

Las turbinas de gas admiten un flujo volumétrico constante de aire, pero la producción de potencia es proporcional al flujo másico de este, por lo que suele disminuir en verano.

Nos proponen para las nuestras un sistema de pretratamiento que consiste en hacer circular el aire de entrada a través de una matriz porosa de algodón humedecida en continuo con agua, que funcionaría solo en verano. El agua se toma de la sobrante que se recoge en la parte inferior de la unidad, más un pequeño flujo de refresco. Sugieren instalar este sistema a la salida de un largo tramo de galería subterránea ya existente, que cambia la T del aire +3 °C en invierno y -3 °C en verano, y justo antes de entrar a las turbinas.

Las condiciones promedio del aire ambiente (Madrid) son 710 mmHg y :

Invierno: T seca 6 °C, humedad relativa 72 %

Verano : T seca 25 °C, humedad relativa 35 %

a) ¿Cual es la diferencia porcentual de producción de potencia en verano (con y sin el sistema propuesto) con respecto al invierno?

b) ¿Se podría estimar el consumo de agua (por kgAS)?

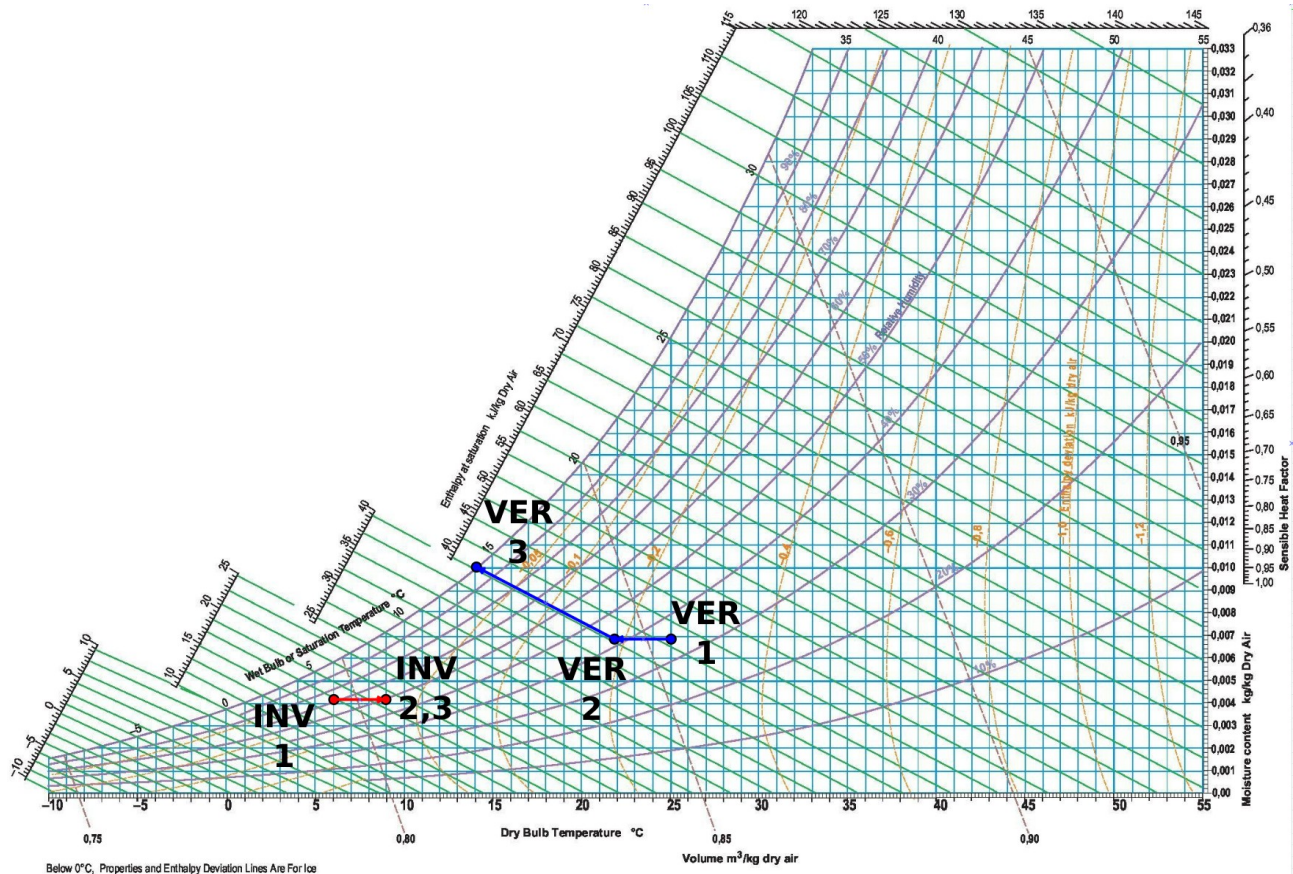
Para aire húmedo, y para Y en [kg/kgAS]:

$$\begin{aligned} C_{pG} &= 1.005 + 1.88*Y & [\text{kJ/kgAS/K}] \\ V_G &= (2.83E-3 + 4.56E-3*Y)*T[K]*(760/P[\text{mmHg}]) & [\text{m}^3/\text{kgAS}] \\ H_G &= (1.005 + 1.88*Y)*T[^\circ\text{C}] + 2501.4*Y & [\text{kJ/kgAS}] \end{aligned}$$

SOLUCIÓN

Si el caudal es constante, el flujo másico y la potencia serán proporcionales a la densidad.

La galería subterránea se comporta como un calentamiento/enfriamiento sin contacto con agua, a humedad absoluta constante, y el elemento de algodón humedecido como un saturador adiabático.



Invierno

En el diagrama se puede situar INV1 (6 °C, 72 %): $Y_1 = 0.0044 \text{ kg/kgAS}$. Y_2 tiene el mismo valor y $6 + 3 = 9 \text{ °C}$, con lo que situamos INV2 y calculamos su volumen específico y densidad:

$$V_{INV} = (2.83E-3 + 4.56E-3 \cdot 0.0044) \cdot (9 + 273.15) \cdot (760/710) = 0.8608 \text{ m}^3/\text{kgAS}$$

$$\rho_{INV} = (1 + Y) / V_{INV} = (1 + 0.0044) / 0.8608 = \mathbf{1.1669 \text{ kg/m}^3}$$

(Donde hemos pasado de kgAS a kg ; no hacerlo no se tomará como un error)

Verano

En el diagrama se puede situar VER1 (25 °C, 35 %): $Y_1 = 0.0073 \text{ kg/kgAS}$. Y_2 tiene el mismo valor y $25 - 3 = 22 \text{ °C}$, con lo que situamos VER2 y calculamos:

$$V_{VER} = (2.83E-3 + 4.56E-3 \cdot 0.0073) \cdot (22 + 273.15) \cdot (760/710) = 0.9046 \text{ m}^3/\text{kgAS}$$

$$\rho_{VER} = (1 + Y) / V_{INV} = (1 + 0.0073) / 0.9046 = \mathbf{1.1135 \text{ kg/m}^3}$$

Estas son las condiciones en verano a la salida de la galería, **SIN** sistema de enfriamiento.

La saturación adiabática desde este punto nos da las condiciones **CON** sistema de enfriamiento (VER3):

$$T_s = 14 \text{ °C} ; Y_s = 0.0105 \text{ kg/kgAS}$$

$$V_{VER} = (2.83E-3 + 4.56E-3 \cdot 0.0105) \cdot (14 + 273.15) \cdot (760/710) = 0.8847 \text{ m}^3/\text{kgAS}$$

$$\rho_{VERCON} = (1 + Y_s) / V_{INV} = (1 + 0.0105) / 0.8847 = \mathbf{1.1423 \text{ kg/m}^3}$$

Las variaciones porcentuales SIN/CON sistema de enfriamiento con respecto al invierno:

$$\text{incSIN} = (\text{rho3VERSIN} - \text{rhoINV}) / \text{rhoINV} * 100 = \mathbf{-4.57 \%}$$

$$\text{incCON} = (\text{rho3VERCON} - \text{rhoINV}) / \text{rhoINV} * 100 = \mathbf{-2.11 \%}$$

Para estimar el consumo de agua podemos hacer la diferencia de humedades absolutas entre el aire a la salida (VER3) y a la entrada (VER2) del sistema de enfriamiento:

$$\text{VVER} = Y_s - Y_2 = 0.0105 - 0.0073 = \mathbf{0.0032 \text{ kg/kgAS}}$$