UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Hidráulica

Cátedra de HIDRÁULICA GENERAL

CALCULO DE TUBERIAS A PRESION
COMPARACION DE METODOS

ING. A. GUITELMAN

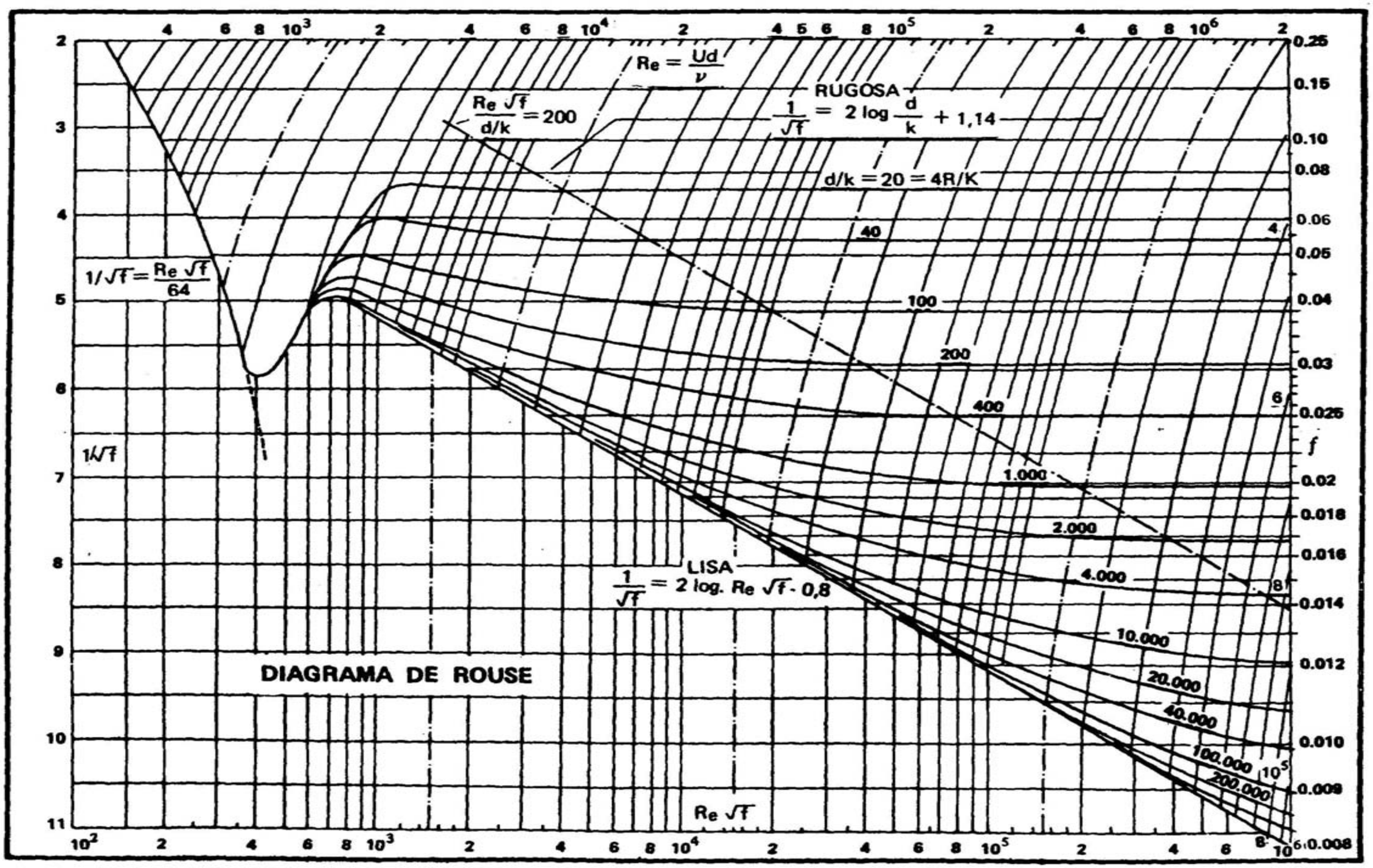

Diagrama Universal de fricción de ROUSE

1.1.- USOS DEL GRÁFICO DE ROUSE

1.1.1.- Cálculo de la pérdida de carga

En este caso son datos:

- El caudal Q, en m^3/s.
- La longitud ΔL de la conducción, en m.
- El diámetro interno D de la conducción, en m.
- La viscosidad cinemática υ, en m^2/s, que se puede obtener de la Figura 5.8 en función de la temperatura.
- La rugosidad absoluta k del material.

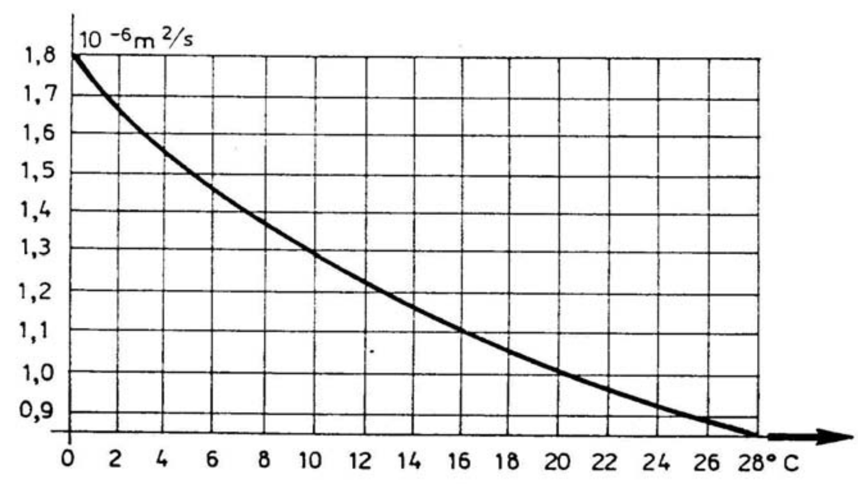

Figura 5.8
Viscosidad cinemática en función de la temperatura

1º- Se calculan:

$$\Omega = \frac{\pi D^2}{4} \quad ; \quad U = \frac{Q}{\Omega} \quad ; \quad Re = \frac{U D}{\upsilon} \quad y \quad \frac{D}{k}$$

2º- Con Re y D/k se determina "f" del diagrama.

3º- Con "f" se calculan:

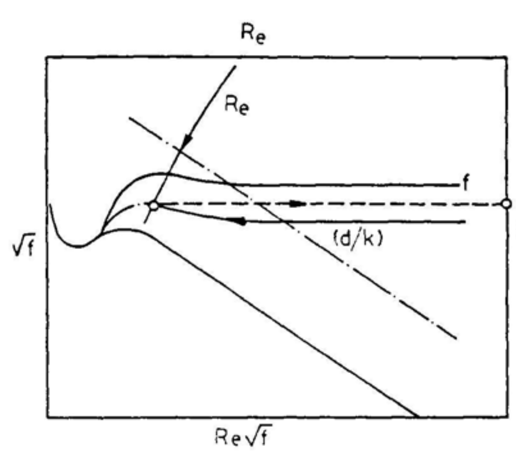

Figura 5.9
Evolución en el diagrama de ROUSE en el cálculo de j

$$j = \frac{f}{D}\frac{U^2}{2g}$$

Y, finalmente,

$$\Delta J = j \; . \; \Delta L$$

1.1.2.- Cálculo de verificación (Determinación del Caudal)

En este caso son datos: ΔJ, ΔL, D, υ y k. La evolución en el diagrama se brinda en la Figura 5.10 y, obviamente, la incógnita es Q. Debe procederse como sigue:

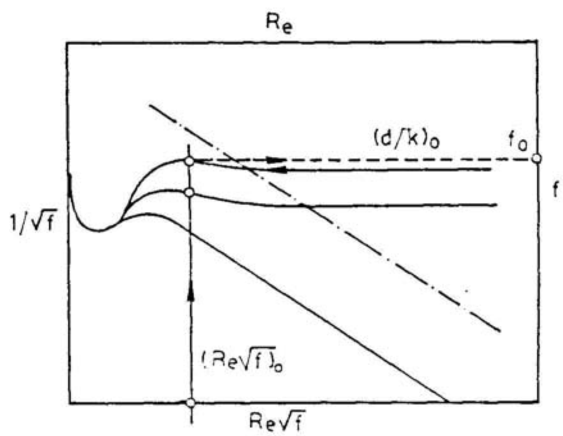

Figura 5.10
Evolución en el diagrama de ROUSE para el cálculo de Q

1º- Se calculan:

$$j = \frac{\Delta J}{L} \; ; \; \frac{D}{k} \; ; \; \frac{D^{1,5}}{\upsilon}\sqrt{2g\,j} = Re\sqrt{f}$$

2º- Trayendo una horizontal en el diagrama a partir de la intersección de los valores $Re\sqrt{f}$ y D/k se determina "f".

3º- Con "f" se calcula:

$$Q = U\,\Omega = U\,\frac{\pi\,D^2}{4} = \pi\,\frac{D^{2,5}}{4}\sqrt{\frac{2g\,j}{f}}$$

1.1.3.- Cálculo del diámetro

En este caso son datos: ΔJ, ΔL, υ, k y Q. La incógnita es D y la evolución en el diagrama es la de la Figura 5.11.

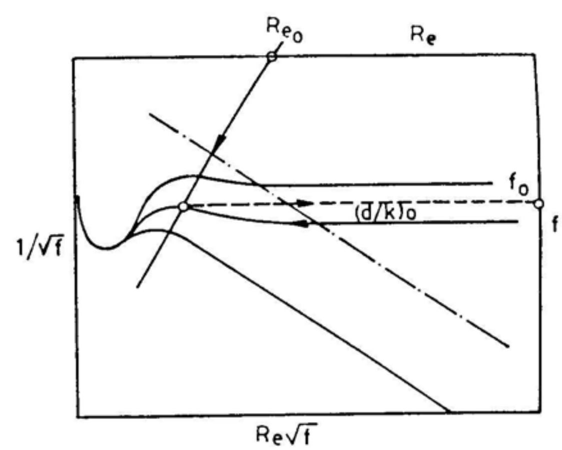

Figura 5.11
Evolución en el diagrama de ROUSE para el cálculo del diámetro.

1º- Elaboración de ΔJ.

De la (5.4):

$$\Delta J = \frac{f\,\Delta L}{D}\,\frac{U^2}{2g} \qquad \text{pero} \qquad U = \frac{Q}{\Omega}$$

$$\therefore\ \Delta J = f\,\frac{\Delta L}{D}\,\frac{16\,Q^2}{2g\,\pi^2 D^4} = \frac{8\,\Delta L\,Q^2}{\pi^2 g\,D^5}\,f$$

Despejando D^5, se tiene:

$$D^5 = \frac{8\,\Delta L\,Q^2}{\pi^2\,g\,\Delta J}\,f$$

Haciendo:
$$\frac{8\,\Delta L\,Q^2}{\pi^2\,g\,\Delta J} = C_1$$
(5.13)

La anterior queda: $D^5 = C_1\,f$
(5.14)

Por otra parte, el número de Reynolds puede elaborarse como sigue:

$$Re = \frac{UD}{\upsilon} = \frac{Q}{\Omega}\,\frac{D}{\upsilon} = \frac{4\,Q\,D}{\pi^2 D^2\upsilon} = \frac{4Q}{\pi\upsilon}\,\frac{1}{D} = \frac{C_2}{D}$$

$$\therefore\ Re = \frac{C_2}{D}$$
(5.15)

$$\text{con} \quad C_2 = \frac{4\,Q}{\pi\,\upsilon}$$
(5.16)

Para la determinación del diámetro se procede así:

1- Se calculan las constantes C_1 y C_2 dadas por la (5.15) y (5.16).

2- Se adopta un valor de f arbitrario.

3- Se calcula $D^5 = C_1 f$ y en consecuencia D.

4- Se calcula $Re = C_2/D$.

5- Con Re y D/k, se verifica en el gráfico el valor de f adoptado, trazando una horizontal a partir de la intersección de ambas funciones.

1.2.- PÉRDIDAS LOCALIZADAS

En términos generales, las pérdidas locales se evalúan experimentalmente para cada accesorio, como parte de la energía cinética del escurrimiento y con la expresión:

$$J_l = K_l \frac{U^2}{2g}$$

(5.17)

En la que: - J_l es la pérdida de energía localizada en (m).

- K_l es un coeficiente función de cada accesorio en particular.

La "longitud equivalente" se deduce de la siguiente igualdad:

$$J_l = K_l \frac{U^2}{2g} = f \frac{L_l}{D} = \frac{U^2}{2g}$$

De donde:

$$L_l = \frac{2g\,J_l}{f\,U^2} D$$

Pero como $U = \frac{Q}{\Omega}$ y $\Omega = \frac{\pi D^4}{4}$ tendremos:

$$L_l = \frac{2g\,J_l}{f\,Q^2}\frac{\pi^2 D^4}{16} D = \frac{\pi^2\,g\,J_l}{8f\,Q^2} D^5 = \phi D^5$$

(5.18)

Donde: $$\phi = \frac{\pi^2 g J_1}{8 f Q^2}$$

(5.19)

Las (5.18) y (5.19) permiten a los fabricantes estimar rangos de "longitudes equivalentes" en función del diámetro.

TIPO DE PIEZA	**LONGITUD EQUIVALENTE** (Expresada en Número de Diámetros)
Ampliación Gradual	12
Codo de 90°	45
Codo de 45°	20
Curva de 90°	30
Curva de 45°	15
Entrada Normal	17
Entrada con bordes	35
Unión	30
Reducción Gradual	6
Válvula Esclusa	8
Válvula en Ángulo	170
Válvula de Globo	350
Salida de Conducto	35
Paso Directo	20
Salida de Lado	50
Salida bilateral	65
Válvula de Pie y Colador (bombas)	250
Válvula de Retención	100

Tabla 5.2

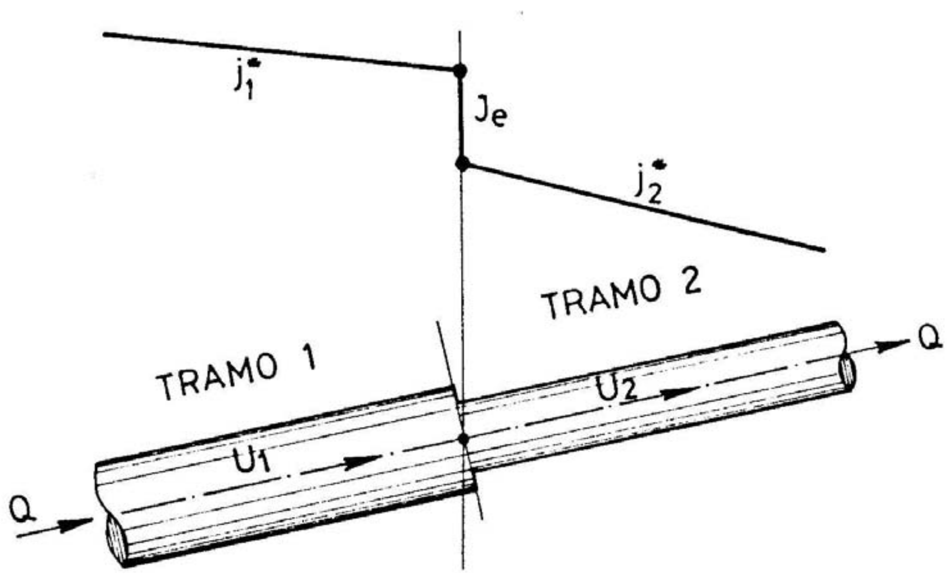

Figura 5.12
Pérdida Localizada “Transición Brusca

VERIFICACION HIDRAULICA :

COMPARACION DE METODOS DE CALCULO

ABACO UNIVERSAL

DATOS

$L := 25000$ m $k := 0.000100$ m (rugosidad)

$D := 1.1$ m $C := 144$

$\nu := 1.2 \cdot 10^{-6}$ m2/s (viscosidad)

$Q := 1.273$ m3/s $\Omega := \pi \cdot \frac{D^2}{4}$ $\Omega = 0.9503$

$U := \frac{Q}{\Omega}$ $U = 1.3395$ m/s

Numero de Reynolds

$Re := D \cdot \frac{U}{\nu}$ $Re = 1.2279 \times 10^6$ $D1 := \frac{D}{k}$

$f := 0.01$ (estimado para la primera iteracion en Colebrook White)

con COLEBROOK - WHITE

$$f := \mathrm{root}\left(\frac{1}{\sqrt{f}} - 2\cdot\log(D1) - 1.14 + 2\cdot\log\left(1 + 9.35\cdot\frac{D1}{Re\cdot\sqrt{f}}\right), f\right)$$

$f = 0.01307$ Coeficiente de friccion

Perdida de Energia :

$$J := f\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{U^2}{2\cdot 9.81}$$

$J = 27.1764$ m

con SWAMEE - JAIN formula que aproxima la de Colebrook White

$$f1 := \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{k}{3.7\cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$f1 = 0.01315$

Perdida de Energia :

$$J := f1\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{U^2}{2\cdot 9.81}$$

$J = 27.3245$ m

con Hazen - Williams

Perdida de Energia :

$$J := \frac{L}{(0.275 \cdot C)^{1.85}} \cdot \frac{Q^{1.85}}{D^{4.85}}$$

$$J = 27.251 \quad m$$

CONCLUSIONES

COMO PODEMOS OBSERVAR , POR CUALQUIERA DE LOS METODOS APLICADOS LA SOLUCION HABITUALMENTE SE ENCUENTRA DENTRO DEL MARGEN DE 10 % DE ERROR .

LA SOLUCION MAS EXACTA , HABITUALMENTE SURGE DE LA APLICACION DE LA ECUACION DE **DARCY WEISBACH Y COLEBROOK WHITE** , O ALGUNA DE LAS FORMULAS QUE APROXIMAN LA MISMA , COMO ES EL CASO DE SWAMEE JAIN . QUE ADEMAS , ES APLICABLE A CUALQUIER FLUIDO INCOMPRESIBLE Y A DIFERENTES TEMPERATURAS .

LA FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS , TIENE LA VENTAJA DE SER UNA FORMULA DE MUY SIMPLE APLICACION , NO REQUIERE MAS QUE EL CUIDADO DE SER APLICABLE **AGUA A 20 GRADOS CENTIGRADOS .**