

# **Artículos & Noticias**

## **Aire Comprimido Industrial**

### **Ahorro de Energía**

Ayudando a otros a encontrar soluciones para sus problemas industriales

Tema:

**Ahorro de energía calculando correctamente el almacenamiento  
de un sistema de aire comprimido**

**Usando compresores de desplazamiento positivo  
(Tornillo rotativo, pistón, aletas, lóbulos, diafragma)**

Presentado por:



Airtec Servicios s.a. de c.v.  
Av. Colorines # 620- 26 Col Prados Glorieta  
San Luis Potosí, 78390, SLP  
México

May 30 2009

## **1.0 Introducción**

El concepto de almacenamiento es simple, pero en muchas ocasiones mal entendido y mal aplicado en los sistemas de aire comprimido industrial.

Cuando los acumuladores de aire comprimido están bien diseñados en un sistema de aire comprimido y su instalación es adecuada, estos proporcionarán importantes ventajas en beneficio de los usuarios, reduciendo así las quejas por fallas en el suministro.

En esta sección vamos a revisar las ventajas de un almacenamiento bien diseñado y la importancia de su ubicación y accesorios adecuados a cada sistema.

## **2.0 Almacenamiento**

Se considera almacenamiento a la reserva de aire que existe para atender la demanda y que puede estar en tanques y tubería, sin embargo el concepto de almacenamiento deberá ser considerado con mayor detalle para tomar todas las ventajas en beneficio de los usuarios.

### **2.1 Ventajas del almacenamiento**

1. Enfriar el aire que viene directo de los compresores
2. Retener condensados y contaminantes y facilitar el drenado
3. Reducir la carga de contaminantes en filtros y secadores

Además de estas ventajas, si al sistema se agrega una válvula reguladora o control de demanda que nos permita crear un diferencial de presión entre los tanques y la tubería de distribución (almacenamiento positivo), podemos agregar las siguientes ventajas.

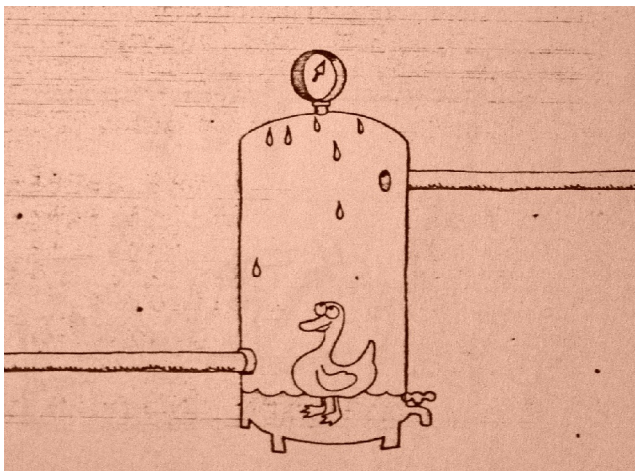
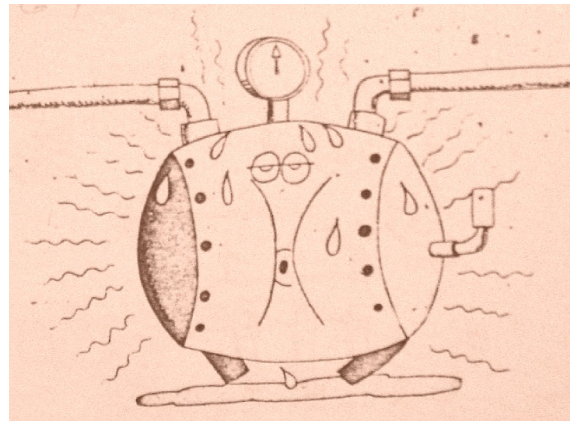
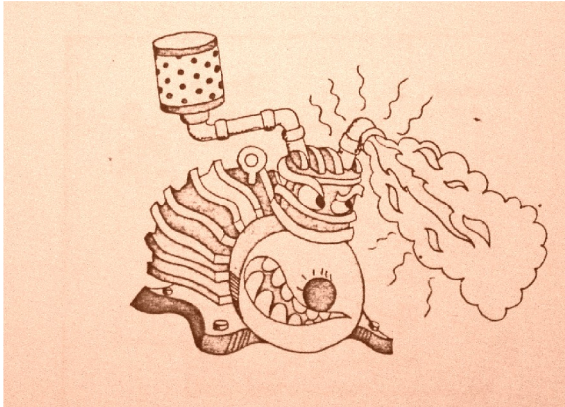
4. Presión constante  $\pm 1$  psi a todos los usuarios, al expandir el aire desde los tanques
5. Una señal estable para secuenciar los compresores
6. Importante ahorro de energía
7. Mayor vida útil de los componentes del sistema

Quienes diseñan un sistema de aire comprimido o quienes quieren mejorar el sistema ya existente, deben considerar los siguientes conceptos.

- **Tanque Húmedo**
- **Tanque seco**
- **Almacenamiento positivo**
- **Distribución**

## 2.2 Tanque Húmedo

Cada planta industrial o usuario de aire comprimido es diferente, pero las leyes de la física son las mismas, es decir, si el aire que aspira nuestro compresor es caliente la descarga será caliente, si por falta de lubricación existe mayor fricción, el aire será mas caliente, si los enfriadores están saturados igualmente tendremos mayor temperatura en el aire comprimido.



Si consideramos un punto de rocío a presión de 60°F, el contenido de humedad será equivalente a:

- 13.56 gr/m<sup>3</sup> de aire
- 1857 PPM de volumen
- 11499.55 PPM de peso

A mayor temperatura, mayor contenido de humedad en el aire.

La humedad esta presente en cierto porcentaje en el aire ambiente que respiran los compresores, y no se puede comprimir (es un sólido), por lo que se multiplica durante la compresión, creando un gran volumen de vapor de agua, que al enfriarse se convierte en condensados.

La temperatura ambiente + la humedad relativa local, definen el grado de humedad en el aire comprimido, es decir entre mas caliente es el aire que respiran los compresores, la humedad del sistema será mayor, por ejemplo si estamos frente al mar en Alaska, comparado con estar frente al mar en Cancún (ambos frente al mar), sin duda es mucho mas húmedo Cancún, con esto podemos entender el efecto de la temperatura en el contenido de humedad.

Por lo anterior, las buenas practicas en los sistemas de aire comprimido, consideran muy importante la instalación de un **tanque húmedo**, es decir antes de filtros, secadores y por supuesto, de los usuarios y la red de distribución.

El concepto de un almacenamiento tipo vertical, también tiene sus motivos, basados en las leyes de la física.

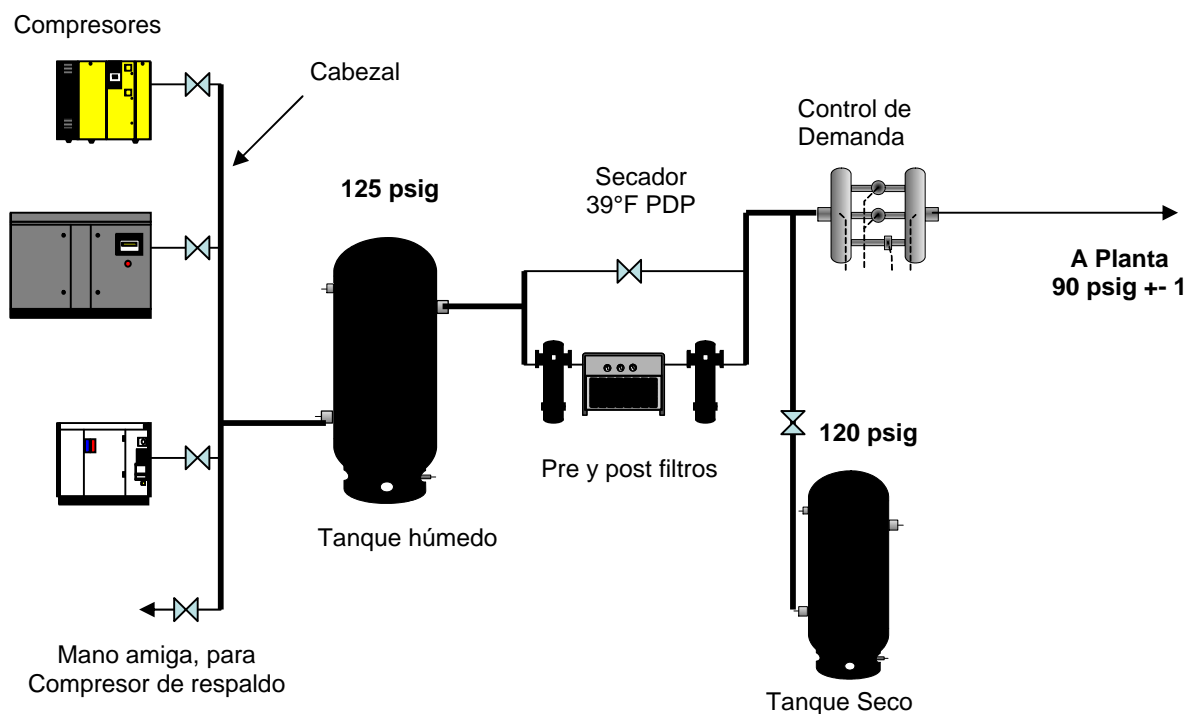
Si el aire caliente entra en la parte inferior del tanque, y la salida del mismo se ubica en la parte superior, se permitirá que el aire caliente tenga contacto con la superficie del tanque que esta a temperatura ambiente antes de salir, permitiendo la condensación al momento de bajar la temperatura, dicha humedad, por peso y efecto de la gravedad, los condensados serán colectados en el fondo del tanque.

La velocidad el aire al desplazarse de la entrada a la salida, crea también lo que se conoce como zona del silencio, que es un vacío que sea crea al fondo del tanque y ayuda a colectar y drenar los condensados.

Parece simple y obvio, sin embargo, es frecuente ver instalaciones incorrectas.

### Esquemático # 1 - Sugerido

Desde luego es solo un ejemplo, ya que existen sistemas mucho mas complejos, sin embargo considero que este modelo representa la situación en la gran mayoría de sistemas en la industria en México y America Latina, con mas o menos componentes y/o accesorios.



## Explicación del esquemático # 1

Los compresores descargan a un cabezal común, y se cuenta con un brazo amigo, para poder llevar un compresor de respaldo en caso de falla en alguno de nuestros equipos.

El tanque húmedo recibe el aire caliente en la parte inferior, se enfría al girar y subir por el tanque, permitiendo retener la mayor parte de los condensados y reduciendo la carga a filtros y secadores.

La practica común de poner un filtro directamente en la descarga del compresor, nos lleva a vida útil muy corta, caída de presión con el consecuente costo de energía y baja eficiencia en la colección de condensados.

Descargamos el aire en la parte superior del almacenamiento, que es la más limpia y salimos a nuestro equipo de tratamiento.

Posteriormente hablaremos del resto de los componentes que son, tanque seco y control de demanda.

### **2.3 Tanque Seco**

Con el aire después de pasar la filtración y el secador, tenemos aire seco y limpio.

El objetivo de contar con un tanque seco es atender la demanda, sin ninguna pérdida cruzando el equipo de tratamiento, para evitar caídas de presión en los múltiples usuarios, esto solamente será 100% válido si podemos lograr una presión de almacenamiento positiva, es decir a mayor presión que la red de distribución y los usuarios.

### **2.4 Estabilidad del Sistema**

La suma de el tanque húmedo + la tubería de conexión + el tanque seco, forman parte de el almacenamiento del sistema.

El tamaño del almacenamiento del sistema es muy importante para determinar la forma en la que van a reaccionar los compresores a la tensión dinámica de múltiples usuarios, es decir a menor almacenamiento en el sistema, los compresores entran y salen de carga en ciclos muy rápidos, provocando mayor gasto de energía para atender la misma demanda.

Si nuestro almacenamiento es varias veces superior a la capacidad instalada, los compresores mostraran ciclos mas estables y posiblemente alguno de ellos ya no entre en carga y se apague en automático al existir un colchón de respaldo para atender la demanda.

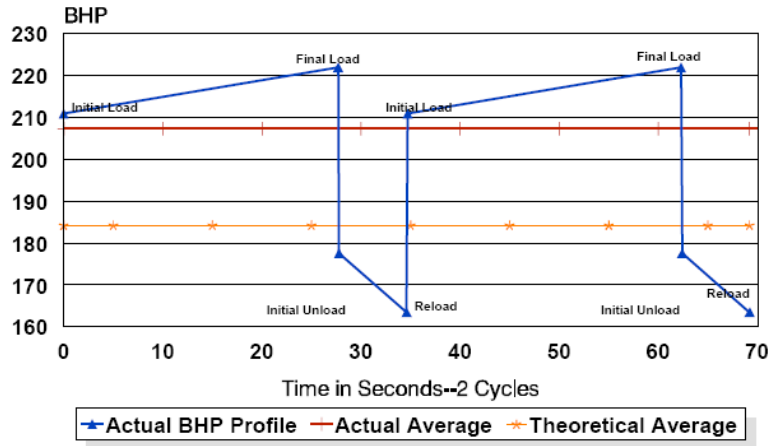
Sin importar el tipo de control que utilice el compresor, el almacenamiento siempre será muy importante, ya sea Carga / No Carga, Velocidad Variable (VSD), o desplazamiento variable (VD) el tamaño del almacenamiento permitirá una operación mas suave, como se puede ver en la grafica del ejemplo siguiente.

Existe una regla de dedo para el calculo del almacenamiento, que es de **3 galones por 1 cfm** de capacidad instalada, pero entre mayor sea este almacenamiento, mayor la estabilidad del sistema, mayor el ahorro de energía y menor el uso de compresores, lubricantes, refacciones, mano de obra, etc.

## Esquemático # 2 Ejemplo de control de carga en compresores

### Load/No Load Cycle

1000 CFM Compressor w/1000 Gal. Receiver



800 CFM Demand

(Figure 1)

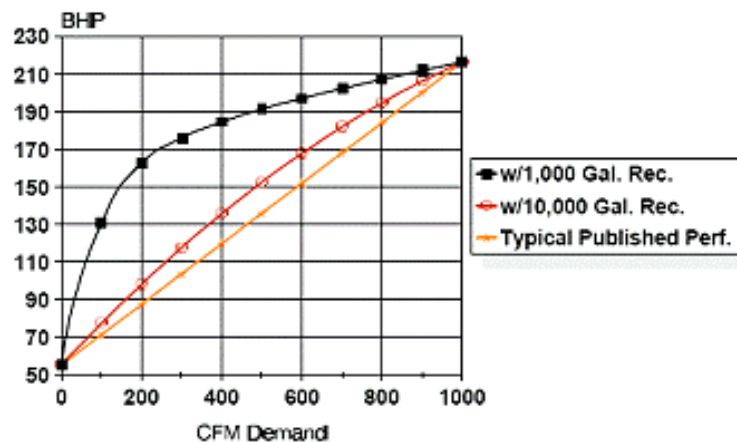
En este esquemático podemos ver el ciclo completo de un compresor, este control responde a la presión en la línea de descarga y en base a la calibración del interruptor neumático de carga en el limite bajo y de descara en el limite alto.

Estos ciclos van a ser mucho más rápidos cuando el almacenamiento sea mínimo incrementando el consumo de energía eléctrica en el proceso de suministrar aire a los usuarios.

## Esquemático # 3 Ejemplo de Potencia Vs flujo

### Load/No Load Power Curves

At Various Load Levels

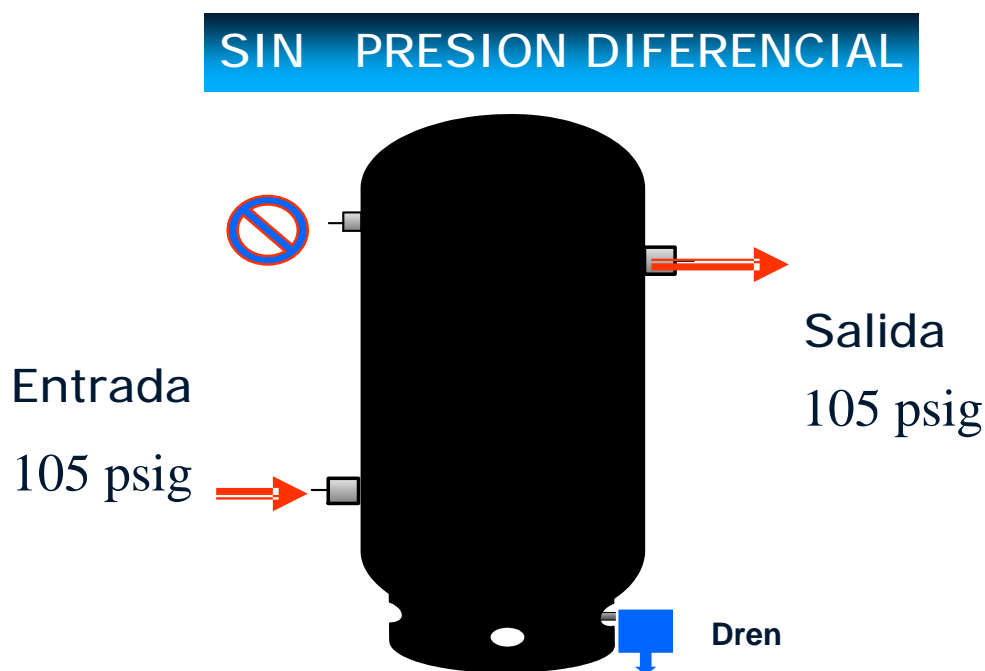


Del esquemático # 3, podemos ver que a menor almacenamiento el consumo de potencia BHP se incrementa, y vemos que el comportamiento línea de carga no carga en consumo de energía existe solo con un almacenamiento mayor a 10 galones por 1 CFM, que es la grafica que publican los fabricantes de este tipo de compresores.

Nuevamente regresamos a la regla de dedo para el calculo del almacenamiento de 3 Galones x 1 CFM que con la grafica anterior se justifica ampliamente. Llegar a un nivel de 10 Galones x 1 CFM no es realmente practico, pero a mayor almacenamiento mas suave y mayor ahorro de energía.

## **2.5 Almacenamiento Positivo**

### **Esquemático # 4 ejemplo de almacenamiento positivo**



Se crea zona del silencio y se reduce la velocidad del aire comprimido

Lo que necesitamos explicar en este punto, es lo que existe en muchas plantas industriales, si el almacenamiento esta a la misma presión que la tubería o los usuarios, no existe aire guardado para expandir y atender un pico de demanda, simplemente la distribución de aire es mayor, ya que este tanque se suma a la tubería de distribución.

Para saber cuanto aire puedo aportar a los usuarios a una presión final constante, utilizamos la formula de la ley de los gases (eliminando temperatura y humedad), y tenemos lo siguiente

P1 = Presión inicial 105 psig, P2 = Presión Final 105 psig, Pa = Presión Atmosférica 11.3 (S.L.P.),

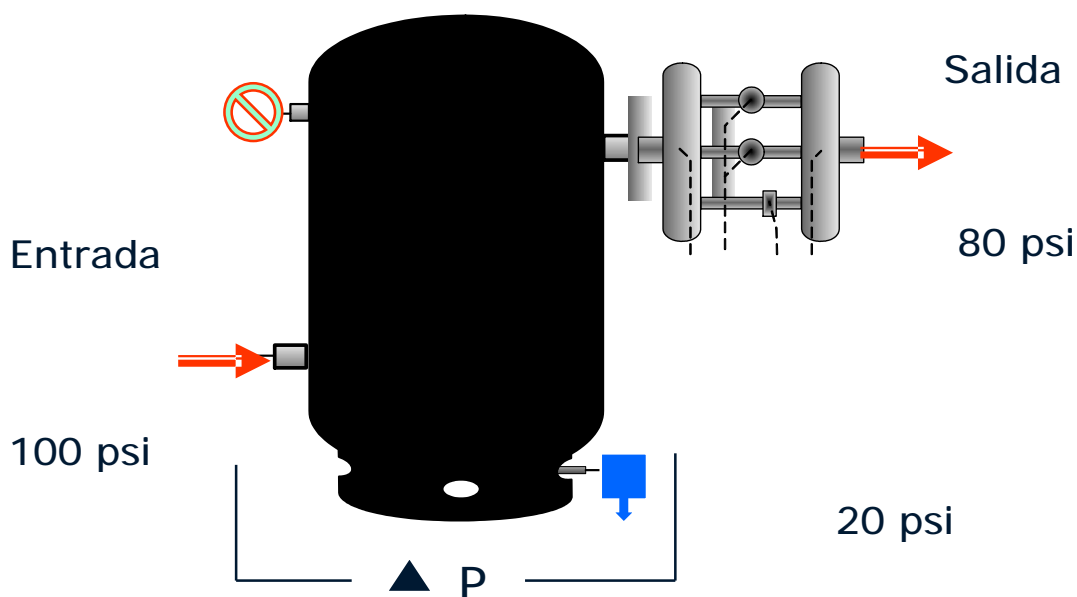
V1= Volumen del tanque 1,000 galones, V2 = Volumen extraído del tanque a calcular

Volumen extraído del tanque =  $(105-105/14.7) \times 1,000 = (0/11.3) \times 1000 = 0$  galones disponibles

**Es decir, no tenemos aire guardado que se pueda expandir para aportar a los usuarios**

Si instalamos una válvula de control de flujo o control de demanda para entregar a los usuarios la presión mínima óptima, y calibramos los compresores a su presión de diseño origina o para una diferencia de 20 psig, tenemos lo siguiente usando la misma fórmula

## CON PRESION DIFERENCIAL



**ENERGIA ALMACENADA = CAPACITANCIA**

$P1=100$  psig,  $P2 = 80$  psig,  $P_a = 11.3$  ( SLP) ,  $V1= 1,000$  lts

Volumen extraído =  $(100-80/11.3) \times 1000 =$  **1,770 galones disponibles**

Estos 1,770 galones que yo puedo enviar a los usuarios en lo que el tanque baja de 100 psig a 80 psig, expandidos a 1000ft/segundo que es la velocidad a la que viaja el aire, me permite atender a una presión constante a todos los usuarios, mediante el uso de una válvula de control automática +- 1 psig.

Esto significa que requiero menos compresores o que operen en ciclos mas suaves y ahorrando energía

Al contar con un volumen de energía almacenada, muy posiblemente un tercer compresor ya no entre en escena, además, puedo atender tan rápidamente la demanda instantánea al sumarse varios usuarios, que sería imposible atender bombeando desde los compresores, todo esto sin pérdida de presión, ya que el tanque seco está directo a los usuarios sin pérdida alguna.

## **2.6 Señal estable para control inteligente de múltiples compresores**

En sistemas de 3 compresores o mas, cada compresor tiene la decisión de operación, basado en la calibración de su propio control de carga, conociendo la tensión dinámica que imponen múltiples usuarios imponen a la tubería, es frecuente ver mas de un compresor cambiando de régimen de carga, y en ocasiones en ciclos muy rápidos, lo cual es muy ineficiente desde el punto de vista de optimización en el uso de la energía y acortando la vida útil de los compresores.

Para evitar esto, se utilizan controladores inteligentes (antes conocidos como secuenciadores), y utilizan una señal común en lugar de tener cada compresor su señal, y en base a la cual se toma la decisión de que compresor entra o sale de carga.

Si la señal común no es tomada de un punto estable, la operación y ventajas del controlador se van a ver afectadas.

Posteriormente vamos a hablar de controles inteligentes de compresores, por el momento es importante notar que un buen tanque húmedo, será el primer cliente de los compresores y si la instalación es de acuerdo al esquemático # 1, la operación será ideal y con todas las ventajas de este tipo de controles.

## **3.0 Resumen**

Podemos ver que el almacenamiento es muy importante en el desempeño y vida útil de un sistema de aire comprimido, una vez adquirido el almacenamiento ofrece múltiples ventajas

### **Y lo más importante "No Consume Energía"**

En artículos posteriores vamos ver temas relacionados con el almacenamiento en sistemas de aire comprimido, como son:

- Control de demanda y presión constante +/- 1 psi con fuerte ahorro de energía
- Control inteligente de compresores con importante ahorro de energía
- Monitoreo de los parámetros del sistema de aire comprimido
- Causa y efecto de los ciclos rápidos en compresores tipo tonillo
- Calidad del aire comprimido
- Demanda artificial y nivel de fugas en un sistema de aire comprimido
- Lado de la demanda y Lado del suministro

Autor:

Airtec Servicios s.a. de c.v

[www.airtec-servicios.com](http://www.airtec-servicios.com)

[info@airtec-servicios.com](mailto:info@airtec-servicios.com)

Tel: 52+ 444 8180960 conmutador