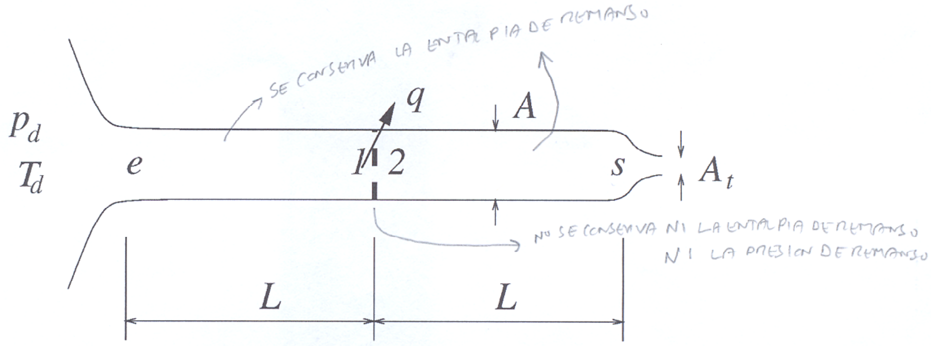
6.1 Por un tubo recto de sección constante A y longitud $2L$ ($L \gg A^{1/2}$) se descarga al vacio el aire de un depósito infinitamente grande cuya presión y temperatura son respectivamente p_d y T_d. A la salida del tubo hay una tobera convergente de área mínima A_t, tal que $A_t/A = 0.8806$. El tubo está aislado termicamente, excepto en la sección central, donde se extrae una cierta cantidad de calor, de modo que la relación entre los números de Mach inmediatamente antes (M_1) e inmediatamente despues (M_2) de esta sección es $M_1/M_2 = 2.167$. Sabiendo que el movimiento del aire en el tubo es tal que el coeficiente de fricción no depende de la viscosidad, con $2\lambda L/(D) = 10$, se pide:

1. Calcular el número de Mach en las secciones e, 1, 2 y s.
2. Obtener el gasto $G/(\rho_d a_d A)$, donde ρ_d y a_d son los valores conocidos de la densidad y de la velocidad del sonido en el depósito.
3. Determinar las presiones y temperaturas en las secciones e y 1 referidas a p_d y T_d, respectivamente.
4. Calcular el calor que se extrae por unidad de masa, q, dandolo en la forma q/h_d, donde h_d es la entalpía en el depósito.
5. Obtener las presiones y temperaturas en las secciones 2 y s referidas a p_d y T_d, respectivamente.



1) LA TUBERIA ESTA BLOQUEADA $M_T=1$. ASUMIENDO FLUJO IDEAL EN TOBERA, LO QUE ESTA JUSTIFICADO DADA SU CORTA LONGITUD Y LA ACELERACION QUE SUFRE EL FLUIDO ($\frac{U_f}{J}\downarrow$), SE OBTIENE CON $\frac{A^*}{A} = 0.8806 \rightarrow M_s = 0.65$. DEL GRAFICO DE TUBOS CON FRICCION CON $M(L) = 0.65$ Y $\frac{2\lambda L}{D} = 10$, OBTENEMOS $M_2 = 0.3$ Y $\frac{P_{02}}{P_s} = 2.4$. POR OTRA PARTE, $M_1 = M_2 \times 2.167 = 0.65$. DE NUEVO, DEL GRAFICO DE TUBOS $M_e = 0.3$ Y $P_{0e}/P_1 = 2.4$

2) $G = \rho_e V_e A = A \rho_d a_d \frac{\rho_e}{\rho_d}\frac{V_e}{a_e}\frac{a_e}{a_d} = A\rho_d a_d \frac{M_e}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_e^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}} = 0.284 \times A\rho_d a_d$ (O, DIRECTAMENTE, $\frac{G}{G^*} = .491$ (DEL GRAFICO), $G^* = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \rho_d a_d A$

3) COMO $M_e = 0.3$ Y $\left.\begin{array}{l} T_{0e} = T_d \\ P_{0e} = P_d \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} T_e = 0.9823\, T_d \\ P_e = 0.9395\, P_d \end{array}$

POR OTRA PARTE, $T_{01} = T_{0e} = T_d \rightarrow \frac{T_d}{T_1} = \left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_1^2\right) \rightarrow T_1 = 0.922\, T_d$

COMO $\boxed{P_1 = \frac{P_{0e}}{2.4} = \frac{P_d}{2.4} = 0.416\, P_d}$

4) $\frac{F^2(M_2)}{F^2(M_1)} = 1 - \frac{q}{h_d} \rightarrow \frac{q}{h_d} = 0.6$

5) $P_1 + \rho_1 U_1^2 = P_2 + \rho_2 U_2^2 \Rightarrow P_2 = P_1 \frac{(1+\gamma M_1^2)}{1+\gamma M_2^2} = 0.5879\, P_d$, ADEMAS

$h_1\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_1^2\right) - q = h_2\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2\right)$

$\frac{T_2}{T_1} = \left(1-\frac{q}{h_d}\right)\frac{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_1^2\right)}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2\right)} = 0.4261$

$T_2 = 0.3928\, T_d$

$T_{0s} = T_{02} = T_2\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2\right) = 0.3998\, T_d$, $T_s = T_{0s}/\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_s^2\right) = 0.3686\, T_d$.

$P_{02} = 0.6257\, P_d \rightarrow P_s = 0.2607\, P_d$