Problema 19

19.1 Enunciado

Se desea construir una turbomáquina para elevar agua a una altura de 100 m, impulsando un caudal de 0,4 m3 /s girando a 1490 rpm.

En el proceso de diseño de la máquina se desea utilizar el diagrama de Balje.

Hallar :

1. El diámetro del rodete, el triángulo de velocidades en la periferia, el ancho del rodete en la periferia, y el rendimiento de la máquina. Sabiendo que no se quiere sobrepasar una velocidad de c_{2m}=7 m/s. Considerar que la máquina está trabajando en el punto óptimo de funcionamiento, y que e_z=0,85. El rendimiento hidráulico es del 99%.

2. Dicha máquina se pretende instalar entre dos depósitos, cuya diferencia de cotas es de 82 m. Hallar la ecuación de la curva característica del sistema para que el punto de funcionamiento sea el anteriormente indicado.

3. Se ha ensayado una bomba con un rodete idéntico al propuesto aunque tres veces menor, esta bomba ensayada consta de dos rodetes. Obteniendo que aparecía cavitación incipiente cuando la velocidad de circulación en la brida de aspiración era de 3 m/s, estando la bomba situada 2,5 m por encima del nivel del depósito. Dicha bomba da una altura de elevación de 80 m .

Determinar en que cota habrá que situar el prototipo si queremos un margen de seguridad de 1 m.

4. Sabiendo que la curva característica de la bomba es del tipo $H = K_1 – K_2·Q_2$, y que tiene su origen en H=110 m. Hallar la velocidad ha que ha de girar el rodete para que el caudal aumente un 15% (Aplicar al caso inicial).

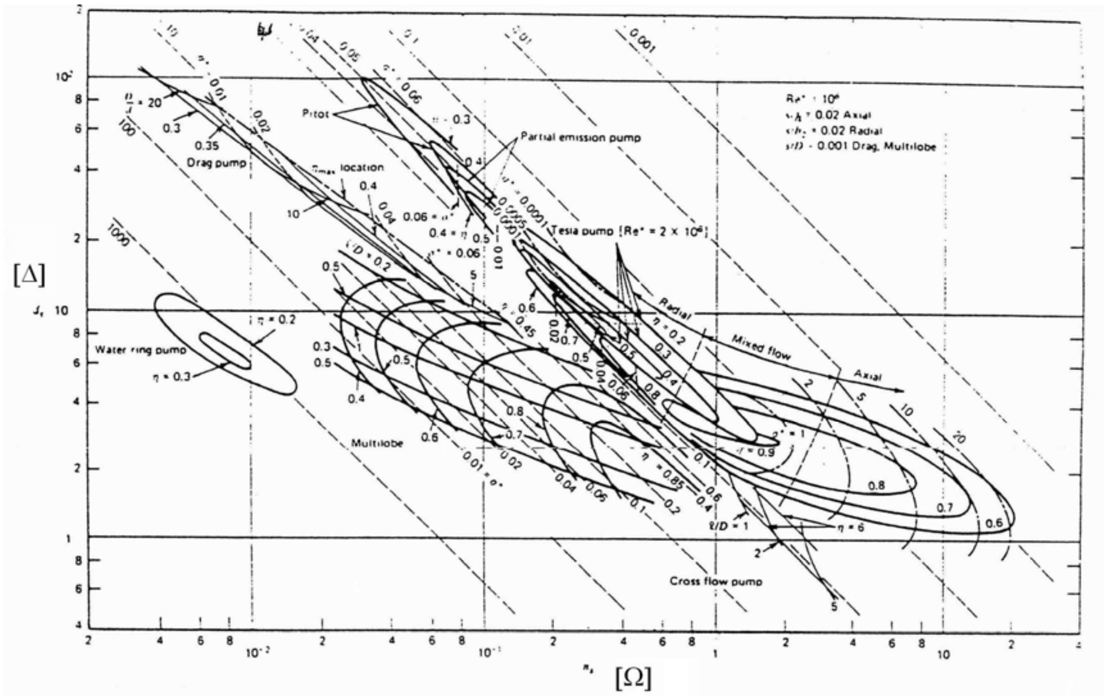

Figura 19.1 Diagrama de Cordier.

19.2 Resolución

1. Se determina el tipo de máquina:

$$\Omega = W \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{Y^{\frac{3}{4}}_{t\infty}} = 1490 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \frac{0,4^{\frac{1}{2}}}{(100 \cdot 9.8)^{\frac{3}{4}}} = 0,563 \rightarrow \text{Máquina Radial}$$

En el gráfico del enunciado (Diagrama de Cordier) vemos que el rendimiento óptimo corresponde a los siguientes valores:

$$\Delta = 4 \qquad \eta = 0,8$$

Para calcular el diámetro del rodete se utilizará la siguiente expresión:

$$\Delta = D \cdot \frac{Y^{\frac{1}{4}}}{Q^{\frac{1}{2}}}$$

$$D = \Delta \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{Y^{\frac{1}{4}}} = 4 \cdot \frac{0,4^{\frac{1}{2}}}{980^{\frac{1}{4}}} = 0.452\text{m}$$

La componente tangencial U_2 del triángulo de velocidades se determina:

$$U_2 = W \cdot R_2 = 1490 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \frac{0,452}{2} = 35,26 \mathrm{m/s}$$

La energía por unidad de masa teórica y para flujo congruente es:

$$Y_{t\infty} = U_2 \cdot C_{2U} - U_1 \cdot C_{1U}$$

$$Y_{t\infty} = \frac{Y}{e_z \cdot \eta_h} = \frac{100 \cdot 9,8}{0,85 \cdot 0,99} = 1164,58 \mathrm{J/Kg}$$

Cálculo de la componente C_{2u} del triángulo velocidades.
Puesto que el rendimiento es el optimo, se puede considerar la entrada como entrada radial, de donde:

$$C_{2U} = \frac{Y_{t\infty}}{U_2} = \frac{1164,58}{35,26} = 33,028 \mathrm{m/s}$$

Cálculo de la anchura del rodete en la periferia, mediante la utilización de la ecuación de continuidad:

$$Q = S \cdot C_{2m} = \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot C_{2m}$$

$$b_2 = \frac{Q}{\pi \cdot D_2 \cdot C_{2m}} = \frac{0,4}{\pi \cdot 0,452 \cdot 7} = 0,0402 \mathrm{m}$$

En la figura 19.2, está representado el triángulo de velocidades de la salida de la bomba.

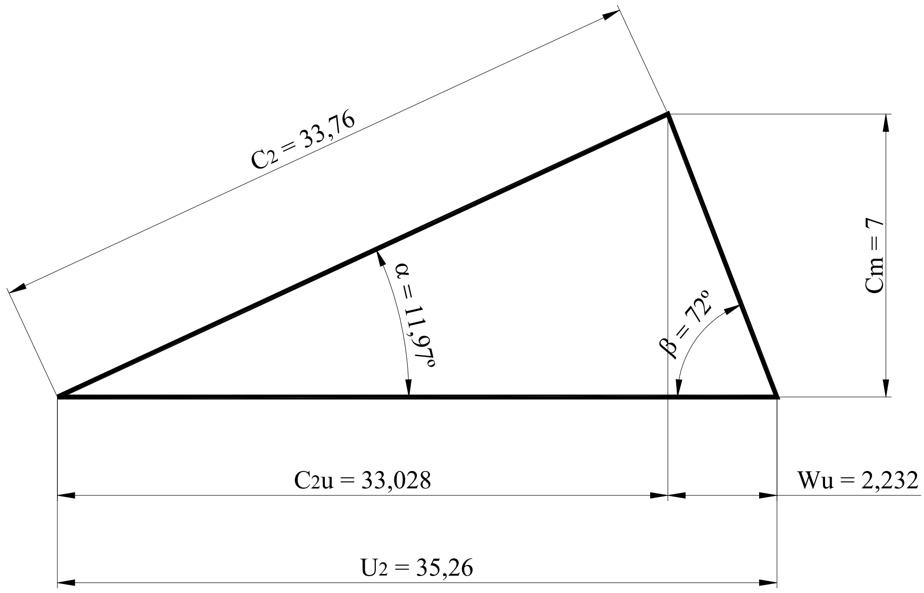

Figura 19.2

2. Curva característica del sistema.

Puesto que la diferencia de cotas entre los dos depósitos es de 82 m, la energía disponible para vencer las pérdidas por rozamiento en los conductos es de 100 – 82 = 18 m, con lo cual:

$$H = K \cdot Q^2$$

$$K = \frac{18}{0,4^2} = 112,5$$

$$H = 112,5 \cdot Q^2$$

De donde la curva característica del sistema será:

$$H_{sistema} = 82 + 112,5 \cdot Q^2$$

3. La condición para la aparición de cavitación incipiente es: *NPSHr = NPSHd*
En el ensayo efectuado con la bomba de dos rodetes de diámetro 1/3 de la bomba construida se tiene:

$$\frac{P_d}{\rho \cdot g} = \Delta z + \Delta h + \frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{P_v}{\rho \cdot g} + NPSHr$$

Sustituyendo por los valores conocidos y despreciando a priori las pérdidas de carga en el tramo de aspiración, queda:

$$NPSHr = 10,3 - \left(2,5 + \frac{3^2}{2 \cdot 9,8} + 0,25 \right) = 7,09m$$

El número de thoma para esta bomba será:

$$\sigma = \frac{NPSH_r}{H} = \frac{7,09}{\frac{80}{2}} = 0,177$$

Con lo cual, el valor del $NPSH_r$ para la bomba original vendrá dado:

$$NPSH_r = \sigma \cdot H = 0,177 \cdot 100 = 17,7m$$

La cota a la que deberá situarse esta bomba se obtendrá de la ecuación:

$$\frac{P_d}{\rho \cdot g} = \Delta z + \Delta h + \frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{P_v}{\rho \cdot g} + NPSH_d$$

Por falta de datos, se va a suponer que las pérdidas de carga en la aspiración, así como el término de energía cinética son prácticamente despreciables, con lo cual:

$$\Delta z = \frac{P_d}{\rho \cdot g} - NPSH_d = 10,3 - 17,7 - 0,25 = -7,65\,m$$