

AIRE HUMEDO

El vapor de agua es un gas invisible, que no llega a ser visible en forma de nube mas que cuando se transforma en pequeñas gotitas de agua. Todo el mundo puede observar este fenómeno con una pava a través del pico de la cual el vapor escapa siendo invisible , después se condensa seguidamente bajo la forma de una nube que se disuelve de nuevo inmediatamente en vapor de agua invisible.

Sucede desgraciadamente con frecuencia, y esto puede inducir a error en lo que concierne a la compresión de estos fenómenos , que en el lenguaje corriente se designa simplemente por la expresión “vapor de agua” l que físicamente es una nube de gotitas de agua .

En lo que sigue , una nube designara el agua condensada en forma de finas gotitas y el termino vapor designara al agua en estado gaseoso.

Estudiaremos a continuación sucintamente las leyes que rigen la mezcla de gas aire-vapor . Se pueden licuar los gases por debajo de una cierta temperatura, llamada critica , o ejerciendo una presión elevada. Esta propiedad es común a todos los gases y solo los valores de las presiones o las temperaturas para los cuales esta licuefacción se produce , son muy diferentes.

El paso de un gas al estado liquido, que se llama “condensación”, esta definido por su curva de vaporización . Esta indica para cada temperatura la presión para la cual el agua, por ejemplo, puede permanecer en estado de vapor .

Se llama también a las presiones correspondientes a las temperaturas consideradas “tensiones de vapor” o “tensiones de saturación” . Luego si , por ejemplo , la presión del vapor es, para una temperatura determinada y en un volumen constante , superior a su tensión de saturación para esa temperatura , se producirá una condensación de vapor bajo la forma de una nube de agua liquida hasta que la presión haya descendido al valor de la tensión de saturación. La presión disminuye porque el agua liquida no ocupa a 20°C mas que 1/13 de su volumen en estado gaseoso . Si por otra parte , la presión es inferior a la tensión de saturación , mientras el agua liquida este presente , se evaporara una cantidad suficiente de ella para alcanzar dicha tensión de saturación.

La mayor parte de los gases son misibles entre ellos en todas las proporciones ; es así que el aire es de hecho una mezcla de nitrógeno y oxígeno . El agua en estado gaseoso , dicho de otra manera , el vapor de agua, se mezcla en todas las proporciones con el aire y no puede ser separado de este mas que por un procedimiento químico o por condensación. Si la presión parcial de un componente de una mezcla gaseosa es la presión bajo la cual se encontraría ese componente si estuviese solo presente en el volumen ocupado por esa mezcla , se podría calcular fácilmente esta presión utilizando l ecuación de estado de los gases perfectos .

Para la mezcla de gases se utiliza la ley de Dalton , que se expresa así:

“ la suma de las presiones parciales de los gases que constituyen una mezcla es igual a la presión total”

$$P_0 = P_D + P_L$$

Donde

P_0 es la presión total de la mezcla.

P_D es la presión del vapor de agua

P_L es la presión de los otros componentes del aire excluido el agua.

Si recordamos que para un gas perfecto cualquiera tenemos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = R$$

Donde:

P Presión absoluta

V Volumen

T Temperatura Absoluta

R Constante universal del gas.

Si le damos sub índice L a la mezcla de gases que llamamos aire y el sub índice D al vapor de agua y despejamos el valor del volumen que ocuparan cada uno de los gases tenemos:

$$V_L = \frac{R_L \cdot T}{P_L} \quad \text{Y} \quad V_D = \frac{R_D \cdot T}{P_D}$$

Si llamamos ahora a la relación $V_L / V_D = x$

Si simplificamos y recordamos que: $P_L = P_0 - P_D$ de la ley de Dalton.

$$X = \frac{R_L}{R_D} \frac{P_D}{P_0 - P_D}$$

Si recordamos que la relación entre R_L y R_D es igual a :

$$\frac{R_L}{R_D} = 0.662$$

Si ahora reemplazamos tenemos:

$$X = 0.662 \frac{P_D}{P_0 - P_D}$$

Expresión esta que nos da el contenido del aire en vapor de agua en kg/kg.

Esta expresión nos da el grado de humedad absoluta del aire.

Se indica a menudo la humedad relativa por ϕ . Esta magnitud designa el cociente de la cantidad de agua efectivamente presente en el aire en relación a la cantidad máxima posible que podría encontrarse allí en función de los valores de la temperatura y presión.

En la siguiente ecuación se representa la presión efectiva del vapor (P_D) y P_s la presión máxima posible (o de saturación) del vapor.

$$\phi = \frac{P_D}{P_s} [\%]$$

Se puede trazar , con la ayuda de la curva de las tensiones de vapor y de la relación que acaba de ser dada , un diagrama que representa estas complicadas relaciones . Se ha llevado en ordenadas el contenido del peso de agua en aire, y en abscisas la temperatura de la mezcla gaseosa.

Se encuentra allí, en tanto en cuanto a parámetros , las curvas de saturación para presiones totales del aire húmedo de 1 a 100 atmósferas y las curvas de saturación para 1 atmósfera absoluta y los grados de humedad relativa de 80, 65, 50 y 30%.

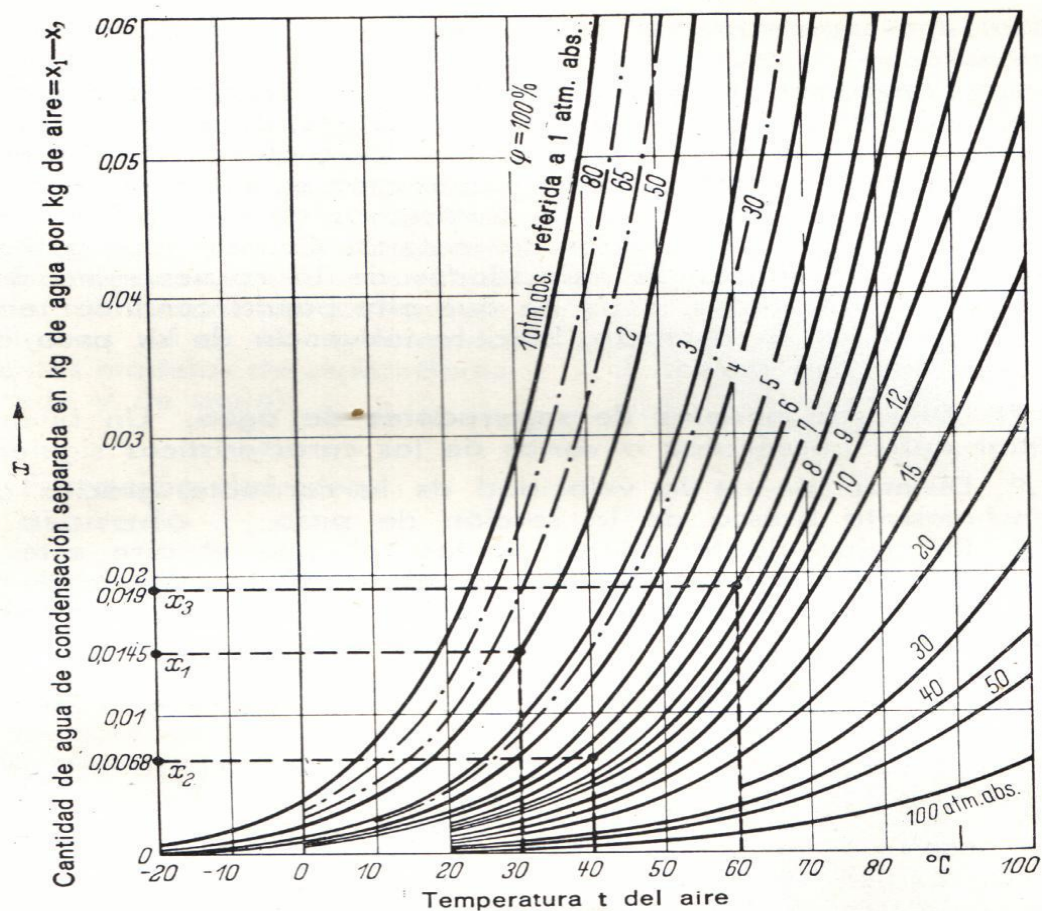


Fig. 43. Diagrama para la determinación de la cantidad de agua de condensación.

Ejercicio de aplicación:

Determine cual es la cantidad de agua que se condensa en el aire comprimido cuando el compresor aspira aire con una humedad relativa $\phi = 50\%$ a 30°C y a 1 atmósfera de presión.

El aire es comprimido a 7 atmósferas absolutas, siendo la temperatura de salida del tanque acumulador de 40°C .

Si el caudal del compresor es de 5 m³ por minuto calcule cuanta agua deberá drenarse por la purga.

Resolución:

a) Se busca primeramente el punto donde la curva de $\phi = 50\%$ (para 1 atmósfera) se corta con la vertical que corresponde a 30°C que corresponde a la temperatura de admisión.

b) Se traza una horizontal a partir de ese punto y se lee el valor de los Kg de agua por Kg de aire que corresponde a la saturación a esa temperatura y presión, para nuestro caso 0,0145 Kg de agua sobre Kg de aire.

c) Se busca ahora el punto que corresponde a 7 atmósferas y 40°C que corresponde a la condición de salida del aire.

Se traza la horizontal y nos queda 0,0068 Kg de agua sobre Kg de aire para la salida.

Restamos ahora el valor de la salida sobre el que ha ingresado dándonos el agua que quedo en el deposito.

$$\text{Peso de agua condensada por Kg de aire} = 0,0145 - 0,0068 = 0,0077$$

Si ahora calculamos el peso especifico del aire como:

$$\gamma = 1,293 \frac{273}{273 + t} \frac{P_b}{760} \quad [\text{Kg/m}^3]$$

Donde:

t Temperatura en grados centígrados

Pb Presión en milímetros de mercurio

Para nuestro caso tomaremos la temperatura de entrada y una presión de 760 mm de mercurio que corresponden a una atmósfera por lo cual el peso específico del aire será:

$$1,164 \text{ Kg/m}^3$$

Si nuestro compresor bombea 5 m³ por minuto el peso del aire ingresante será:

$$5 \text{ [m}^3\text{/minuto]} \times 1.164 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 5,84 \text{ [kg/minuto]}$$

Nuestro compresor bombea entonces 5.84 Kg de aire por minuto, si recordamos que cada kilo de aire nos producía 0.077 Kg de agua tendremos.

$$\text{Peso del agua} = 0.077 \text{ [kg agua/kg aire]} \times 5.84 \text{ [kg aire/ minuto]} = 0.44 \text{ [Kg agua/minuto]}$$

Es decir nuestro compresor generara casi medio litro por minuto de agua en estado liquido que quedara depositada en el fondo del tanque de nuestro compresor.

Bibliografía:

Manual de las tecnicas del aire comprimido POKORNY (1968)
