

# Guía de bolsillo para la distribución de aire comprimido



*Atlas Copco*

## Introducción

*Las herramientas neumáticas y los sistemas de aire comprimido se utilizan ampliamente en la industria. El presente manual ha sido elaborado por Atlas Copco como ayuda para comprender el funcionamiento de los sistemas de aire comprimido, proporcionar la información básica para el diseño correcto de estos sistemas e ilustrar los inconvenientes y costes adicionales derivados de un sistema mal diseñado.*

*Resultará de gran utilidad para los ingenieros y proyectistas responsables del diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de aire comprimido.*



# Índice

Página

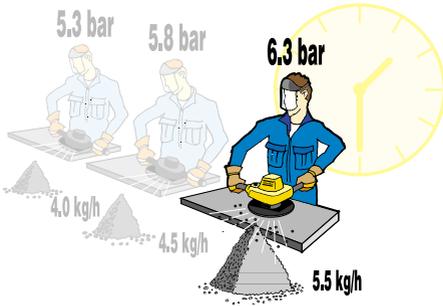
<b>1. Cómo se puede incrementar la productividad al trabajar con aire comprimido.....</b>	<b>4</b>
1.1 Ejemplos prácticos de amolado, taladrado, montaje con tornilladores, aprietatuercas, llaves de impacto y herramientas de impulso .....	5
1.2 ¿Qué caída de presión es aceptable? .....	10
<b>2. Cómo elegir los accesorios para red de aire .....</b>	<b>11</b>
2.1 Preguntas clave .....	11
2.2 Disposiciones típicas de manguera.....	13
2.3 Accesorios para red de aire.....	15
Válvulas de cierre, unidades de preparación de aire, protectores contra escapes de mangueras, tramos cortos, mangueras espirales, enrolladores, acoplamientos giratorios, acoplamientos y conectores, abrazaderas de manguera, equilibradores y brazos de reacción de par .....	15–23
<b>3. Instalación.....</b>	<b>24</b>
<b>4. Mantenimiento .....</b>	<b>26</b>
4.1 Filtración.....	26
4.2 Programa de mantenimiento.....	27
<b>5. Seguridad .....</b>	<b>28</b>
<b>6. ¿Qué es el aire comprimido? .....</b>	<b>30</b>
<b>7. Distribución de aire.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Caso real: ahorro de costes con herramientas ErgoPulse.....</b>	<b>37</b>
<b>9. Relación entre presión de la herramienta y consumo de aire .....</b>	<b>41</b>
<b>10. Fórmulas para calcular el coste de potencia .....</b>	<b>42</b>

# 1. Cómo se puede incrementar la productividad al trabajar con aire comprimido

Una presión de aire demasiado baja reduce notablemente el rendimiento de la mayoría de las herramientas neumáticas. Estas herramientas están diseñadas para funcionar a una presión de 6.3 bar. Si la presión es más baja, la eficiencia disminuye radicalmente y se reduce la productividad. Muchas instalaciones neumáticas existentes se pueden mejorar eligiendo los accesorios para red de aire correctos. El tiempo de amortización es corto, desde sólo 1 día hasta 1-2 años. En las páginas siguientes se ofrecen algunos ejemplos:

# Amolado

## El coste de trabajar con una amoladora



Se realizó una prueba con una amoladora vertical LSS 64 S085, de 2 kW, con muela de centro hundido. Se pesó la pieza de trabajo antes y después del amolado. Los resultados fueron:

Presión de trabajo	6.3	5.8	5.3 bar
Arranque de material	5.5	4.5	4.0 kg/h

Una pérdida de presión de 1 bar reduce en casi un 30% la cantidad de material arrancado. Esto significa que el operario tiene que trabajar un 40% más tiempo para realizar el trabajo. El tiempo efectivo de trabajo de una amoladora es de 3 horas al día. Si, por ejemplo, el coste de una hora de trabajo es de 20 euros, las 1.2 horas adicionales que debe trabajar el operario para finalizar su trabajo le cuestan a su empresa 24 euros al día. En un mes, esto asciende a 480 euros, y a 5.760 euros al año.

## El coste del compresor en trabajos de amolado

También se pueden producir pérdidas adicionales en el compresor.

La presión de descarga del compresor será constante al nivel ajustado de 7 ó 7.5 bar, por ejemplo, con independencia de la caída de presión del sistema. Con un bajo consumo de aire debido a una baja presión en la herramienta, el compresor funcionará a la misma presión, pero durante más tiempo para realizar un trabajo específico. El coste adicional de potencia resultante de la elevada caída de presión del sistema se puede calcular de la forma siguiente:

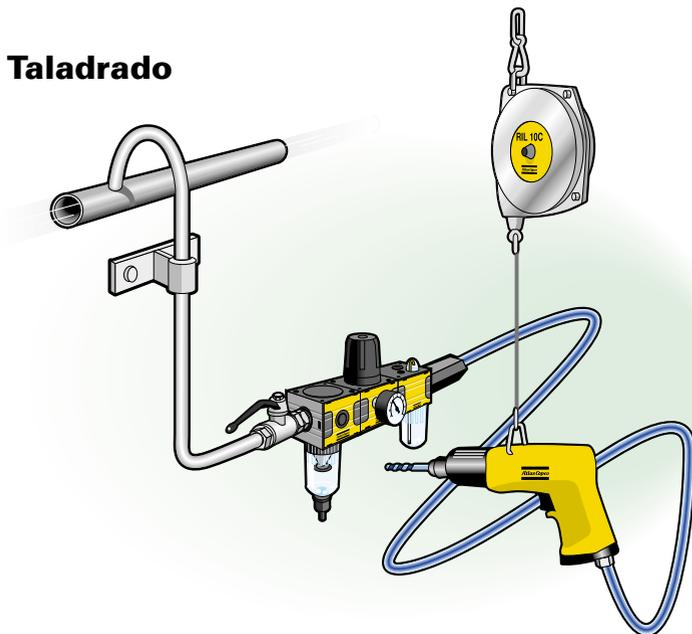


## El coste del compresor en trabajos de amolado

- Una LSS 64 S085 necesita normalmente 50 l/s, pero con un descenso de presión de 1 bar, el consumo de aire se reduce al 80% <sup>\*)</sup>, es decir,  $50 \text{ l/s} \times 80\% = 40 \text{ l/s}$ . El tiempo de trabajo del operario es un 40% mayor, lo cual significa  $140\% \times 3 \text{ horas} = 4.2 \text{ horas}$ . Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  se necesita aproximadamente  $\approx 0.105 \text{ kWh}$
- Todas las fórmulas y este cálculo se describen detalladamente en las páginas 42 y 43.
- Usemos la fórmula para la potencia extra por día necesaria cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:
  - $(40 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4.2 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) - (50 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) = 6.8 \text{ kWh/día}$
  - El coste extra cuando se trabaja con estas bajas presiones en las herramientas neumáticas es de 4.6 euros/mes, si 1 kWh cuesta 0.035 euros

<sup>\*)</sup> Vea la página 41: relación entre presión en la herramienta y consumo de aire

## Taladrado



### El coste en trabajos de taladrado

<i>Presión de trabajo</i>	6.3	5.8 bar
<i>Tiempo para hacer un orificio</i>	2.0	3.2 seg

1.2 segundos extras por orificio representan un 60% más de tiempo. Si el tiempo de taladrado efectivo por día es de 1 hora, son necesarios 36 minutos extras al día, lo cual significa 12 euros diarios (a un coste por hora de 20 euros), 240 euros por mes y 2.880 euros al año: un dinero derrochado.

### El coste del compresor en trabajos de taladrado

Un LBB 36 H060 necesita normalmente 16.5 l/s, pero con un descenso en la presión de 0.5 bar, el consumo de aire se reduce al 92 % \*, es decir,  $16.5 \text{ l/s} \times 92\% = 15.2 \text{ l/s}$ . El tiempo de trabajo del operario es un 60 % más, lo cual significa  $160\% \times 1.0 \text{ horas} =$

1.6 horas (1 hora y 36 minutos). Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  se necesitan aproximadamente  $\approx 0.105 \text{ kWh}$

Todas las fórmulas se describen detalladamente en la página 42.

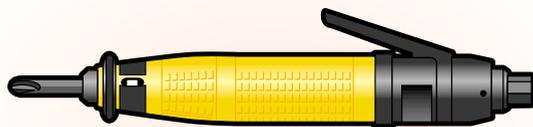
Usemos la fórmula para la potencia extra por día necesaria cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$(15.2 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.6 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) - (16.5 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) = 2.9 \text{ kWh/día}$$

El coste extra cuando se trabaja con estas bajas presiones en las herramientas neumáticas es de 2.1 euros/mes, si 1 kWh cuesta 0.035 euros

\*) Vea la página 41: relación entre la presión en la herramienta y consumo de aire.

## Montaje con atornillador



### Coste del trabajo cuando se utiliza un atornillador

Montaje realizado con un atornillador

Presión de trabajo	6.3	5.8 bar
Par máximo	248	240 Nm
Tiempo	0.8	0.9 seg

Supongamos que el coste del operario es de 20 euros por hora y que el tiempo de montaje efectivo es de 4 horas diarias. Esto significa que el coste es normalmente 80 euros por día. Un aumento del tiempo de montaje de 12.5 % significa  $80 \times 0.125 = 10$  euros por día de trabajo innecesario. Esto representa 200 euros al mes y 2.400 euros al año.

### Coste del compresor para trabajos de montaje con atornillador

Se puede hacer un cálculo para el trabajo extra del compresor:

Un LUM 21 SR 10-U requiere normalmente 4 l/s, pero con un descenso de la presión de 0.5 bar, el consumo de aire se reduce al 92 % <sup>\*</sup>, es decir,  $4 \text{ l/s} \times 92\% = 3.36 \text{ l/s}$ . El tiempo de trabajo del operario es un 12.5 % más, lo cual da  $112.5\% \times 4 \text{ horas} = 4.5 \text{ horas}$  (4 horas y 30 minutos). Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  se necesita aproximadamente  $\approx 0.105 \text{ kWh}$

Todas las fórmulas se describen detalladamente en la página 42.

<sup>\*</sup>) Vea la página 41: relación entre presión en la herramienta y consumo de aire

Usemos la fórmula para la potencia extra por día necesaria cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$(3.68 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4.5 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) - (4 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) = 0.21 \text{ kWh/día}$$

El coste extra cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas es de 0.15 euros/mes, si 1 kWh cuesta 0.035 euros

### Aprietatuercas del tipo de ahogo

Para un aprietatuercas del tipo de ahogo, un descenso de 0.5 bar en la presión de aire tiene una pequeña influencia en la velocidad en vacío, mientras que el par disminuye un 7 %.

Trabajo de montaje realizado con un aprietatuercas del tipo de ahogo LMV 22

Presión de trabajo	6.3 bar	5.8 bar
Par máximo	17.6 Nm	16.3 Nm
Velocidad de rotación	735 rpm	720 rpm

### Coste del compresor cuando se utilizan aprietatuercas del tipo de ahogo

El coste debido a las pérdidas del compresor cuando se utilizan aprietatuercas de ahogo es insignificante, ya que la baja velocidad de rotación (2 %) representa una pérdida de productividad de sólo un 2 %.

## Llaves de impacto

### A) Coste del trabajo cuando se utiliza una llave de impacto con control de par

El par aumenta con el tiempo en las llaves de impacto. Se pueden alcanzar unos niveles de par por encima de los especificados. La llave de impacto con control de par, LTS 37, genera un par independiente de la presión de trabajo. El tiempo para alcanzar el par aumenta a medida que se reduce la presión. Las pruebas con la herramienta muestran un incremento del tiempo de 12.5% con un descenso de la presión de aire de 0.5 bar. Con un coste del operario de 20 euros por hora y 4 horas de montaje efectivo, se realiza un trabajo innecesario cada día equivalente a 10 euros (200 euros al mes, 2.400 euros al año).

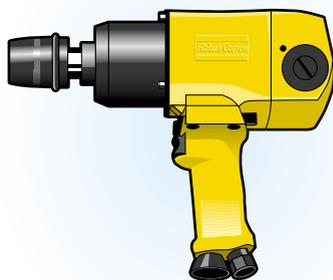
Costes del compresor cuando se utiliza una llave de impacto con control de par  
Una LTS 36 HR 13 requiere normalmente 10 l/s, pero con un descenso de la presión de 0.5 bar, el consumo de aire se reduce al 92% \*, es decir,  $10 \text{ l/s} \times 92\% = 9.2 \text{ l/s}$ . El tiempo de trabajo del operario es un 12.5% mayor, lo cual da  $112.5\% \times 4 \text{ horas} = 4.5 \text{ horas}$  (4 horas y 30 minutos). Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  se necesita aproximadamente  $\approx 0.105 \text{ kWh}$

Todas las fórmulas se describen detalladamente en la página 42.

Utilicemos la fórmula para la potencia extra por día necesaria cuando se trabaja con presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$(9.2 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4.5 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) - (10 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) = 0.53 \text{ kWh/día}$$

El coste extra cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas



tas neumáticas es de 0.4 euros/mes, si 1 kWh cuesta 0.035 euros

### B) Coste del trabajo cuando se utiliza una llave de impacto sin desconexión

Para una llave de impacto sin desconexión LMS 37, el par depende de la presión de trabajo. Las pruebas indican los siguientes valores:

<i>Presión de trabajo</i>	<i>Par</i>
<i>Bar</i>	<i>Nm</i>
6.3	333
5.8	316
5.3	310

### Costes del compresor cuando se utiliza una llave de impacto sin desconexión

Cuando el montaje se realiza con una llave de impacto sin desconexión no se producirá ningún tiempo extra de trabajo, ya que es muy probable que el operario no sea consciente de la baja presión de funcionamiento. Naturalmente, esto afectará a la calidad del trabajo.

\*) Vea la página 41: relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire.

## Herramienta de impulso

### El coste de trabajo para una herramienta de impulso

Las pruebas realizadas en Atlas Copco Tools muestran que una baja presión de trabajo hace que aumente significativamente el tiempo de apriete y se reduzca el par obtenido. Las pruebas se efectuaron con un ErgoPulse 8 XS. Se obtuvieron los siguientes resultados:

#### ErgoPulse 8 XS

Presión	Tiempo	Par
6.3 bar	6.5 s	48.3 Nm
5.3 bar	10 s	44.3 Nm
4.3 bar	10 s	38.2 Nm

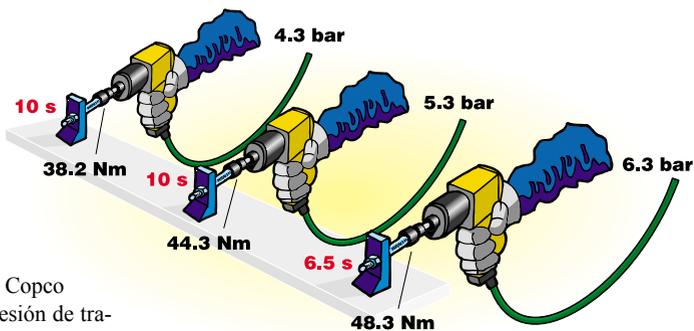
Estas cifras muestran que las consecuencias de una presión de trabajo demasiado baja son unos mayores tiempos de ciclo de trabajo y que el par no se alcanza. Un cálculo sencillo realizado para los tiempos de ciclo en el mejor y en el peor de los casos indica:

---

<i>ErgoPulse 8 XS:</i>	<i>peor 10 s</i>
	<i>- mejor 6.5 s</i>
	<i>diferencia 3.5 s</i>

---

esto significa que el tiempo de ciclo aumenta más de un 50%. Si el tiempo de apriete efectivo es de 4 horas por día y el coste de mano de obra es de 20 euros/hora, quiere decir que se podrían ahorrar 40 euros al día (800 euros al mes, 9.600 euros al año) teniendo la presión de trabajo correcta.



### Coste del compresor cuando se utiliza una herramienta de impulso

Un ErgoPulse 8 XS necesita normalmente 9 l/s, pero con un descenso de la presión de 1 bar, el consumo de aire se reduce al 80 %\*, es decir,  $9 \text{ l/s} \times 80\% = 7.2 \text{ l/s}$ . El tiempo de trabajo del operario es un 50 % mayor, lo cual da  $150\% \times 2.67 \text{ horas} (2 \text{ horas}, 40 \text{ minutos}) = 4 \text{ horas}$ . Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  se necesita aproximadamente  $\approx 0.105 \text{ kWh}$ .

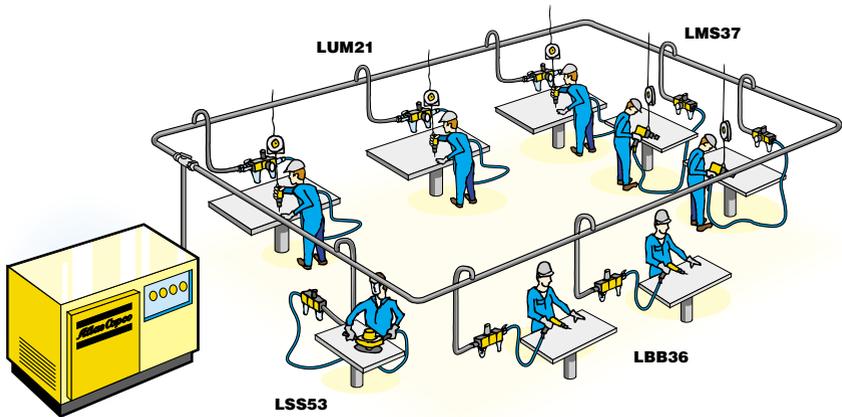
Todas las fórmulas se describen detalladamente en la página 42.

Utilicemos la fórmula para la potencia extra por día necesaria cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$(7.2 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) - (9 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 2.67 \text{ h} \times 0.105 \text{ kWh}) = 1.8 \text{ kWh/día}$$

El coste extra cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas es de 1.25 euros/mes, si 1 kWh cuesta 0.035 euros

\*) Vea la página 41: relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire.



## La realidad

En la práctica, hay muchos lugares donde se trabaja con unas presiones de 3-5 bar, dando lugar a unas pérdidas significativas de energía y productividad. Atlas Copco puede ayudar a medir la presión del aire de suministro con el simulador de herramienta neumática.

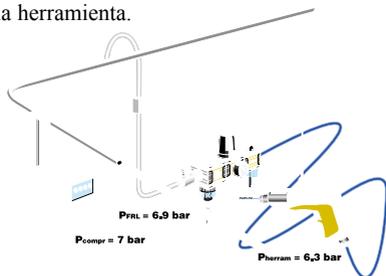
Podríamos hacer el cálculo siguiente para un pequeño taller con, por ejemplo, 3 atornilladores, 2 llaves de impacto, 2 taladros y 1 amoladora, funcionando con una presión de 5.8 bar en lugar de 6.3 bar.

Todas las cifras se han tomado de los casos de las páginas anteriores.

Es interesante ver que el coste de mano de obra adicional es siempre mucho más alto que el coste de energía adicional del compresor. La otra conclusión es que no es aceptable una presión de trabajo menor de 6.3 bar. Ya a 5.8 bar, el coste de trabajo adicional y el coste del compresor son demasiado altos.

## 1.2 ¿Qué caída de presión es aceptable?

La caída de presión depende del caudal de aire, cuanto mayor sea el caudal, mayor será la caída de presión. Así pues, la caída de presión en una instalación depende del caudal que necesite la herramienta. Las pérdidas en las unidades de preparación de aire, acoplamientos y manguera no deben ser mayores de 0.6 - 1.0 bar. Es razonable trabajar con una presión del sistema de 7 bar para obtener 6.3 bar en la herramienta. Esto garantizará una productividad aceptable de la herramienta.

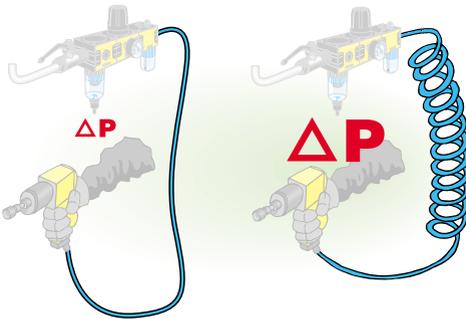


Herramientas neumáticas a 5.8 bar	Coste de trabajo adicional/mes	Coste adicional por pérdidas del compresor/mes
3 x LUM 21 SR 14	3 x 200 euros	3 x 0.15 euros
2 x LMS 37 HR 13	2 x 0 euros	2 x 0 euros
2 x LBB 36 H060	2 x 240 euros	2 x 2.1 euros
1 x LSS 53 S085-18	1 x 480 euros	1 x 6.8 euros
	<b>Suma: 1.560 euros</b>	<b>Suma: 11.5 euros</b>

## 2. Cómo elegir los accesorios para red de aire

Las capacidades de los accesorios para red de aire Atlas Copco se han medido, y el caudal se indica, con la correspondiente caída de presión. Esto permite al usuario elegir los accesorios correctos para su aplicación y conseguir una caída de presión aceptable.

Restricciones tales como acoplamientos de pequeño tamaño y mangueras demasiado largas y con un diámetro pequeño originan pérdidas de presión. Debido a su forma, las mangueras espirales son muy largas, por lo que crean una gran caída de presión. En todos los casos se debe considerar el empleo de una manguera normal de PVC con respecto a las pérdidas de presión. Todos los acoplamientos de una instalación producen una pérdida de presión. Por ejemplo, un tramo corto hace que resulte más fácil trabajar con la herramienta, pero el acoplamiento extra y el pequeño diámetro de la manguera pueden crear una caída de presión de 0.2-0.5 bar, dependiendo del tamaño y del consumo de aire.

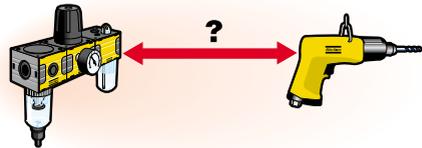


### 2.1 Preguntas clave

Una vez que se haya seleccionado la herramienta neumática del tamaño y potencia correctos para la aplicación, se deben elegir los accesorios de red de aire del tamaño adecuado. Los parámetros para realizar la elección son:



- **¿necesita lubricación la herramienta?**  
Se fabrican herramientas neumáticas con aletas especiales que no precisan lubricación. Las turbinas tampoco necesitan lubricación. Algunas herramientas requieren lubricación y las que tienen unos tiempos de funcionamiento cortos precisan lubricación directa, mientras que las que tienen unos tiempos largos requieren un lubricador de neblina de aceite



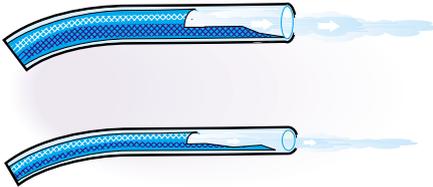
- **distancia entre la herramienta y la línea de servicio:** lo ideal es que la distancia entre la herramienta y la línea de servicio no sea mayor de 3-5 metros. En muchos casos, esto no es posible, por ejemplo en los astilleros, donde son muy comunes distancias de 20 metros o más.



- **entrada de aire roscada de la herramienta:** la conexión entre las mangueras y las herramientas varía de tamaño, de 1/8" a 1/2". Se debe elegir el conector correcto para cada herramienta.



- **ambiente de trabajo:** en la elección de los accesorios influye el ambiente de trabajo. Cuando las herramientas se utilizan en el exterior o en ambientes severos, como fundiciones, son necesarios unos accesorios más resistente que cuando se usan en un banco de trabajo, bajo techo, en montajes ligeros.



- **consumo de aire:** el tamaño de los accesorios está determinado por el consumo de aire de la herramienta. Cuanto mayor sea el consumo de aire, mayor será el tamaño de los accesorios.

# $\Delta P ?$

- **caída de presión admisible:** la herramienta necesita una presión suficiente para funcionar correctamente. Se puede ajustar una presión alta del sistema si la caída es grande pero, en cualquier caso, se debe determinar la máxima caída de presión admisible de los accesorios, seleccionando éstos en consonancia.

## 2.2 Disposiciones típicas de manguera

### Instalaciones típicas de manguera para herramientas de montaje

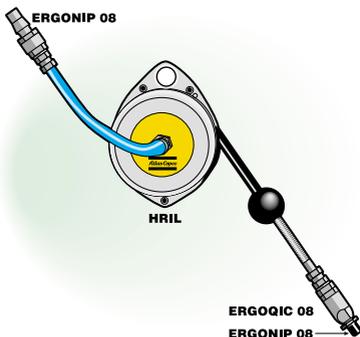
Los acoplamientos pequeños, como ErgoQIC 08 y QIC 10, son adecuados para las herramientas de montaje que requieren un bajo caudal de aire. Las llaves de impacto grandes precisan acoplamientos de mayor tamaño.

En la mayoría de los casos, los tamaños de manguera para una herramienta de montaje pueden ser entre 6 y 13 mm, siendo la longitud normalmente de 3-5 m. En algunos casos, las mangueras son de mayor diámetro y longitud.



- una manguera simple con un conector para el FRL en un extremo y un acoplamiento/conector en el otro.

La instalación de arriba es la más común cuando se trabaja con herramientas de montaje con empuñadura de pistola y unos bajos niveles de vibración.



- un enrollador de manguera con un conector en un extremo y un acoplamiento/conector en el otro.

Se utiliza un enrollador de manguera para atornilladores rectos. La necesidad de acoplamientos depende de si el operario necesita cambiar de herramienta o no.



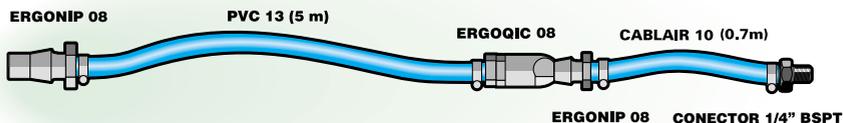
- una manguera espiral con un conector al FRL y un acoplamiento/conector.

Lo más habitual es usar una manguera espiral pequeña con un atornillador recto junto con un equilibrador. También se puede usar una manguera espiral más grande con herramientas de pistola. La necesidad de acoplamientos depende de si el operario necesita o no cambiar de herramienta.



- una manguera principal con dos conectores de manguera.

La lubricación se puede realizar desde un lubricador de neblina de aceite o un lubricador de punto único. Con la lubricación directa (lubricador de punto único) no se deben usar acoplamientos, ya que hay un tubo capilar de nylon dentro de la manguera de aire.



- una manguera principal junto con un tramo corto al lado de la herramienta.

Se recomienda una manguera principal junto con un tramo corto cuando se produzcan fuertes impactos en los acoplamientos (lla-

ves de impacto) o cuando las herramientas sean muy pesadas y puedan romper los acoplamientos.

### Instalaciones típicas de manguera para herramientas de arranque de material

Se deben usar acoplamientos de mayor tamaño, ya que el consumo de aire es más alto que en las herramientas de montaje, (ErgoQIC 10, QIC 15 y CLAW). Para las amoladoras pequeñas, por ejemplo la amoladora de troqueles LSF, se emplean acoplamientos más pequeños. En la mayoría de los casos, el tamaño de manguera para una herramienta de arranque de material puede ser entre 10 y 20 mm y la longitud es normalmente de 5 a 10 m. En algunos casos, las mangueras son de mayor diámetro y longitud.

GARRA RUBAIR 20 (5m) GARRA/GARRA



- una manguera simple con un acoplamiento en ambos lados.

Esta instalación es común cuando se trabaja con herramientas de arranque de material con bajos niveles de vibración.

Se recomienda una manguera principal junto con un tramo corto cuando se produzcan fuertes impactos en los acoplamientos (herramientas de percusión y algunas amoladoras) o cuando las herramientas sean muy pesadas y puedan romper los acoplamientos.



- una manguera extra y una manguera principal junto con un tramo corto al lado de la herramienta.

Se puede usar una manguera extra cuando se deba cubrir una gran distancia. Recuerde que la manguera extra debe tener unas grandes dimensiones.



- una manguera principal junto con un tramo corto al lado de la herramienta.

Atlas Copco dispone de mangueras preparadas, con acoplamientos y abrazadera, adecuadas para usar en las instalaciones sugeridas. Comprobando el tipo de herramienta o el consumo de aire necesario, se puede pedir un juego de manguera correctamente dimensionado y listo para instalar. Las propuestas de instalación están incluidas en el catálogo Accesorios para red de aire, en el folleto Instalaciones de aire, y en el catálogo Herramientas neumáticas para aplicaciones industriales.

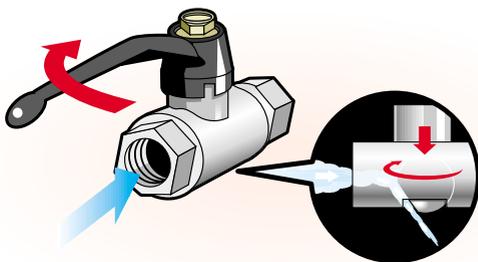
## 2.3 Accesorios para red de aire

### Válvulas de cierre

La válvula de cierre tiene un efecto significativo en el rendimiento de una herramienta neumática, por lo cual se deberá elegir una válvula de bola que garantice una caída de presión insignificante. Para evitar aumentos súbitos de presión, su diseño debe permitir que el operario abra y cierre lentamente la válvula de bola. Las válvulas de bola son necesarias para realizar el servicio de las unidades de preparación de aire. Cuando se usan acoplamientos de garras, las válvulas de bola son la única forma de cerrar el flujo de aire.

Están disponibles dos tipos de válvula de bola: BAL y BAL-1A. Ambas están lubricadas con grasa sin silicona, un aspecto particularmente importante cuando se pinta por pulverización, ya que la silicona destruye la superficie pintada. Las válvulas del tipo BAL se pueden utilizar en cualquier posición, desde totalmente abierta a totalmente cerrada. Este tipo también se puede usar para motores neumáticos donde, estrangulando el motor varía el caudal, con lo cual podemos regular la velocidad.

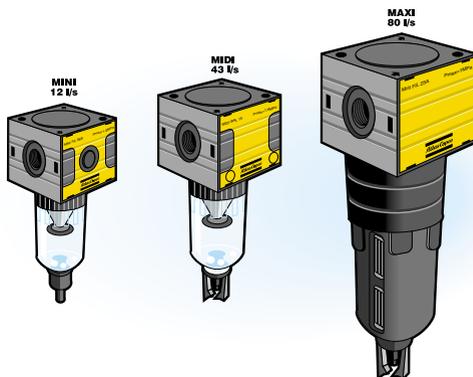
Cuando se cierra una válvula, la presión permanece en ambos lados de la misma. Si está conectada una herramienta aguas abajo de la válvula, es necesario descargar la manguera antes de desconectar la herramienta. Esto se puede hacer presionando el gatillo de la herramienta mientras la válvula está cerrada, para que se descargue el aire que queda. Alternativamente, se puede usar un tipo especial de válvula de bola denominada válvula de venteo (o válvula de seguridad). Las válvulas de venteo son válvulas de bola con una lumbrera de evacuación. La presión almacenada en la manguera se descarga lentamente a medida que se cierra la válvula. La ventaja es que, al despresurizar la manguera, se evitan riesgos de accidente.



### Unidades de preparación de aire

La gama de unidades de preparación de aire Atlas Copco - MINI, MIDI, MIDI + DOSOL y MAXI - engloba tres niveles de consumo de aire. La elección del tamaño correcto resulta más sencilla siguiendo estas directrices.

#### Caudal de aire más alto recomendado:



*MINI hasta 12 l/s*

*MIDI hasta 43 l/s (también se puede usar MIDI en combinación con DOSOL para caudales de aire de hasta 43 l/s)*

*MAXI hasta 80 l/s*

### Cuándo se debe elegir MIDI:

MIDI es adecuado para la mayoría de las herramientas de montaje, herramientas de percusión, taladros, roedoras, sierras y amoladoras pequeñas (de hecho, aproximadamente el 90% de todas las aplicaciones). Las unidades MIDI se pueden usar para hasta 43 l/s. MIDI tiene una conexión roscada de 1/2".

### Cuándo se debe elegir MIDI + DOSOL:

La lubricación directa es necesaria cuando los tiempos de funcionamiento de la herramienta sean cortos o cuando la herramienta tenga un consumo de aire muy pequeño. Se suministra una gota de aceite a la herramienta tan pronto como se pulsa el gatillo. Los casos típicos son algunas herramientas de montaje. MIDI + DOSOL se puede usar para herramientas con un consumo de aire de 2.3 l/s a 43 l/s.

### Cuándo se debe elegir MAXI:

MAXI es el complemento perfecto para MIDI, particularmente cuando se utilizan herramientas que consumen mucho aire, por ejemplo, grandes amoladoras. MAXI tiene una conexión roscada de 1".

### Cuándo se debe elegir MINI:

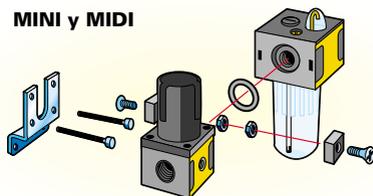
MINI se puede usar como complemento a MIDI cuando se utilizan herramientas con un bajo consumo de aire, aprox. 10 l/s, como atornilladores pequeños. MINI está indicado especialmente para usar con componentes neumáticos. MINI tiene una conexión roscada de 1/4".

### ¿Cuántas herramientas se pueden conectar a una unidad filtro-regulador-lubricador?

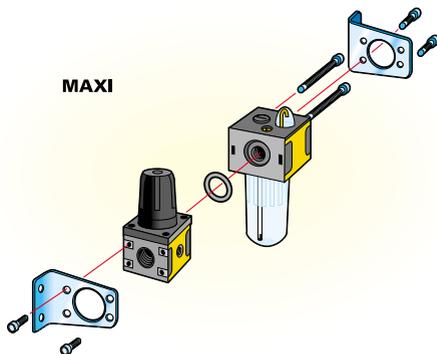
Cuando se usan herramientas sin lubricación, como atornilladores, es posible conectar varias herramientas a la unidad con filtro FIL y regulador REG. Cuando se precise lubricación, se debe instalar un lubricador DIM o un lubricador de punto único DOSOL para cada herramienta.

## Cómo se montan las unidades de preparación de aire

### MINI y MIDI



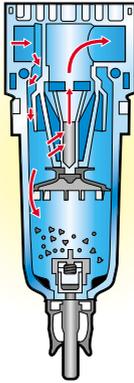
### MAXI



**Para unir las unidades** se usan kits de montaje. Entre dos unidades debe haber un kit de montaje.

**Se puede atornillar** el kit de soporte de montaje a cualquiera de las unidades. Un soporte de montaje es suficiente para cada juego de unidades.

Las unidades combinadas Atlas Copco se entregan siempre con juegos de montaje, soporte y manómetro.



### Filtros de aire

El filtro separa impurezas como agua y partículas sólidas. Si no se usan filtros con las herramientas neumáticas, se acortará su vida de servicio, aumentarán los costes de mantenimiento y se reducirá el rendimiento. Los sistemas de aire antiguos con secadores fríos, por ejemplo, generan mucha oxidación. Si las herramientas funcionan sin filtro se pueden averiar en menos de una semana. Los sistemas de aire bien mantenidos suministran aire limpio. Aunque la diferencia puede pasar desapercibida, la más minúscula partícula de herrumbre puede dañar una herramienta. Una calidad intermedia del aire acortará los intervalos de servicio, con unos mayores costes. Por ejemplo, el coste de servicio de un taladro LBB 45 es de 60 euros.

Los filtros Atlas Copco separan hasta el 98% del agua cuando se trabaja dentro de la gama de diseño. Los tres tipos (MINI, MIDI y MAXI) tienen una caída de presión muy baja.

Los filtros están equipados normalmente con purga semiautomática. Todos los filtros van acompañados de un juego que permite una fácil conversión de purga semiautomática a purga manual.

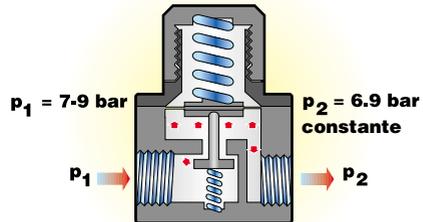
La purga semiautomática tiene lugar automáticamente cuando la presión en el vaso cae por debajo de 0.2 bar (haciendo necesario desconectar el suministro de aire regularmente). Con la purga automática, el vaso se

vacía cuando el agua acumulada alcanza un determinado nivel.

Se utiliza un protector de vaso metálico cuando es posible la presencia de disolventes en el ambiente. Los disolventes que hacen que el vaso de policarbonato se vuelva quebradizo son aquellos productos químicos que contienen acetona, benceno, glicerina, algunos aceites hidráulico y algunos aceites sintéticos, cloroformo, alcohol metílico, tetracloruro de carbono y disolventes similares, disulfuro de carbono, percloroetileno, tolueno, tricloroetileno, xileno (diluyente de nitrocelulosa) y ácido acético. Si se rompe el vaso estándar, se deberá usar un vaso metálico. Los protectores de vaso metálico son estándar en algunos mercados.

### Reguladores de presión de aire

El regulador de presión de aire asegura que la presión de trabajo preajustada permanezca



constante - con independencia de las variaciones de presión en el aire de entrada y pequeñas variaciones en el caudal. Evitando un consumo innecesario de aire, el regulador de presión mejora la economía global. Por ejemplo, una presión de 1 bar por encima de lo necesario se traduce en un incremento del 16% en el consumo de aire. Si el consumo de aire es de 20 l/s, esto significa 3.2 l/s extras = 12 m<sup>3</sup>/h. Un compresor de tornillo GA90 Atlas Copco consume 1.3 kWh para suministrar 12 m<sup>3</sup>/h a 7.5 bar. 1.3 kWh cuestan 0.035 x 1.3 = 0.04 euros/hora; 4 horas de funcionamiento efectivo por día representan 0.18 euros diarios, 3.64 euros al mes, 43.7 euros al año.

<b>Presión en la herramienta</b>	<b>Consumo de aire</b>
6.3 bar	100%
7.0	110%
8.0 bar	125%

*Vea en la página 41 la tabla completa: relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire.*

Los reguladores de pistón usan el aire para regular y por tanto reaccionan más lentamente. Por otra parte, tienen unas buenas características de regulación, por ejemplo, una presión de salida mantenida en una amplia gama de caudales de aire. Se deben usar reguladores de pistón cuando la precisión sea esencial y se pueda aceptar una respuesta lenta, generalmente en motores neumáticos.

Los reguladores controlados por muelle son de actuación rápida y por tanto se deben usar para todos los tipos de herramientas neumáticas. Este tipo de regulador también es el más común.

## Lubricadores

Si no se usan lubricadores, las aletas tendrán que cambiarse con mayor frecuencia. La



vida de las aletas puede reducirse a una décima parte de su duración normal. Las pruebas en los laboratorios de Atlas Copco han demostrado que la potencia de una amoladora disminuye un 15-20% después de 20 minutos cuando no está lubricada.

El tipo más común de lubricador, el de neblina de aceite, suministra gotas de aceite a la manguera de aire. Se utiliza para lubricar las herramientas neumáticas que tienen un tiempo de funcionamiento normal y es el método estándar para lubricar las herramientas neumáticas. Se deben usar vasos metálicos cuando el ambiente sea agresivo (véase filtros). Con las unidades que tienen vaso metálico se puede usar una mirilla.

Para las herramientas neumáticas que arranquen y paren a intervalos cortos, o que tengan un consumo de aire muy bajo, se deberá usar un lubricador de punto único. Este lubricador suministra el aceite en gotas, a través de un tubo capilar en la manguera, directamente a la herramienta y se controla por la frecuencia de arranque de ésta. Muchas herramientas de montaje, excepto las que tienen aletas exentas de lubricación, se pueden usar en combinación con un lubricador directo. Las herramientas típicas que se usan con DOSOL son las serie LTV y LMP/LTP. Cuando se usan mangueras largas, es fácil que se forme una flecha (es decir, una parte de la manguera flexionada hacia abajo donde se deposita el aceite). En este caso, lo mejor es tener un lubricador de neblina de aceite portátil, si es posible, o aplicar manualmente algunas gotas de aceite en la entrada de la herramienta neumática cada hora.

## Unidades F/R

Las unidades F/R son una combinación de filtro/regulador montados juntos. Las unidades F/R se recomiendan en todos los casos en que se necesiten tanto filtros como reguladores. Las propiedades de filtrado, regulación y lubricación son casi iguales que cuando se usan unidades individuales.

## Salidas en T

A veces, es necesario que las unidades suministren aire no lubricado. En estos casos, se monta una salida en T antes del lubricador, que permite una toma de aire limpio.



### Protector contra escapes de manguera

Cuando se afloja el conector de una manguera presurizada, ésta comienza a descargar aire comprimido de forma descontrolada, dando latigazos. Esto puede lesionar a las personas, dañar la pieza de trabajo y deteriorar el ambiente. Con un protector contra escapes de manguera no sucederá esto.

Normalmente, el diámetro y longitud de las mangueras de aire deben estar de acuerdo con el caudal. Se deben elegir acoplamientos con una baja caída de presión, o de lo contrario, el protector no funcionará correctamente. Se ha de tener cuidado al seleccionar los protectores para usar con llaves de impacto y herramientas de impulso. El caudal de aire bajo carga se debe aumentar un 50% para obtener el caudal de aire de diseño, pues de lo contrario, el protector actuará cuando la herramienta funcione en vacío.



### Mangueras

Se deben elegir mangueras que satisfagan los requisitos del ambiente de trabajo. Deberán tener una longitud de 3-5 m para asegurar la suficiente movilidad en el lugar de trabajo y una caída de presión limitada. Para herramientas neumáticas ligeras, se recomienda CABLAIR, una manguera blanda y de poco peso. Es un 30-50% más ligera que una manguera de PVC convencional, y se deberá usar para operaciones de banco limpias. Las mangueras de PVC son adecuadas para aplicaciones generales, desde amolado simple a montaje pesado. Para aplicaciones más severas, se deben usar mangueras de goma. Atlas Copco suministra dos tipos: RUBAIR y TURBO. TURBO es más ligera y muy fuerte, mientras que RUBAIR es incluso más resistente en ambientes difíciles y se puede suministrar en una mayor gama de dimensiones. Para evitar una caída de presión demasiado grande, se deberá seleccionar una manguera con un diámetro superior para una longitud de 5-10 m, dos tamaños de diámetro superior para una longitud de 20 m y tres tamaños de diámetro superior para longitudes de 20-40 m.

#### Recomendaciones de manguera:

	<b>Cablaire</b>	<b>PVC</b>	<b>Rubair</b>	<b>Turbo</b>
<b>Elasticidad</b>	Muy buena	Buena	Buena	Muy buena
<b>Flexibilidad</b>	Muy buena	Buena	Muy buena	Muy buena
<b>Uso interior/externo</b>	Interior	Interior	Interior/externo	Interior/externo
<b>Resistencia a chispas</b>	Mala	Mala	Buena	Buena
<b>Trato severo</b>	Mala	Buena	Muy buena	Muy buena

**Se puede usar la tabla siguiente para obtener el caudal de aire máximo (l/s) a través de mangueras de diferente tamaño.**

Manguera	Máx. longitud			
	5 m	10 m	20 m	40 m
<b>03</b>	0.7	-	-	-
<b>05</b>	2.1	0.7	-	-
<b>06</b>	4	2.1	0.7	-
<b>08</b>	7.5	4	2.1	0.7
<b>10</b>	13	7.5	4	2.1
<b>13</b>	21	13	7.5	4
<b>16</b>	43	21	13	7.5
<b>20</b>	75	43	21	13
<b>25</b>	125	75	43	21

La regla general indica que se han de usar mangueras de gran diámetro, acoplamientos de alto paso y unidades de preparación de aire con una baja caída de presión. Todas estas medidas reducirán la caída de presión global en la instalación, aumentando así la productividad y ahorrando energía.

### Tramos cortos

Las herramientas de percusión y las llaves de impacto tienden a destruir el acoplamiento si éste se conecta directamente a la herramienta (debido a la acción de percusión y a los impactos). Igualmente, si la herramienta pesa más de 3 kgs (amoladoras o aprietatuercas grandes), el acoplamiento se puede romper si es golpeado por la herramienta.

Por tanto, para estos tipos de herramientas se recomienda montar un tramo corto de manguera. Es importante observar que el caudal de aire disminuye si se divide la conducción en dos tramos. Si, por ejemplo, una manguera de 13 mm y 5 m de longitud, con una capacidad de 21 l/s, se dividiese en tramo corto + manguera, la capacidad disminuiría a 16 l/s (aprox. 80%). La longitud típica de los tramos cortos es de 0.3-0.7 metros.

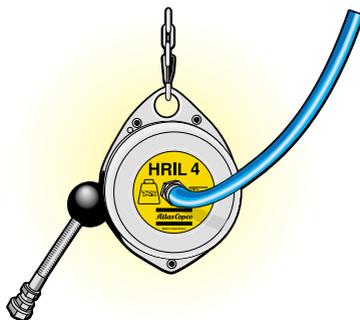
### Mangueras espirales

Una manguera espiral junto con un equilibrador es ideal para aplicaciones verticales. Debido a su forma, las mangueras espirales son muy largas, por lo que tienen una caída de presión muy alta. Para evitar grandes pérdidas, elija una manguera espiral corta.

La gama Atlas Copco incluye mangueras espirales de tres materiales: nylon, Pebax y poliuretano. A continuación se indican las propiedades más significativas:

Material	Mantiene las medidas en longitud	Tamaño espiral	Conectada directamente a la herramienta
Nylon	Excelente	Grande	No
PEBAX	Mejor	Medio	Sí
Poliuretano	Buena	Pequeño	Sí

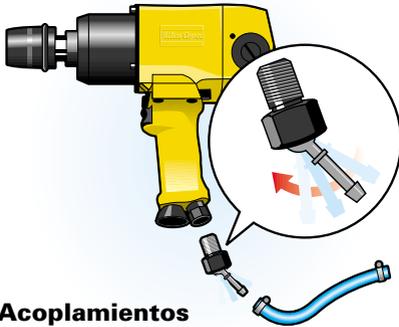
Muchos fabricantes ofrecen mangueras espirales de pequeño tamaño, pero no indican la caída de presión. Dado que la longitud produce a una gran caída de presión, el tamaño debe ser razonable. Atlas Copco indica siempre la presión de aire recomendada y la caída de presión para todos los equipos.



### Enrolladores de manguera

En algunas aplicaciones (preferiblemente verticales), resulta adecuada una manguera combinada con un enrollador. Una aplicación típica es el atornillador recto.

En este caso, se emplea un enrollador de manguera. La línea de aire se conecta al cuerpo del enrollador, pasando a través de la manguera enrollada, que se puede sacar a la longitud adecuada. Los enrolladores de manguera se eligen de acuerdo con el caudal de aire requerido y el peso de la herramienta.



### Acoplamiento giratorio

Para atornilladores, herramientas de impulso, taladros o amoladoras de troqueles pequeñas, la manguera es a veces un estorbo, por ejemplo, cuando el operario trabaja sentado. En tales casos, se usa un acoplamiento giratorio que permite un determinado ángulo de tolerancia entre la manguera y la herramienta. No se deben usar acoplamiento giratorio en aplicaciones donde exista fuerza de tracción en la manguera o unos elevados niveles de vibración, ya que la manguera se desgastará rápidamente y comenzará a tener fugas.

### Acoplamiento y conectores

#### Herramientas de montaje

Las herramientas de montaje tienen normalmente un consumo de aire limitado, por lo que resultan adecuados acoplamiento rápidos más pequeños. Se puede usar ErgoQIC 08 y QIC 10. Las grandes llaves de impacto se han de utilizar con acoplamiento de mayor tamaño y con un tramo corto.

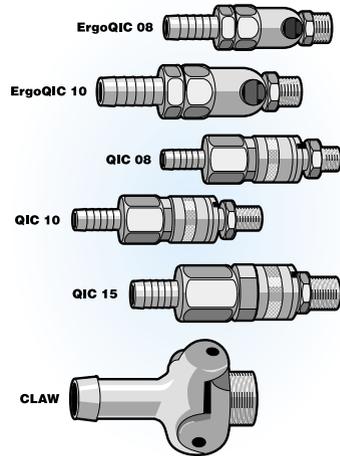
Si se emplea un lubricador directo DOSOL, sólo se podrán usar conectores de manguera y/o acoplamiento de garras ya que el tubo capilar se encuentra dentro de la manguera de aire.

### Herramientas para arranque de material

Las herramientas para arranque de material requieren mucho aire. Por tanto, es de vital importancia elegir acoplamiento grandes si deseamos que funcionen correctamente.

ErgoQIC 10, QIC 15 y CLAW proporcionan suficiente capacidad de caudal. Las amoladoras pequeñas, por ejemplo las de troqueles, necesitan acoplamiento pequeños, como ErgoQIC 08.

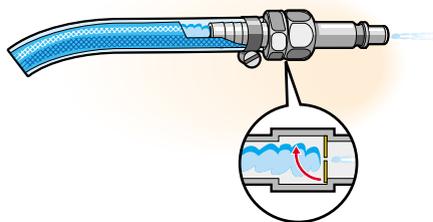
Los caudales de aire máximos recomendados son los siguientes (pérdida de presión 0.2 bar):



<i>ErgoQIC 08</i>	18 l/s
<i>ErgoQIC 10</i>	47 l/s
<i>QIC 08</i>	11 l/s
<i>QIC 10</i>	20 l/s
<i>QIC 15</i>	37 l/s
<i>CLAW</i>	290 l/s

Accesorios para red de aire Atlas Copco con los caudales de aire máximos recomendados, con una caída de presión de sólo 0.2 bar.

Esto es de vital importancia al comparar con otras marcas. Para establecer una comparación justa se deberá hacer referencia a la misma caída de presión.



Las abrazaderas de banda para media presión están recomendadas para usar con CABLAIR y mangueras de PVC pequeñas. La abrazaderas de media presión (ajuste por tornillo) están recomendadas para mangueras de PVC y mangueras de goma pequeñas, hasta 16 mm de diámetro. Para manguera de goma mayores de 16 mm, deben utilizarse abrazaderas robustas.

### Conectores de seguridad

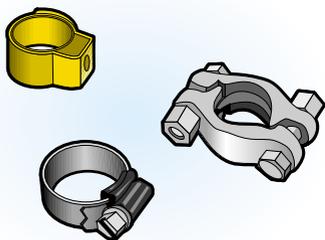
Cuando la manguera tiene una longitud mayor de 3 metros, el aire presurizado que queda en ella podría dar lugar a un latigazo tan grande, que se debe usar un conector de seguridad. El conector de seguridad deja escapar el aire muy despacio cuando se desconecta la manguera. Cuando se usan conectores de seguridad, el caudal de aire se reduce un 20%. Por ejemplo, si se usa una manguera de 16 mm de diámetro y una longitud de 5 m con conector de seguridad y un tramo corto, sucederá lo siguiente: El caudal de aire normal máximo de 43 l/s se reduce al 80% debido al conector de seguridad => 35 l/s, más otra reducción adicional del 20% debido al tramo corto => 28 l/s.



RIL



COL

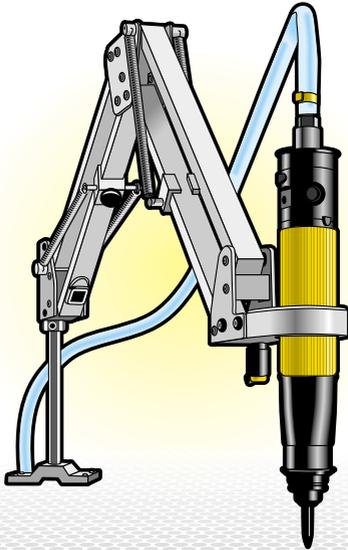


### Abrazaderas de manguera

Las abrazaderas de manguera están disponibles en tres tipos: tipo plisado para mangueras con diámetro exterior de 7-27 mm, tipo banda con ajuste por tornillo para mangueras con diámetro exterior de 8-65 mm; y abrazaderas de fundición en dos piezas con tuerca y perno galvanizado para mangueras con diámetro exterior de 22-40 mm.

### Equilibradores

Los equilibradores pueden ofrecer importantes ventajas ergonómicas y de seguridad al operario. Proporcionan una tensión constante del cable, haciendo que la herramienta sea virtualmente ingravida (equilibradores COL). Los equilibradores convencionales, como RIL, tienen una carga de muelle variable y una posición de descanso ajustable. Los equilibradores que funcionan según el principio de fuerza constante mantienen la herramienta en la posición donde se suelta. La elección entre COL y RIL corresponde al usuario. Si es importante poder dejar la herramienta a una altura específica, se deberá elegir COL. RIL es más económico, tiene mayor vida de servicio y contiene menos piezas.



### **Brazos de reacción de par**

La fuerza de agarre de la mano humana está limitada a 500 N para los hombres y 300 N para las mujeres. Por lo tanto, es recomendable que los hombres no reciban más de 4 Nm de par (2 Nm para las mujeres) cuando trabajen con una herramienta recta. Los brazos de reacción son muy útiles para trabajar con herramientas rectas de alto par. Una larga jornada de trabajo con un agarre repetido para contrarrestar el par produce cansancio, haciendo necesario un brazo de reacción. Atlas Copco ofrece una gama de brazos para diferentes niveles de par. La elección del brazo debe hacerse de la forma siguiente:

Primero, determine qué herramienta se va a utilizar, qué par ejercerá, cuánto pesa, si será recta o con empuñadura de pistola, y el diámetro de la empuñadura.

Estos parámetros son suficientes para elegir un brazo del catálogo. Las preguntas a responder son: ¿qué superficie de trabajo se ha de cubrir con la configuración herramienta/brazo? ¿Qué aspecto tiene el lugar de trabajo? ¿Existen cajas de alimentación a considerar en el proceso de trabajo? ¿La fijación de la herramienta debe ser rígida o flexible?

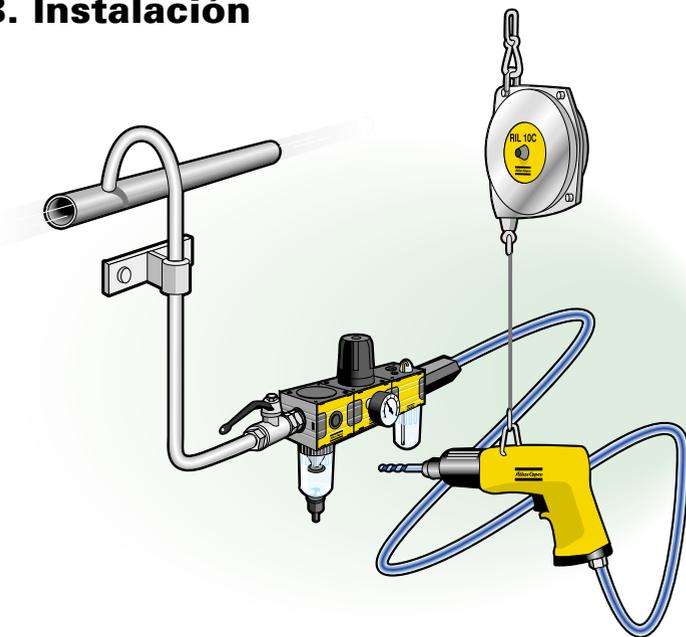
Además, ¿se deberá fijar la herramienta en la parte superior o inferior de la empuñadura? Si la fijación se realiza en la parte superior, la longitud de la herramienta se deberá añadir a la altura necesaria de la columna. ¿Se ha de utilizar un adaptador? ¿Se deberá usar un muelle extra, (si la herramienta es más ligera o más pesada que la gama estándar)?

El brazo de reacción puede estar montado en un pedestal, en el caso de una disposición de columna, o montado en la pared con un juego de fijación. Es posible que el pedestal se tenga que sujetar al banco de trabajo con abrazaderas.

### **Conocimientos necesario para elegir los accesorios para red de aire**

Para hacer una elección óptima de los accesorios de red de aire, es necesario disponer de la información antes citada. Atlas Copco tiene dos catálogos, “Accesorios para red de aire” e “Instalaciones de red de aire”. En el primero se ofrece una información detallada de todos los productos, especificaciones técnicas y diagramas. El segundo es una selección de instalaciones alternativas para herramientas específicas, así como una guía para elegir las instalaciones de red de aire.

### 3. Instalación



La ilustración muestra una unidad de preparación de aire con válvula de cierre, protector contra escapes, una manguera, una herramienta y un equilibrador.

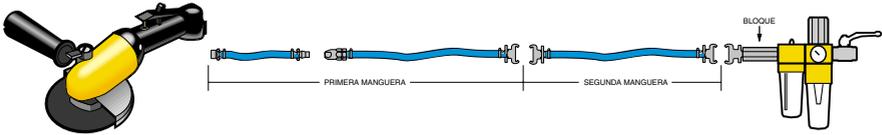
La válvula de cierre se puede montar con el mango hacia arriba o hacia abajo, según se desee. El mango de la BAL 1-A puede quedar restringido por la unidad de preparación de aire si se monta hacia arriba, por lo que se deberá elegir una BAL 1 (mango de mariposa) o montar la válvula boca abajo.

La dirección del flujo de aire está marcado con flechas en las unidades de preparación de aire y en el protector contra escapes de manguera. El orden de montaje de las unidades de preparación de aire es:

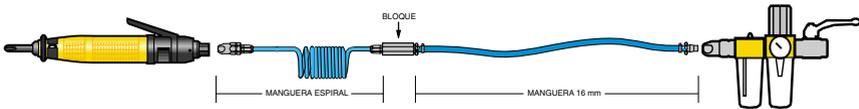
FILTRO ⇒ REGULADOR ⇒ LUBRICADOR, tal como se puede ver en la ilustración de arriba. El filtro y el regulador pueden ser reemplazados por una unidad combinada de filtro/regulador.

Cuando se usen instalaciones con lubricadores DIM, es importante evitar flechas en la manguera, (es decir, una parte de la manguera flexionada hacia abajo donde se podría depositar el aceite). Si se produce una flecha, el aceite no lubricará la herramienta, sino que permanecerá en la manguera.

Las unidades de preparación de aire se deben colocar 1 - 1.5 m por encima del puesto de trabajo. Esto es especialmente importante con los lubricadores DIM. El filtro, el regulador y los sistemas de inyección DOSOL se pueden colocar en una posición baja, para una mejor separación de agua.



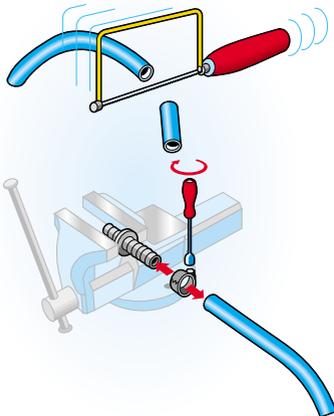
Si se instala un protector contra escapes con mangueras normales, se montará entre el acoplamiento y la unidad FRL, de acuerdo con la ilustración de arriba.



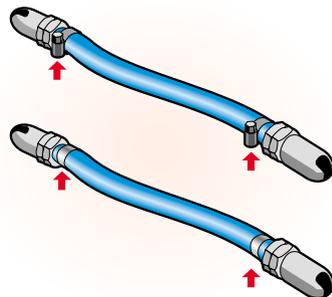
Si se instala un protector con mangueras espirales o equilibradores y una manguera normal extra, el protector se montará entre la manguera espiral (o equilibrador) y una manguera normal de 16 mm con una longitud máxima de 5 metros, de acuerdo con la figura de arriba. Si la manguera de 16 mm no es necesaria, el protector se instalará entre el acoplamiento y la unidad FRL, conforme a la primera ilustración de esta página. La dirección del flujo está marcada con flechas en el protector.

segura de unir un acoplamiento o un conector a una manguera es usar un tornillo de banco. Una vez que el acoplamiento o el conector estén fijados en el tornillo de banco, se deberá aplicar en su extremo un poco de jabón y agua. Así resultará más fácil deslizar la manguera. Después, se deberá colocar la abrazadera. Cuando se utilicen abrazaderas de banda con ajuste por tornillo, se debe usar una llave o un destornillador hexagonal para evitar lesiones.

Un corte limpio es más importante de lo que parece. La manguera está fabricada de capas de goma o plástico. Si se daña su extremo, podría penetrar aire entre las capas, ocasionando fugas y/o restringiendo el flujo en la manguera.

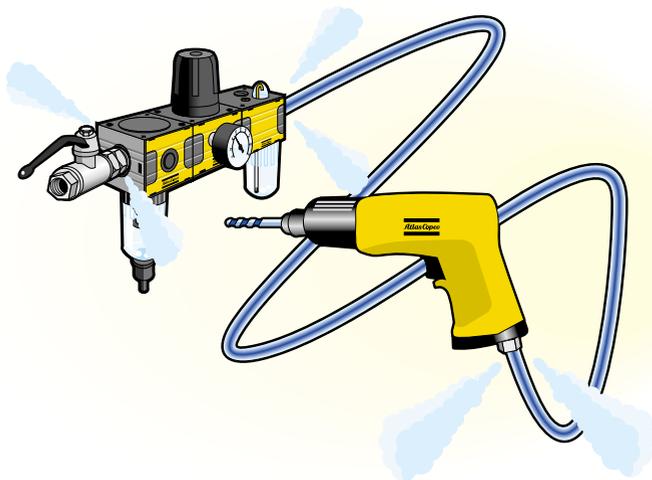


Las mangueras se deben cortar preferiblemente con una sierra para metales. Así se conseguirá un corte seguro y recto. Se puede usar una navaja o una cuchilla de afeitar, pero con el riesgo de que se produzca un corte inclinado o lesiones. La forma más



En las recomendaciones de instalación de Atlas Copco se indican aros de aluminio prensados hidráulicamente como abrazaderas de manguera. Esta es una solución muy segura, dada la ausencia de aristas vivas que podrían lastimar al operario.

## 4. Mantenimiento



### 4.1 Fugas

Un sistema de distribución de aire bien diseñado y correctamente mantenido tendrá unas fugas menores del 5% de la capacidad de la instalación. Lamentablemente, son muy comunes fugas del 15-20%.

Las fugas se traducen en una pérdida de capacidad de aire. Esto significa un mayor utilización del compresor para compensar los escapes, lo que a su vez representa unos costes de energía significativamente más altos. Recuerde que las fugas suelen ser continuas, las 24 horas del día.

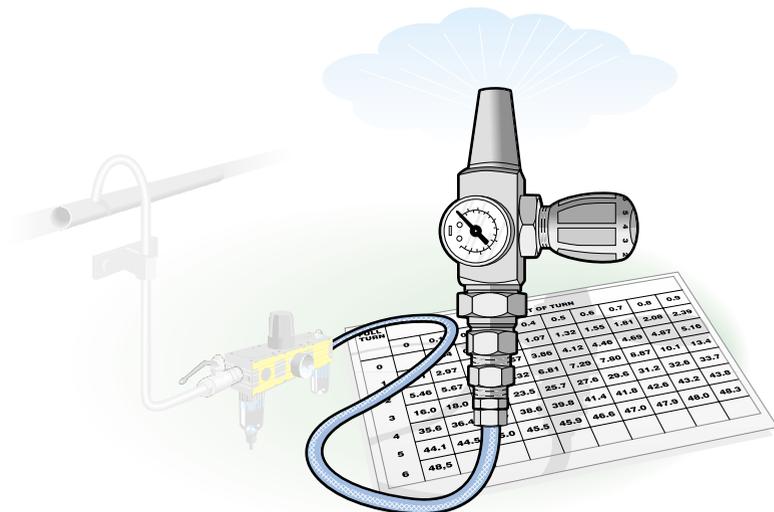
#### Índice de fugas y diámetros de orificio equivalentes

<b>Diámetro de orificio mm</b>	<b>Fuga de aire a 6.3 bar l/s</b>	<b>Potencia adicional requerida del compresor, kW</b>	<b>Coste típico de energía por año *</b>
1	1	0.3	91 euros
3	10	3.1	937 euros
5	27	8.3	2510 euros
10	105	33.0	9979 euros

\* 1 kWh = 0.035 euros

\*\* Cálculo basado en 24 h/día

Por ejemplo, un orificio con un diámetro de 5 mm produce una fuga de 27 litros de aire por segundo del sistema de distribución. Para compensar esta pérdida de capacidad, se necesita una potencia adicional del compresor de 8.3 kW. Con un precio medio por kWh de 0.035 euros, este orificio relativamente pequeño ocasiona un coste anual de energía de 2.510 euros.



## 4.2 Programa de mantenimiento

En los sistemas de aire se debe llevar a cabo un mantenimiento periódico.

### Una vez al día:

- Deberán vaciarse los filtros de purga manual.

### Una vez a la semana:

- Se deberá comprobar si existen fugas en la zona más cercana al puesto de trabajo. Se verificarán las juntas entre herramientas y conectores, acoplamientos, mangueras y unidades de preparación de aire. Los lubricadores se llenarán con aceite.

### Cada dos meses:

- Se comprobará el sistema de aire completo. Primero, escuche si hay fugas después del horario de trabajo, comprobando con la mano en las zonas sospechosas. Se puede usar una solución de agua y jabón para detectar el punto exacto del escape (burbujas). Tome las medidas necesarias para reparar la fuga.

- Deben comprobarse todos los puestos de trabajo con el simulador de herramienta neumática. El simulador se conectará a la manguera, ajustando el caudal de aire requerido (indicado en una tabla que se entrega con el simulador) mediante un determinado número de revoluciones del botón. Para que la herramienta funcione adecuadamente, la presión tiene que ser de 6.3 bar en el extremo de la manguera. Tome las medidas necesarias cambiando el FRL, la manguera y/o el acoplamiento.

### Cada seis meses:

- Se deberán limpiar los elementos de filtro con una pistola de soplado, para evitar una mayor caída de presión.
- La válvula de seguridad del protector contra escapes de manguera se deberá limpiar con aire comprimido cada 6 meses. El objetivo es evitar perturbaciones en el reajuste automático del protector.
- Atlas Copco puede facilitar un programa de mantenimiento y, si se desea, implantarlo.

## 5. Seguridad

– **Válvulas de bola:** Cuando no esté trabajando, cierre el aire comprimido con la válvula de bola. Abra todas las válvulas de bola despacio para descubrir dispositivos mal apretados.

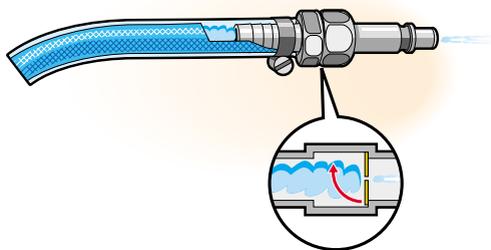
– **Unidades de preparación de aire:** Tenga cuidado con los disolventes que pueden cambiar la estructura de los vasos de policarbonato, haciéndolos quebradizos. Si se usan disolventes agresivos, será necesario un equipo especial.

El policarbonato tiene una buena resistencia química a todos los disolventes, excepto los productos químicos que contienen acetona, benceno, glicerina, algunos aceites hidráulicos y sintéticos, cloroformo, alcohol metílico, tetracloruro de carbono (y disolventes similares), disulfuro de carbono, percloroetileno, tolueno, tricloroetileno, xileno (diluente de nitrocelulosa) y ácido acético.

Una forma sencilla de eliminar este riesgo consiste en usar un protector de vaso metálico en las unidades MINI y MIDI. La unidad MAXI tiene un vaso metálico de forma estándar. Si se rompe el vaso, cámbielo por otro metálico. Es importante comprobar que los vasos están correctamente apretados y que todas las unidades están montadas, antes de abrir el aire comprimido con la válvula de bola.

– **Acoplamientos rápidos:** Los acoplamientos rápidos son normalmente dispositivos muy seguros. Sin embargo, se ha tener un cuidado extra cuando se trabaje con mangueras de más de 16 mm de diámetro o más de 3 m de longitud.

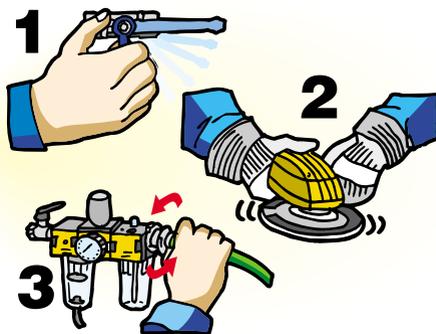
En estos casos, se recomienda un conector de seguridad que evacue el aire de la manguera de forma controlada.



– **Acoplamientos de garras:** Los acoplamientos de garras están siempre abiertos y se deben usar con mucho cuidado. Debe seguirse este orden:

### Al abrir ...

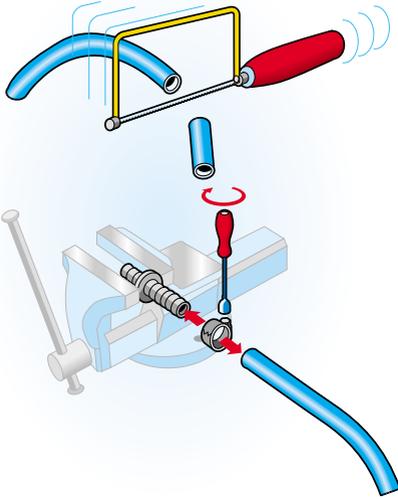
1. cierre la válvula de bola
2. haga funcionar la herramienta para que se evacue el aire
3. libere el acoplamiento de garras



### Al cerrar...

1. asegúrese que los dos acoplamientos están montados correctamente
2. abra la válvula lentamente

– **Abrazaderas y conexiones:** Compruebe que las abrazaderas están correctamente apretadas.



Para apretar las abrazaderas es preferible usar una llave - si se usa un destornillador se pueden producir deslizamientos y lesiones. Si fuese necesario utilizar un destornillador, coloque la abrazadera en un tornillo de banco para evitar lesiones.

– **Mangueras:** Recomendamos aplicar jabón y agua al unir la manguera al conector, de modo que se deslice más fácilmente. No use aceite, ya que no se secará después. Las mangueras con fugas se deben retirar - una pequeña fuga se puede convertir fácilmente en un orificio grande.



– **Protector contra escapes de manguera:** Cuando se afloja el conector de una manguera presurizada, ésta comienza a descargar aire comprimido de forma descontrolada, dando latigazos. Esto puede lesionar a las personas, dañar la pieza de trabajo y deteriorar el ambiente. Una forma de asegurar que esto no suceda es utilizar un protector contra escapes de manguera.

También se recomienda utilizar un protector contra escapes de manguera cuando se trabaja con acoplamientos de garras, ya que esto minimiza el riesgo de escape total.

## 6. ¿Qué es el aire comprimido?

Como todos sabemos, el aire es vital para la vida en la Tierra y lo respiramos continuamente. Por definición, el aire es una mezcla de gases incolora, inodora e insípida, compuesta principalmente de nitrógeno, oxígeno y vapor de agua. El aire está siempre contaminado con partículas sólidas, como arenilla, hollín y cristales de sal. Su composición es relativamente constante desde el nivel del mar hasta una altitud de 25 km.

Una vez comprimido, el aire se convierte en un medio seguro y versátil para transmitir y almacenar energía. Pero, ¿qué es el aire comprimido? Muy sencillo: la atmósfera trabajando.

### Gravedad a nivel del mar

Todos los materiales, incluidas las pequeñas partículas de aire, son atraídos a la Tierra por la gravedad. La fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto se determina por su distancia desde la Tierra - cuanto más distancia exista de la Tierra, menor será la fuerza gravitatoria.

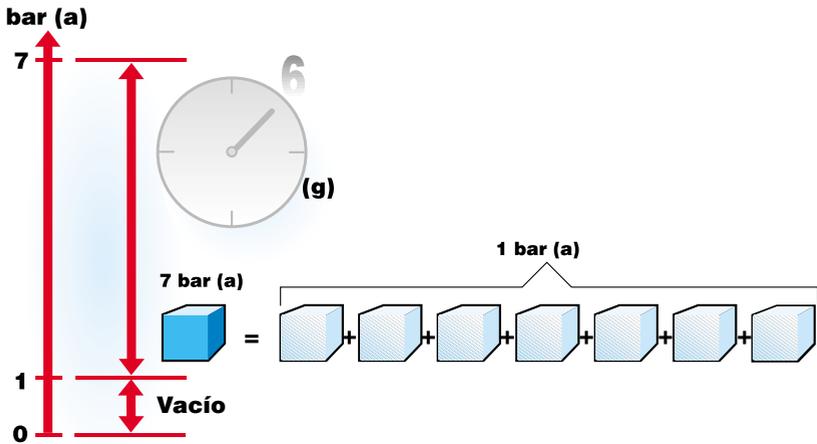
Imagine una superficie de un centímetro cuadrado a nivel del mar y desplazándose lejos de la Tierra para formar una columna de aire hasta el borde de la atmósfera. Imagine la gravedad tirando de los átomos de la columna hacia la Tierra.



$$10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ bar}$$

### Diferencia entre gas y líquido

Medida en Newton, la fuerza ejercida sobre un centímetro cuadrado a nivel del mar es de 10,13 N. Por tanto la presión atmosférica absoluta a nivel del mar es aproximadamente  $10.13 \times 10^4 \text{ N}$  por metro cuadrado, expresado en Pa (Pascal), la unidad SI de presión. No obstante, la unidad más común para medir la presión es el bar. La presión atmosférica a nivel del mar es de  $10^5 \text{ Pa}$ , o aprox. 1 bar, la presión de aire a la que se denomina “presión absoluta”.



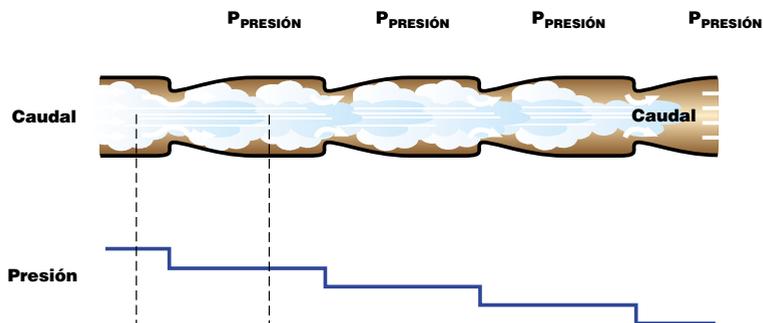
Como el aire es un gas, está constituido por moléculas relativamente libres. Cuando se comprime por la gravedad, la fuerza no se ejerce sólo hacia la Tierra, sino en todas las direcciones. Si el aire, o cualquier otro gas, se comprime aún más - mecánicamente o por los cambios de temperatura - la presión obtenida se mide como 1 bar a nivel del mar más la presión extra.

Es importante distinguir entre a = presión absoluta y g = presión manométrica.

Utilizada normalmente para medir la presión en un sistema de distribución de aire, la presión manométrica se define como la presión

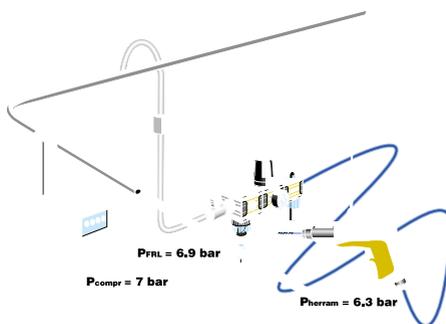
absoluta en el sistema menos la presión absoluta fuera del sistema. En otras palabras, para efectuar los cálculos se emplea la presión absoluta. La presión manométrica es el valor observado en un manómetro, por ejemplo, en una unidad de preparación de aire.

Si comprimimos un gas (por ejemplo aire), disminuye el volumen y las moléculas libres de nitrógeno y oxígeno son presionadas entre sí formando un volumen más pequeño (mayor presión). Por otra parte, un líquido no ocupa un menor volumen a mayor presión.



## Caída de presión

La presión de trabajo se genera en el compresor y se distribuye a través de la tubería y las mangueras al consumidor (herramienta). Cuando se transporta aire a presión, ésta se reduce debido a obstáculos tales como restricciones, codos, pasos estrechos, etc). Esta reducción se denomina caída de presión. En el suministro de aire comprimido se produce siempre una caída de presión, y las pérdidas aumentan si la longitud de la red es muy larga o si el conducto del sistema de suministro es muy pequeño.

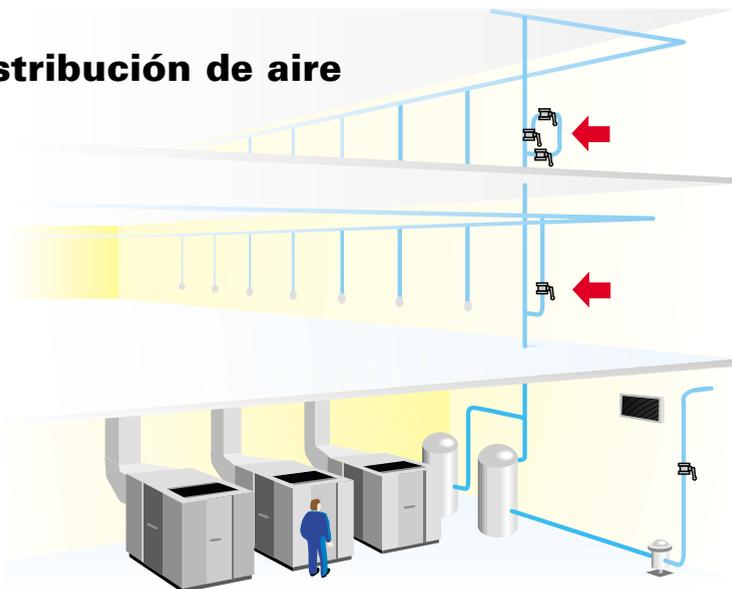


## Definiciones:

- presión estática: es la presión obtenida en un sistema cerrado cuando no se utiliza nada de aire.
- presión dinámica en la línea de servicio: es la presión obtenida en el punto de toma de la línea principal cuando se utiliza aire en una herramienta o en otro consumidor.
- presión dinámica en unidad FRL: es la presión obtenida en la unidad FRL (manómetro en el regulador) cuando se está utilizando el aire.
- presión dinámica en la entrada de la herramienta: es la presión cuando la herramienta está en funcionamiento, esta presión debe ser de 6.3 bar para el rendimiento nominal.

La presión mostrada en el manómetro del regulador no es la misma que la presión en la herramienta. En primer lugar, la presión en el manómetro es más alta cuando la herramienta no está funcionando. En segundo lugar, se produce una caída de presión en la manguera. Para obtener la presión dinámica en la herramienta, se debe utilizar un manómetro con una entrada en T.

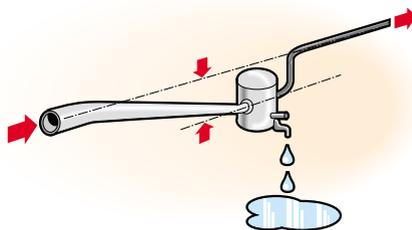
## 7. Distribución de aire



La distribución de aire es el enlace vital entre la instalación de aire comprimido y la máquina o herramienta. Está basada en un sistema eficaz de accesorios y líneas de aire. El rendimiento de las herramientas neumáticas depende en gran medida de la capacidad del sistema para suministrar una cantidad adecuada de aire de la calidad y presión correctas. Los principios de diseño de un sistema de distribución de aire se entenderán mejor considerando primero qué sucede con el aire comprimido cuando fluye por una tubería.

### El sistema

La línea principal distribuye el aire desde el compresor y el equipo hasta el anillo principal, es decir, las zonas donde se utilizará el aire. En un sistema grande de aire comprimido que suministre a varias instalaciones o departamentos, la línea principal deberá estar dispuesta de tal modo que cada unidad se puede cerrar sin que ello afecte al resto del sistema.



Para separar el agua del aire comprimido, se integran colectores de humedad en el sistema. Las tuberías se instalan con cierta caída y se monta un colector en el punto más bajo.

### Las ventajas son numerosas:

- cuando se trabaja en el sistema de tuberías, sólo es necesario cerrar la unidad averiada;
- las fugas se pueden reducir cerrando las unidades que no funcionen;
- resulta más fácil detectar los escapes;
- es posible mantener el suministro de aire a la unidad más importante si la capacidad del compresor es insuficiente para la totalidad del sistema.

Si un compresor debe suministrar aire a varias instalaciones, se deberá instalar una línea principal independiente para cada una de ellas. Esto permite ajustar la calidad y presión del aire de acuerdo con la demanda de cada unidad.

### **Anillo principal y líneas de servicio**

El anillo principal que distribuye el aire dentro de las zonas de trabajo se debe instalar de modo que el aire llegue al puesto de trabajo, es decir, a la herramienta, sin que sea necesario usar unas líneas de servicio excesivamente largas. Normalmente, el anillo principal discurre en forma de línea circular alrededor de las instalaciones, de aquí su nombre. Esto significa que si se produce un consumo de aire inesperadamente alto en cualquier línea de servicio, el aire se puede suministrar desde dos direcciones.

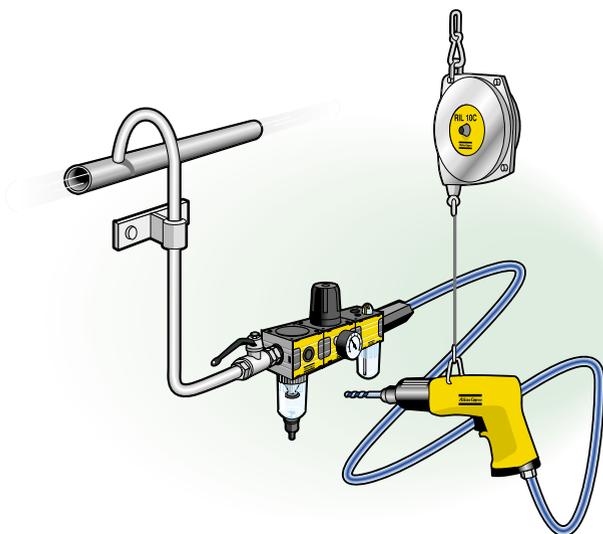
Esto reducirá la caída de presión y proporcionará una presión de aire más estable en todo el sistema.

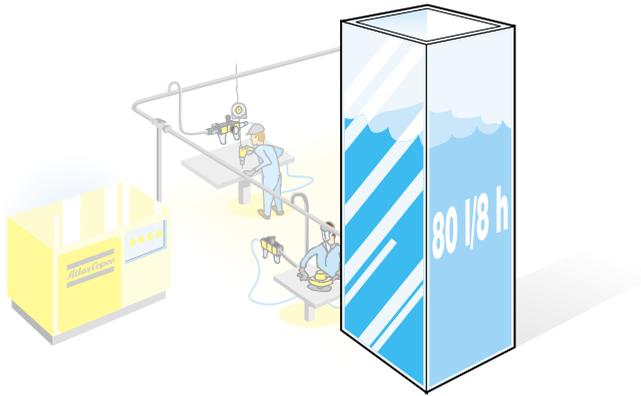
### **La línea de servicio**

La línea de servicio es la parte final de la instalación permanente y deberá estar situada lo más cerca posible del puesto de trabajo, con el fin de evitar una manguera larga hasta la herramienta, que podría dar lugar a una mayor caída de presión. Si hubiese riesgo de condensación en cualquier parte del sistema, la línea de servicio se deberá conectar en la parte superior de la línea principal o de distribución

### **Consumidores de aire (herramientas con sus accesorios de red)**

Los consumidores de un sistema de distribución de aire son las herramientas neumáticas junto con sus unidades de preparación de aire o cualquier otro equipo que consuma aire comprimido. En otras palabras, todo lo que está instalado después de la válvula de bola. Para impedir fugas y mantener la presión correcta, los accesorios de la red, al igual que las herramientas y el compresor, deben ser de alta calidad. Los accesorios necesarios dependen mucho del tipo de herramienta y de sus requisitos de aire para satisfacer las necesidades de la aplicación.





Los accesorios de red típicos incluyen: un filtro combinado con un colector de humedad, regulador de presión, lubricador de neblina de aceite o sistema de lubricador directo, mangueras y acoplamientos rápidos. Para una descripción más detallada, vea el capítulo 1.5, “Accesorios para red de aire”.

### **Tratamiento del aire comprimido**

Todo el aire atmosférico contiene vapor de agua - más a altas temperaturas que a bajas. Cuando el aire se comprime, aumenta la concentración de agua. Por ejemplo, un compresor con una presión de trabajo de 7 bar y una capacidad de 200 l/s que aspira aire a 20°C con una humedad relativa del 80%, producirá 80 litros de agua condensada en la red de aire comprimido durante una jornada de trabajo de ocho horas.

La cantidad de agua en el aire presurizado no representa un problema - siempre que permanezca en un estado de vapor. Pero si condensa, se puede producir corrosión en las tuberías, interferencia en la lubricación de las herramientas neumáticas, y un riesgo constante de congelación en tuberías y herramientas. Así pues, el agua se debe separar lo antes posible - directamente después del compresor y antes de que entre en el sistema de distribución de aire.

El agua se puede eliminar del aire comprimido de distintas maneras:

### **Depósito de aire**

Después de salir del compresor, el aire se almacena en un depósito. Cuando el aire comprimido caliente se enfría en el depósito, el agua de condensación se recoge y separa en el fondo del mismo. Los depósitos de aire se utilizan junto con colectores de humedad en las tuberías. Este antiguo método es el más económico, y también es el que da el menor grado de separación de agua.

### **Refrigerador posterior**

Este refrigerador emplea agua o aire para enfriar el aire comprimido caliente. Un refrigerador posterior elimina el 65-75% del agua de condensación. Los refrigeradores posteriores se utilizan prácticamente en todas las instalaciones de compresores estacionarios. Los compresores modernos llevan integrado un refrigerador posterior de forma estándar.

### **Secador frigorífico**

Este tipo de secador enfría el aire comprimido, con lo cual se condensa una gran cantidad de agua, que se puede separar. Después del enfriamiento y la condensación, el aire comprimido se vuelve a calentar aproximadamente a la temperatura ambiente, para que no se forme condensación en el exterior del sistema de tuberías. Los secadores frigoríficos se utilizan con unos puntos de rocío de entre +2 y +10°C.

## Secado por adsorción

Hay dos tipos de secadores de adsorción: regeneración en frío y regeneración en caliente. Los secadores con regeneración en caliente son los más adecuados para grandes caudales de aire. El secado por adsorción con regeneración en caliente regenera el desecante por medio de calor eléctrico o, cuando se usan compresores de tornillo exentos de aceite, sólo por el calor del compresor. Se puede obtener un punto de rocío muy bajo, -20°C o inferior.

Un secador de adsorción con una capacidad de 1000 l/s requiere sólo 120 W.

Antes del secador de adsorción se deberá disponer siempre una separación y drenaje garantizados del agua de condensación. Si el aire comprimido se ha producido usando compresores lubricados con aceite, también se deberá instalar un filtro desoleador antes del secador de adsorción. En la mayoría de los casos, es necesario un filtro de partículas después de este tipo de secador.

## Otros métodos

Otros métodos son la sobrecompresión, que se puede usar para caudales de aire muy pequeños, y el secado por absorción, que tiene un alto consumo de material absorbente.

## La necesidad de colectores de humedad y filtros

Algunos de los métodos antes descritos ofrecen unos resultados muy buenos a la hora de obtener aire seco. Sin embargo, se recomienda instalar siempre colectores de humedad y filtros en el sistema de distribución de aire. Una pequeña caída de rendimiento o una parada producen agua y partículas en las tuberías, que deben ser separadas por filtros si se desea evitar el servicio de las herramientas. Pequeñas cantidades de agua también se pueden convertir en escamas de oxidación y partículas en las tuberías, que deben ser eliminadas con un filtro.

## Coste del sistema de tuberías

La instalación de un nuevo sistema de distribución de aire es una inversión que compensa con un incremento de la productividad derivado de unas herramientas de menor peso y tamaño. La recuperación de calor hace que la instalación de compresores sea más eficiente. A continuación se ofrece una tabla de costes para la instalación de un sistema de tuberías nuevo. También están basados en una instalación de tamaño medio y son válidos para una zona urbana. El IVA y el coste de transporte no están incluidos. Los precios están basados en una cantidad normal de codos (1-8 / metro), soportes y una prueba. La instalación tiene una altura de 1.5 - 3 m.

<b>Tamaño de tubería</b>	<b>Salida</b>	<b>Tubería de acero</b>	<b>Tubería de cobre</b>
<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>Precio 1)</b>	<b>Precio 1)</b>
		<b>Euros</b>	<b>Euros</b>
1	25		26
1 1/4	32		34
1 1/2	40		37
2	50	26	48
2 1/2	65	34	
3	80	40	
4	100	51	
5	125	74	

1) Precios por metro, incluyendo mano de obra y material.

2) La tubería de acero se refiere a tubo de acero galvanizado.

## 8. Caso real: ahorro de costes con herramientas ErgoPulse



- Una manguera espiral crea más pérdidas de presión que una manguera normal.
- Una pequeña restricción (FRL 3/8") crea más pérdida de presión que un FRL 1/2".
- Un acoplamiento de baja capacidad crea más pérdida de presión que un acoplamiento de alta capacidad (ErgoQIC tiene la mayor capacidad de caudal de aire del mercado, comparado con otros acoplamientos del mismo tamaño).

### Instalación antigua

Un cliente de Atlas Copco tenía la siguiente instalación:

*Línea de servicio de 1/2"*

*FRL 3/8"*

*Pieza en Y (3 vías)*

*Acoplamientos de latón (2x), rectos, diám. int. 7.2 mm*

*Manguera espiral, diám. int. 6 mm, 1.8 m*

El cliente utilizaba 50 unidades ErgoPulse EP 8XS HR y tenía las siguientes presiones

*Presión estática* *8.5 bar*

*Presión dinámica en la unidad FRL* *7.1 bar*

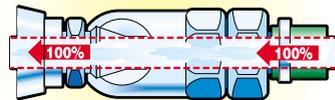
*Presión dinámica en la herramienta* *3.7 bar*

La presión en la herramienta se midió con el simulador de herramienta neumática.

La caída de presión entre FRL y ErgoPulse era de 3.4 bar y la velocidad en vacío, 6.000 rpm (7.000 rpm nominal).

### ¿Qué ocasiona esta gran caída de presión?

Todo lo que actúa como restricción. Por este manual, sabemos que:



### Nueva instalación

Atlas Copco propuso la siguiente alternativa:

*Línea de servicio de 1/2"*

*FRL 1/2"*

*Acoplamientos Atlas Copco (2x) ErgoQIC 08, diám. int. 6.4 mm*

*Cablair 08 1.5 m.*

**Esto daría las siguientes presiones del sistema:**

*Presión estática* *8.4 bar*

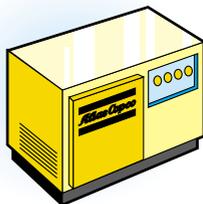
*Presión dinámica en la unidad FRL* *8.2 bar*

*Presión dinámica en la herramienta* *8.0 bar*

Ahora, la caída de presión es de 0.2 bar. La velocidad nominal de las herramientas es 7.000 rpm.

## Coste de compresores antiguos

Para ver el efecto en el lado de los compresores, se recopilaron datos durante dos semanas. El cliente tenía dos compresores con secadores y refrigeradores:



### Compresor 1

---

Salida 55 kW => entrada 78 kW

---

Funciona 1,89 horas al día a plena carga, produciendo 155 l/s

---

1.11 horas al día funcionando en vacío

---

Se utiliza el 100% de potencia cuando la unidad funciona a plena carga y el 25% cuando funciona en vacío. El cálculo del tiempo a plena capacidad por día es el siguiente:

---

Compresor 1     $1.89 \text{ h} \times 1.0 = 1.89 \text{ h (carga)}$

---

$1.11 \text{ h} \times 0.25 = 0.28 \text{ h}$   
(funcionamiento en vacío)

---

Total = 2.17 h/día

---

### Coste del compresor 1:

---

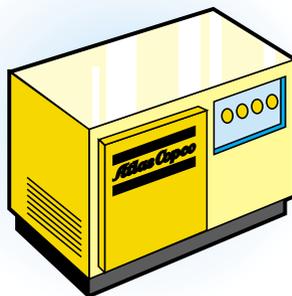
Potencia absorbida:  $78 \text{ kW} \times 2.17 \text{ h/día} = 169 \text{ kWh/día}$

---

Coste de energía:  $169 \text{ kWh/día} \times 0.136 \text{ euros/kWh}^* = 23 \text{ euros/día}$

---

\*) Coste de la energía en Alemania



### Compresor 2

---

salida 110 kW => entrada 137 kW

---

4.50 horas al a plena carga, produciendo 314 l/s

---

2.50 horas al día funcionando en vacío

---

---

Compresor 2     $4.50 \times 1.0 = 4.50 \text{ h (carga)}$

---

$2.50 \times 0.25 = 0.63 \text{ h}$   
(funcionamiento en vacío)

---

Total = 5.13 h/día

---

### Coste del compresor 2:

---

Potencia absorbida:  $137 \times 5.13 \text{ h/día} = 702 \text{ kWh/día}$

---

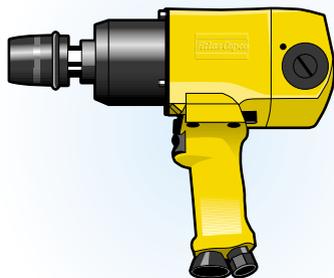
Coste de energía:  $702 \text{ kWh/día} \times 0.136 \text{ Euros / kWh}^* = 95.50 \text{ euros/día}$

---

## ¿Qué ahorro se puede conseguir con esta nueva instalación?

### 1) Reducción del coste de mano de obra

El tiempo de apriete con las herramientas ErgoPulse se calculó en 3 horas/día para cada operario.



Como se puede ver en la página 8 de esta guía, cuando se trabaja con una herramienta ErgoPulse, una reducción de presión de 1 bar se traduce en un incremento del tiempo de apriete de aprox. 50%. Utilizaremos esta cifra, aunque es probable que el dato real sea más alto.

Tiempo antes: 3 horas x 50 operarios = 150 horas /día

Coste antes: 150 horas x 20 euros = 3000 euros/día

Nuevo coste por ahorro de tiempo: 3000 euros/150 % = 2000 euros/día

Esto representa una reducción del coste de mano de obra de 1000 euros/día, o en otras palabras, 50 horas cada día para otras tareas.

### 2) Reducción de la presión en 1.7 bar

La nueva instalación da una presión en la herramienta de 8.0 bar, pero es mejor reducir la presión en el regulador, para que la herramienta funcione a 6.3 bar y ahorrar energía.

Reduciendo la presión dinámica en la unidad FRL de 8.2 bar a 6.5 bar se consigue una disminución de 1,7 bar. Con la nueva caída de presión de 0.2 bar, el ErgoPulse funcionará a 6.3 bar.

Por favor vea en la página 17 el ahorro de costes. La presión era 1.7 bar más alta de lo necesario, lo que se traducía en un consumo de aire un 25% mayor.

	<b>Coste antiguo</b>	<b>Coste nuevo</b>
<b>Compresor 1:</b>	23 euros al día/125%	18.4 euros al día
<b>Compresor 2:</b>	95.5 euros al día/125%	76.4 euros al día

Una reducción de la presión de aire de 1.7 bar significa un ahorro de 23.7 euros/día.

### 3) Reducción del tiempo de trabajo de los compresores

El tiempo de apriete con el ErgoPulse era desde el principio un 50% mayor. Esto significa que los compresores tienen que trabajar también un 50% más.

Una reducción de presión de 1 bar representa un consumo de aire del 80%. Vea en la página 41 la tabla completa: relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire, y en la página 42 las fórmulas para la potencia extra necesaria por día cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas



**Compresor 1:** 80% consumo de aire x (100% tiempo normal + 50% tiempo extra) = 100% consumo de aire x 100% tiempo normal = 18.4 euros/día\*)

**Compresor 2:** 80% consumo de aire x (100% tiempo normal + 50% tiempo extra) = 100% consumo de aire x 100% tiempo normal = 76.4 euros/día\*)

**Compresor 1:** coste óptimo = 18,4 euros al día / (150% x 80%) = 15,3 euros al día

**Compresor 2:** coste óptimo = 76,4 euros al día / (150% x 80%) = 63,7 euros al día

**El ahorro derivado de la reducción del tiempo de funcionamiento de los compresores es de 15,8 euros/día**

### Resumen del ahorro de costes

En este caso, la reducción del tiempo de mano de obra con las herramientas ErgoPulse fue un factor muy importante, equivalente a 1000 euros/día. La reducción de presión en la unidad FRL y el menor tiempo de funcionamiento de los compresores contribuyeron con (23,7 + 15,8) 39,5 euros/día.

El coste total de las 50 instalaciones nuevas fue de 6.400 euros: 4.600 euros para accesorios de red de aire y 1.800 euros para gastos de instalación.

El tiempo de amortización trabajando con herramientas de impulso es de sólo 7 u 8 días para toda la instalación (el mismo tiempo de amortización es válido para amoladoras).

Es fácil olvidarse del ahorro derivado de la menor presión en la unidad FRL y la reducción del tiempo de funcionamiento del compresor de 39,5 euros/día, pero si hacemos un cálculo obtendremos 6.400 euros/39.5 euros = 162 días: un tiempo de amortización de 162 días, también un período muy corto.

Para muchas otras herramientas, el ahorro de mano de obra es de sólo 10 - 20%. En estos casos, la menor presión de FRL y la reducción del tiempo de funcionamiento del compresor son una parte del cálculo mucho más importante.

La mejor forma de estar seguro de que la instalación de aire comprimido está optimizada, consiste en aceptar únicamente una presión en las herramientas neumáticas de 6.3 bar y una baja caída de presión del compresor a la herramienta. Esto se consigue eligiendo accesorios para red de aire Atlas Copco.

\*) Cuando todos los reguladores están tarados a 6,5 bar.

## 9. Relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire

<b>Presión herramienta (bar)</b>	<b>Consumo aire (%)</b>	<b>Acción</b>
8.0	125	Reducir la presión en el regulador
7.0	111	Reducir la presión en el regulador
6.3 bar	100%	¡Rendimiento óptimo!
6.0	96	Aumentar la presión; cambiar los accesorios de red de aire
5.0	77	Aumentar la presión; cambiar los accesorios de red de aire
4.0	61	Aumentar la presión; cambiar los accesorios de red de aire
3.0	44	Aumentar la presión; cambiar los accesorios de red de aire



# 10. Fórmulas para calcular el coste de potencia

## Fórmula para la potencia extra requerida por día cuando se trabaja a presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas

La presión de descarga del compresor será constante al nivel ajustado de, por ejemplo, 7 ó 7.5 bar, e independiente de la caída de presión del sistema. Con un bajo consumo de aire debido a una baja presión en la herramienta, el compresor funcionará a la misma presión pero durante más tiempo para realizar un trabajo específico. El coste adicional de potencia resultante de la alta caída de presión en el sistema se puede calcular de la manera siguiente:

$$\left( \begin{array}{l} \text{Consumo de aire de la} \\ \text{herramienta en m}^3/\text{h a} \\ \text{baja presión} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Tiempo de trabajo en} \\ \text{horasal día a baja presión} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Potencia requerida en kWh} \\ \text{del compresor para producir en} \\ \text{la herramienta 1 m}^3 \text{ a 7.5 bar} \end{array} \right) =$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{Consumo de aire de la} \\ \text{herramienta en m}^3/\text{h} \\ \text{a 6.3 bar} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Tiempo de trabajo en horas} \\ \text{al día a una presión en la} \\ \text{herramienta de 6.3 bar} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Potencia requerida en kWh} \\ \text{del compresor para producir} \\ \text{1 m}^3 \text{ a 7.5 bar} \end{array} \right) =$$

Potencia extra en kWh / día

## Fórmula para convertir l/s en m³/h

$$1 \text{ l/s} = 1 \text{ dm}^3/\text{s} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s} = 0.001 \times 3600 \text{ m}^3/\text{h} = 3.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Requisito de potencia para producir 1 m³ a 7.5 bar

Regla básica: para producir 1 m³ se necesita ≈ 0.105 kWh

## Fórmula para el coste extra cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas

Potencia extra en kWh/día X coste /kWh = coste/día

coste/día X días de trabajo al mes = coste/mes

coste/mes X número de meses = coste/año

## **Cálculo del coste del compresor en trabajos de amolado (ver página 5)**

Una LSS 64 S085 necesita normalmente 50 l/s a 6.3 bar, pero con un descenso de la presión de 1 bar, el consumo de aire se reduce al 80 % \*) ,

es decir,  $50 \text{ l/s} \times 80\% = 40 \text{ l/s}$ .

El tiempo de trabajo del operario es un 40% mayor, lo cual da:  
 $140\% \times 3 \text{ horas} = 4.2 \text{ horas}$

Para comprimir  $1 \text{ m}^3$  a 7.5 bar se necesita aproximadamente 0.105 kWh

Utilicemos la fórmula de la página 42 para la potencia extra/día necesaria cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$\begin{aligned} & (40 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4.2 \text{ h/día} \times 0.105 \text{ kWh}) - \\ & (50 \text{ l/s} \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ h/día} \times 0.105 \text{ kWh}) = \\ & 6.8 \text{ kWh/día} \end{aligned}$$

Utilicemos la fórmula de la página 42 para el coste extra cuando se trabaja con unas presiones demasiado bajas en las herramientas neumáticas:

$$6.8 \text{ kWh /día} \times 0.035 \text{ euros /día} = 0.23 \text{ euros/día}$$

$$0.23 \text{ euros/día} \times 20 \text{ días} = 4.6 \text{ euros/mes}$$

$$4.6 \text{ euros/mes} \times 12 = 55 \text{ euros/año}$$

\*) Vea la página 41: relación entre la presión en la herramienta y el consumo de aire





[www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com)