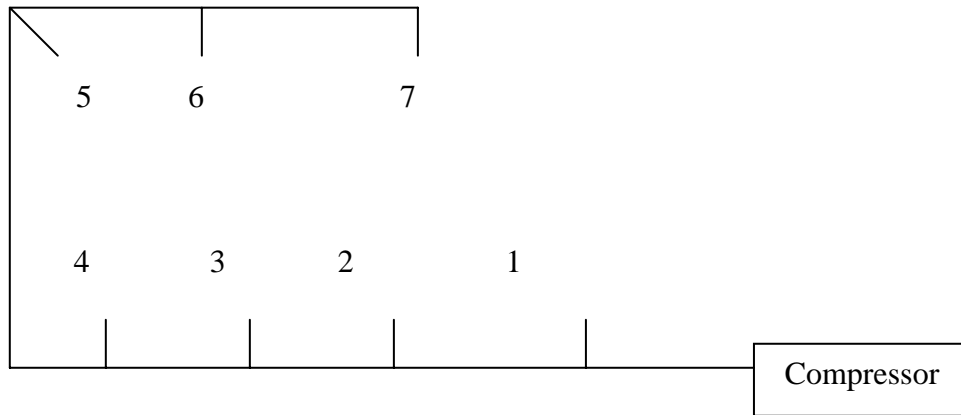
Aquest és un exemple del programa de càlcul Transair Flow Calculator.



### 10. Esquema i resultats del càlcul de la instal·lació

Tram	Diàmetre (mm)
0-1	25
1-2	25
2-3	25
3-4	25
4-5	25
5-6	25
6-7	25

Esquema de la instal·lació pneumàtica



**11. Descripció de la instal·lació**

**11.1. Generalitats**

La distribució es realitzarà mitjançant xarxa aèria, junt a la paret de la nau, i oberta, segons l'esquema de la instal·lació.

La longitud de la xarxa principal serà de 40 m , aproximadament.

El compressor està ubicat dins de la nau, a la sala de màquines tal com es mostra en els plànols.

**11.2. Circuits de distribució**

De la conducció principal en sortiran preses independents per a cada servei a maquinària. La instal·lació tindrà una inclinació mínima del 2%, per facilitar el drenatge a través de vàlvules d'escapament o purgadors, situats al final de cada línia, abans de cada una de les connexions a les diferents màquines. La distribució de la línia principal es fa amb canonades de 25 mm de diàmetre, amb unions roscades, i exteriorment estarà pintada de blau segons la norma UNE 1063. Tots els accessoris a usar estaran d'acord amb la norma DIN 2448 i UNE 190.031



Les canonades de servei sortiran per la part superior de la conducció principal, per tal de prendre l'aire el més sec possible i tindran un diàmetre de 25 mm en tots els trams. La velocitat màxima de l'aire es de 15 m/s.

La instal·lació es completa amb un filtre, amb un manometre de 0-10 bar incorporat a les corresponents vàlvules de tall.

### **11.3. Accessoris**

Els diferents accessoris a instal·lar són:

- Colzes.
- Brides.
- Vàlvules de comporta.
- Vàlvules de papallona.
- Purgadors.
- Ampolles simfòniques.

Tots ells tindran un diàmetre adequat al tram de canonada on estiguin instal·lats i estaran alhora d'acord amb la norma DIN 2448 i UNE 190.031

### **12. Elements de seguretat**

Com a elements de seguretat s'instal·laran:

- 1 Pressostat electrònic
- 1 manometre amb una escala de 0 a 10 bar
- 1 vàlvula de seguretat

### **13. Instruccions de seguretat i conservació**

D'acord amb el vigent Reglament d'Aparells a Pressió i pel que fa als recipients sota instrucció Tècnica Complementària ITC MIE AP 17 el dipòsit d'aire se sotmetrà cada 10 anys des de la seva posta en marxa a una revisió periòdica a executar per l'instal·lador o per una entitat d'Inspecció i Control (EIC).



L'objectiu d'aquesta revisió és el de garantir la seguretat del recipient per la qual cosa se sotmetrà a una prova de pressió hidràulica a 10.5 bar, i s'observarà l'existència de defectes com ara deformacions, corrosions, esquerdes o altres defectes que essent prou significatius poden comprometre la seguretat en servei de la instal·lació de l'aparell. Així mateix es procedirà a comprovar els elements de seguretat amb una períodicitat no inferior a 1 any per part de l'instal·lador.

Periòdicament, el titular de la instal·lació verificarà l'estat dels elements de seguretat, i verificarà la no existència de deformacions, corrosions o altres defectes significatius tant interiorment com exteriorment.

Altres aspectes de seguretat a tenir en compte són:

- Mantenir les condicions d'ús del dipòsit d'aire per sota dels límits de pressió i temperatura establerts pel fabricant.
- Purgar el dipòsit periòdicament i verificar la formació de corrosions obrint la boca vista. Els gruixos de fons i envoltant no podran ser inferiors a 4,08 mm.
- Evitar efectuar soldadures als fons d'evolvents.

A mes a mes el personal del taller, coneixerà el funcionament de la instal·lació i els riscos que se'n deriven, i a la vegada les diferents actuacions en cas d'emergència. L'instal·lador o fabricant instruirà de forma precisa al respecte.

#### **14. Proves**

Finalitzat el muntatge de tota la instal·lació es procedirà a realitzar la prova de cada una de les parts i el conjunt de la mateixa.

Les proves tenen per objecte verificar les condicions de funcionament de la instal·lació amb relació amb les que figuren en el projecte, en quan a cabal, pressions i comportament dels diferents elements que componen el conjunt de la instal·lació. Per tant s'inspeccionarà tota la instal·lació per comprovar que:

- S'ha realitzat conforme al projecte.
- No existeixen impureses ni obstruccions en l'interior de les canonades.
- Totes les vàlvules manuals estan obertes o tancades segons el seu funcionament.

## 15. Càlculs Justificatius

### 15.1. Objecte

L'objecte d'aquest apartat és justificar tot lo comentat en els apartats anteriors.

### 15.2. Càlculs

Els càlculs es centren bàsicament en l'obtenció del diàmetre de les canonades de la xarxa d'aire del Taller. Per tal de trobar aquest diàmetre, es tenen que fixar una sèrie de variables, com són, el cabal circulant per cada tram, la longitud d'aquests trams i les pèrdues que s'originen al passar l'aire per l'interior dels trams.

A continuació es mostra els valors d'aquestes variables, en funció dels diversos trams de la nostra xarxa d'aire.

TRAM	CONSUM TRAM (l/min)	CABAL CIRCULANT (l/min)	METRES TRAM (m)	PÈRDUES DE CARREGA AL FINAL DEL TRAM
0-1	1020	7300	4	0,03
1-2	1020	6280	4	0,03
2-3	1020	5260	4	0,03
3-4	1020	4240	4	0,03
4-5	970	3220	16	0,12
5-6	1020	2250	4	0,03
6-7	1230	1230	4	0,03

Per trobar el diàmetre de les canonades, fixem la pressió de treball en 10 bars i la caiguda de pressió.

$$- \text{Caiguda de pressió: } \Delta P_{Tram} = \left( \frac{\Delta P_{Total}}{L_{Total}} \right) \cdot L_{Tram}$$

$$\Delta P_{Total} = 0.3 \text{ bar (La fixem nosaltres).}$$

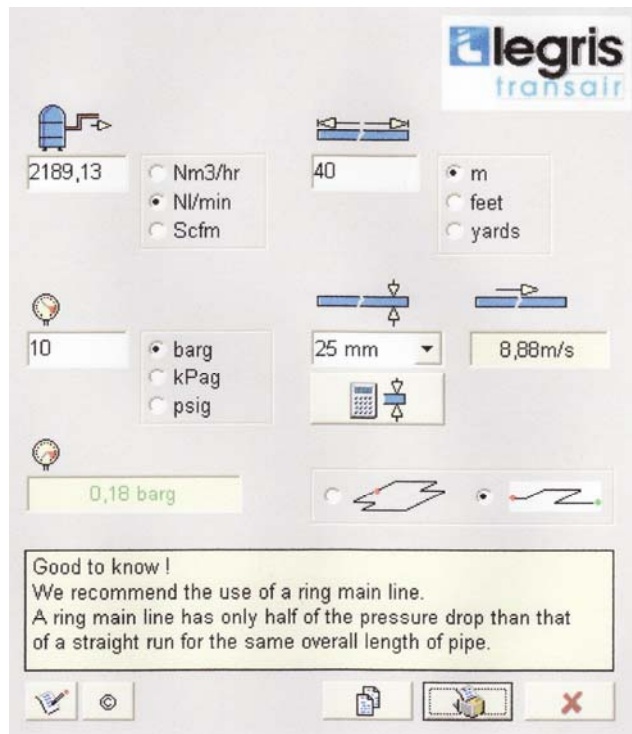


Amb els valors mostrats anteriorment podem calcular el diàmetre de les canonades de dues formes diferents, tal i com hem comentat en apartats anteriors. Així, podem calcular el diàmetre a partir de gràfics, o bé a partir del programa Transair Flow Calculator.

En el nostre cas utilitzarem el programa informàtic de càlcul, degut a que és una forma més ràpida d'obtenir el diàmetre, i per que com ja hem comentat, la xarxa d'aire del taller té 40 metres de longitud, és a dir, és una xarxa curta comparada amb xarxes d'altres instal·lacions industrial, i és més senzill utilitzar un únic diàmetre per tota la xarxa, en lloc de tindre diferents diàmetres de canonada, en 40 metres de longitud total. D'altra banda si analitzem bé la situació, els diàmetres de cada tram oscil·laran entre els 25 mm i els 40 mm, que són dos valors normalitzats de diàmetres, això vol dir que haurém de recórrer a un dels dos valors ja que els valors intermitjos no existeixen al mercat. En el programa de càlcul, a partir del cabal del compressor la pressió de treball i el tipus de xarxa, ens dona el diàmetre més favorable per la instal·lació, així com la velocitat del aire en l'interior de les canonades.

Els resultats obtingut són:

- Cabal del compressor : 2189,13 l/m  $\approx$  132 m<sup>3</sup>/h.
- Pressió de Treball: 10 bar.
- Velocitat del aire: 8,88 m/s.
- Longitud de la xarxa: 40 m.
- Pèrdues de pressió totals: 0,3 bar.
- Tipus de xarxa: Oberta.
- Diàmetre de la canonada: 25 mm. ( Segons el programa de càlcul).
- Tipus de Compressor: del fabricant Belair, model R'SEC20S, el qual incorpora l'assegador, dipòsit i filtre dintre de la mateixa unitat, té un cabal de 136 m<sup>3</sup>/min, i una potència de funcionament de 15kW, les seves dimensions són 185x65x198 cm, i els seu pes és de 625 kg.
- Canonades: seran d'alumini, del fabricant Legris.
- Altres elements: ràcords, vàlvules, etc.. seran també del fabricant Legris.



(Nota: El programa ens donava la opció de que el diàmetre fos de 40 mm, però teníem l'inconvenient que la velocitat de circulació del aire era de 3,3 m/s, valor que crec que és massa baix, per això, opto per escollir el diàmetre de 25 que és el que recomana el programa).