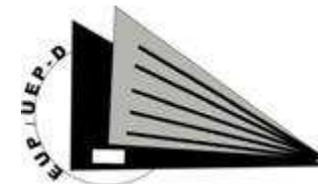
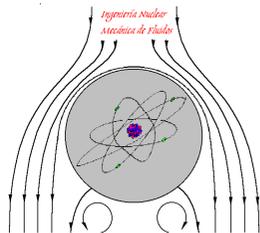


eman ta zabal zazu

# Tema 16: Estudio de Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados



## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### RESISTENCIA AL FLUJO EN CONDUCTOS CERRADOS. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH

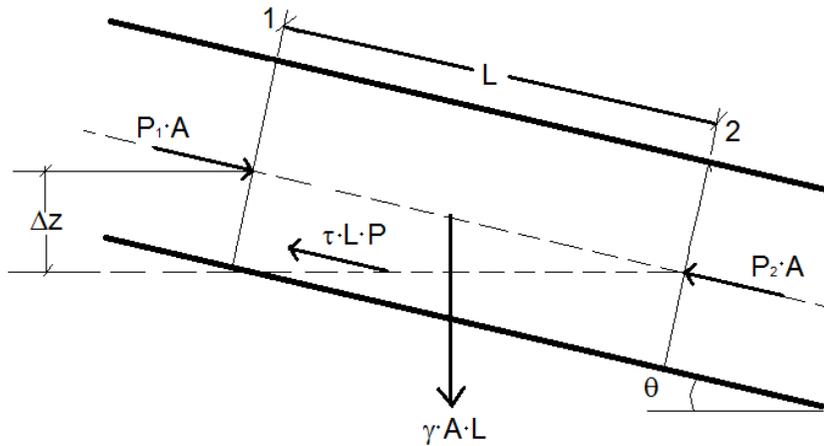


Fig. 16.1 Volumen de control en una tubería cerrada

$$p_1 A - p_2 A + \gamma A L \sin \theta = \tau L P$$

$$\sin \theta = \Delta z / L$$

$$(p_1 - p_2)A + \gamma A \Delta z = \tau L P$$

$$\Delta p A + \gamma A \Delta z = \tau L P$$

$$\Delta p / L + \gamma \Delta z / L = \tau P / A$$

Hipótesis de partida:

- Flujo Turbulento
- Régimen permanente y uniforme
- Fluido incompresible
- Conducto cerrado
- Flujo unidimensional

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### **RESISTENCIA AL FLUJO EN CONDUCTOS CERRADOS. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH**

Según la teoría de la longitud de mezcla de Prandtl:  $\tau = \lambda \rho v^2/2$   
( $\lambda$  es un factor de proporcionalidad adimensional)

$$\Delta p/L + \gamma \Delta z/L = \lambda \rho v^2 P/2 A$$

Siendo el radio hidráulico  $R_H$  cociente entre el área de la sección transversal (A) y el perímetro mojado (P), o  $R_H = A / P$ , se tiene:

$$\Delta p/L + \gamma \Delta z/L = \lambda \rho v^2 / 2 R_H$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones 1 y 2:

$$B_1 - h_f = B_2 \longrightarrow P_1/\gamma + z_1 - h_f = P_2/\gamma + z_2$$

Al ser el régimen permanente y uniforme, las velocidades en 1 y 2 son iguales:

$$(P_1/\gamma - P_2/\gamma) + (z_1 - z_2) = h_f$$

$$\Delta p/\gamma + \Delta z = h_f$$

$$\Delta p + \gamma \Delta z = \gamma h_f$$

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### **RESISTENCIA AL FLUJO EN CONDUCTOS CERRADOS. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH**

$$h_f / L = \lambda \rho v^2 / 2 R_H$$

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{R_H} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Expresión de Darcy-Weisbach, para el caso de conductos cerrados de sección cualquiera.

Para el caso de tubos circulares el valor del radio hidráulico es :

$$R_H = A / P = D/4 \longrightarrow h_f = 4 \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Expresión de Darcy-Weisbach para **conductos circulares**

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### ***TUBOS LISOS Y RUGOSOS DEL DE EL PUNTO DE VISTA HIDRÁULICO. FRONTERAS***

En el capítulo anterior se estudió la capa límite y se mencionó la formación de la subcapa laminar. El espesor de esta subcapa laminar es inversamente proporcional al número de Reynolds, de manera que al aumentar éste el espesor de la subcapa laminar disminuye:

$$\frac{\delta_{sl}}{D} = \frac{11.6}{\text{Re}} \sqrt{\frac{8}{f}}$$

Se denomina  $\varepsilon$  al espesor medio de la rugosidad de las paredes del conducto, característico del material, cuyos valores se encuentran tabulados en el **cuadro 3** del documento de “Cuadros y Ábacos” de la asignatura.

Espesor relativo de la tubería se llama al cociente entre la rugosidad y el diámetro de la tubería:  $\varepsilon / D$

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### **TUBOS LISOS Y RUGOSOS DEL DE EL PUNTO DE VISTA HIDRÁULICO. FRONTERAS**

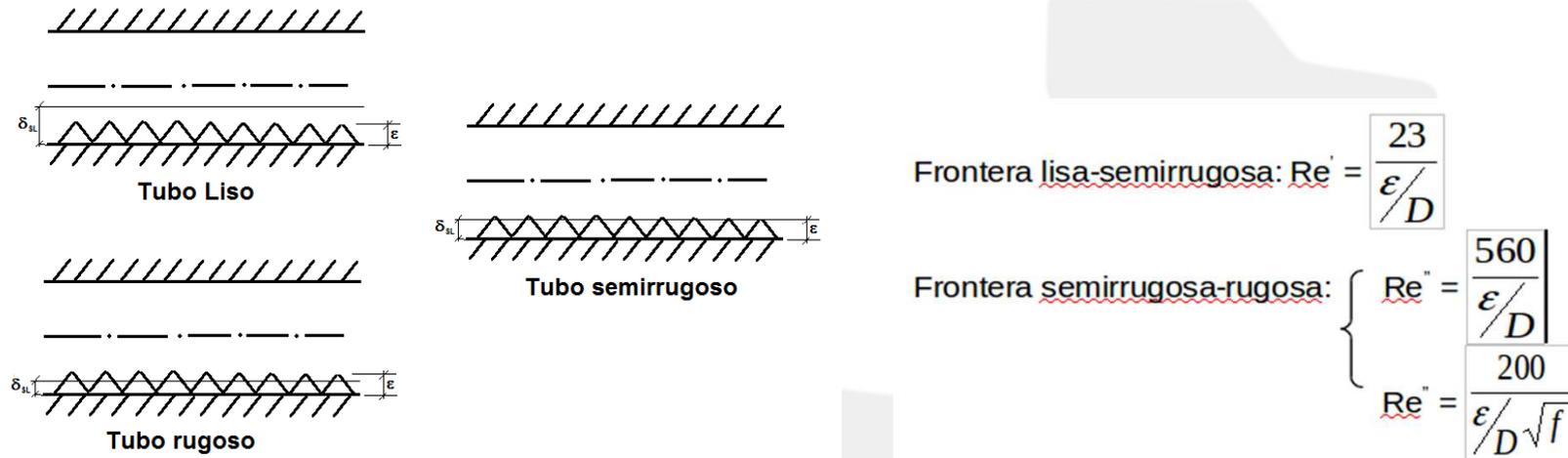


Fig. 16.2 Determinación del comportamiento de una tubería

Se dice que un tubo se comporta como **hidráulicamente liso** cuando el espesor de la subcapa laminar es netamente superior a la altura  $\epsilon$  ( $\delta_{sl} \gg \epsilon$ ).

Se dice que un tubo se comporta como **hidráulicamente rugoso** cuando el espesor de la subcapa laminar es netamente inferior a la altura  $\epsilon$  ( $\delta_{sl} \ll \epsilon$ ).

Se dice que un tubo se comporta como **hidráulicamente semirrugoso** cuando el espesor de la subcapa laminar es del mismo orden de valores de  $\epsilon$ .

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN TUBERÍAS

Tipo de Flujo	Comportamiento de la tubería	Expresión	Coefficiente $f$	$hf$
<b>Flujo laminar</b> $Re \leq 2000$		<u>Hagen-Poiseuille</u>	$f = 64 / Re$	$hf = f(v)$
$2000 < Re < 4000$	<b>Flujo indeterminado</b>	<b>Zona crítica, no se debe de trabajar</b>		
<b>Flujo turbulento</b> $(Re \geq 4000)$	Tubería Lisa $Re < Re' = \frac{23}{\epsilon/D}$	$Re \leq 10^5$ <u>Blasius</u>	$f = 0.316 / Re^{0.25}$	$hf = f(v^{1.75})$
		$Re > 10^5$ <u>Karman-Prandtl</u>	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2.51}$	
	Tubería semirrugosa $Re' \leq Re \leq Re''$	<u>Colebrook- White</u>	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right]$	
	Tubería rugosa $Re > Re'' = \frac{560}{\epsilon/D}$	<u>Karman-Prandtl</u>	$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \frac{3.71}{\epsilon/D} \right]^2}$	$hf = f(v^2)$

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### ***EXPRESIONES PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE FROTAMIENTO***

Expresión aproximada de **P.S.A.K.** para  $Re > 10^5$  y tuberías lisas:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2}$$

Expresión aproximada de **P.S.A.K.** para y tuberías semilisas:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left[ \frac{\varepsilon D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right] \right]^2}$$

# Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

## ÁBACO DE MOODY

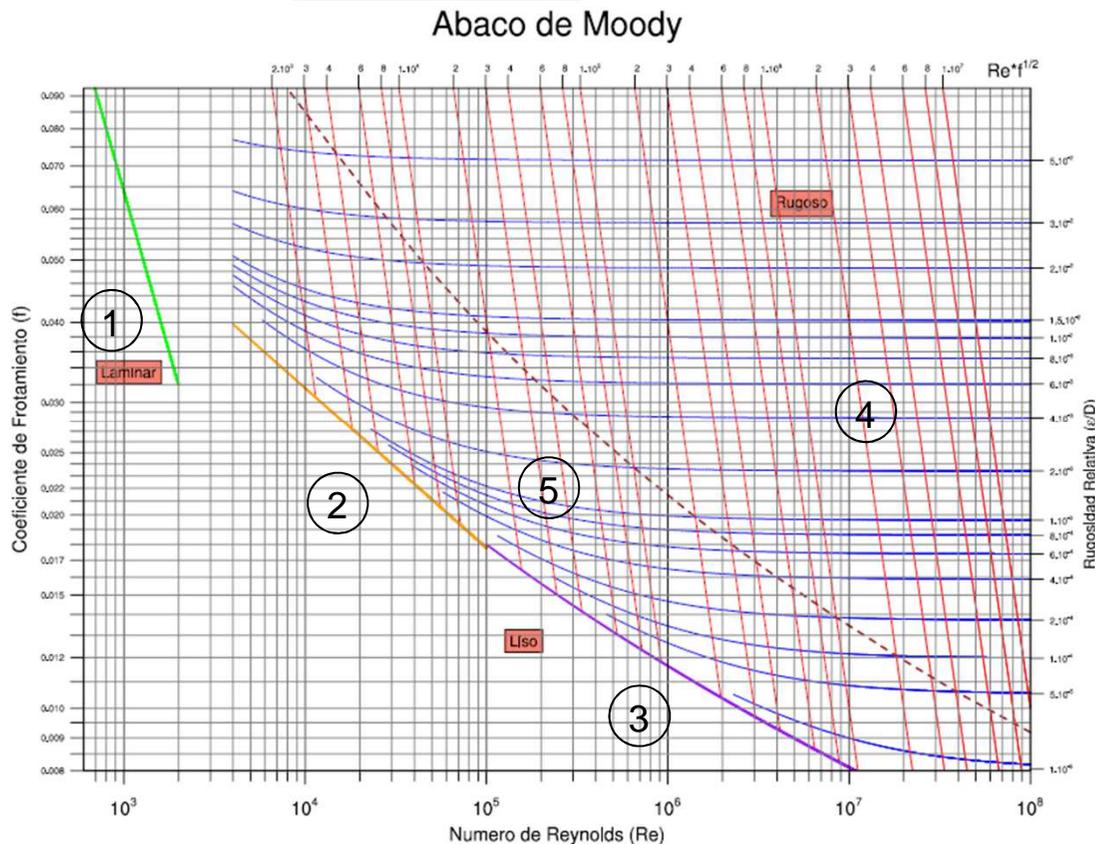


Fig. 16.3 Zonas del ábaco de Moody

- (1) Ecuación: Hagen-Poiseuille; Flujo laminar ( $Re \leq 2000$ ).
- (2) Ecuación: Blasius; Flujo turbulento y tubos lisos ( $4000 \leq Re \leq 10^5$ )
- (3) Ecuación: Karman-Prandtl; Flujo turbulento y tubos lisos ( $Re > 10^5$ )
- (4) Ecuación: Karman-Prandtl; Flujo turbulento y tubos rugosos ( $Re > Re''$ )
- (5) Ecuación: Colebrook-White; Flujo turbulento y tubos semirugosos ( $Re' \leq Re < Re''$ )

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### **UTILIZACIÓN DEL ÁBACO DE MODDY** **TIPOS DE PROBLEMA**

TIPO	DATOS	INCOGNITA
I	$Q, L, D, v, \varepsilon$	$h_f$ (pérdida de carga)
II	$h_f, L, D, v, \varepsilon$	$Q$ (caudal)
III	$h_f, L, Q, v, \varepsilon$	$D$ (diámetro)

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### UTILIZACIÓN DEL ÁBACO DE MOODY TIPOS DE PROBLEMA

#### TIPO I

*Datos:*  $Q$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $\nu$ ,  $\varepsilon$

*Incógnitas:*  $h_f$  (pérdidas de carga)

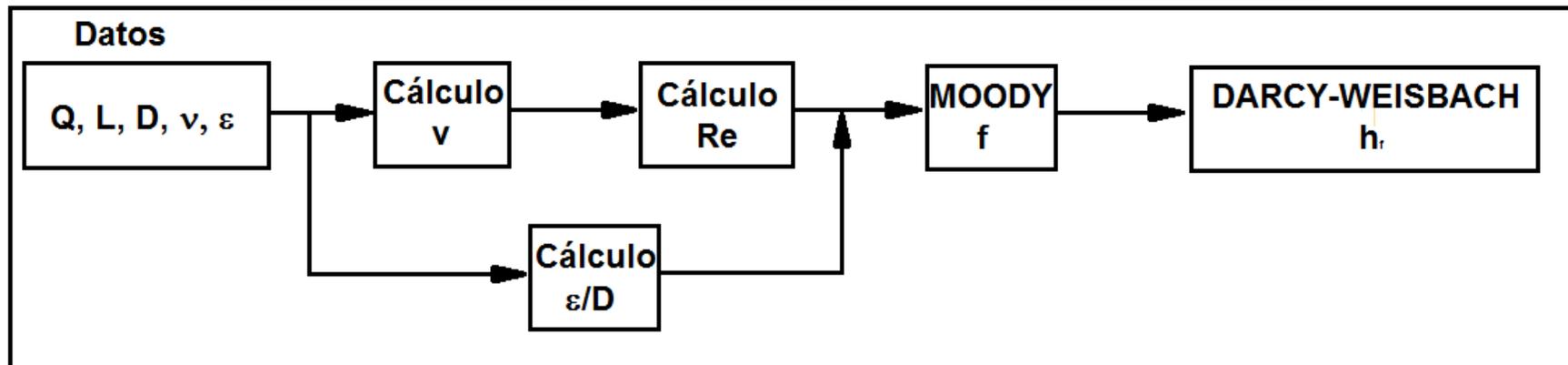


Fig. 16.4 Esquema de resolución de ejercicio tipo I

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### UTILIZACIÓN DEL ÁBACO DE MOODY TIPOS DE PROBLEMA

#### TIPO II

*Datos:*  $h_f$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $\nu$ ,  $\varepsilon$   
*Incógnita:*  $Q$  (caudal)

a)  $h_f = \text{Cte} = K$

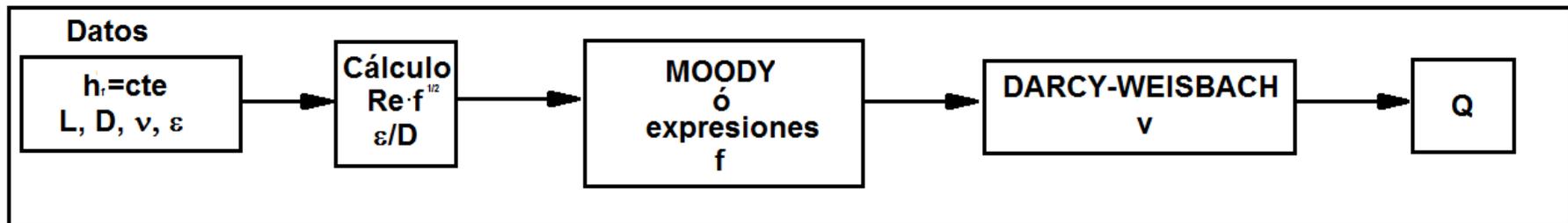


Fig. 16.5 Esquema de resolución de ejercicio tipo IIa)

## Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

### UTILIZACIÓN DEL ÁBACO DE MODDY TIPOS DE PROBLEMA

#### TIPO II

*Datos:*  $h_f$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $v$ ,  $\varepsilon$

*Incógnita:*  $Q$  (caudal)

**b)**  $h_f$  = Expresión matemática

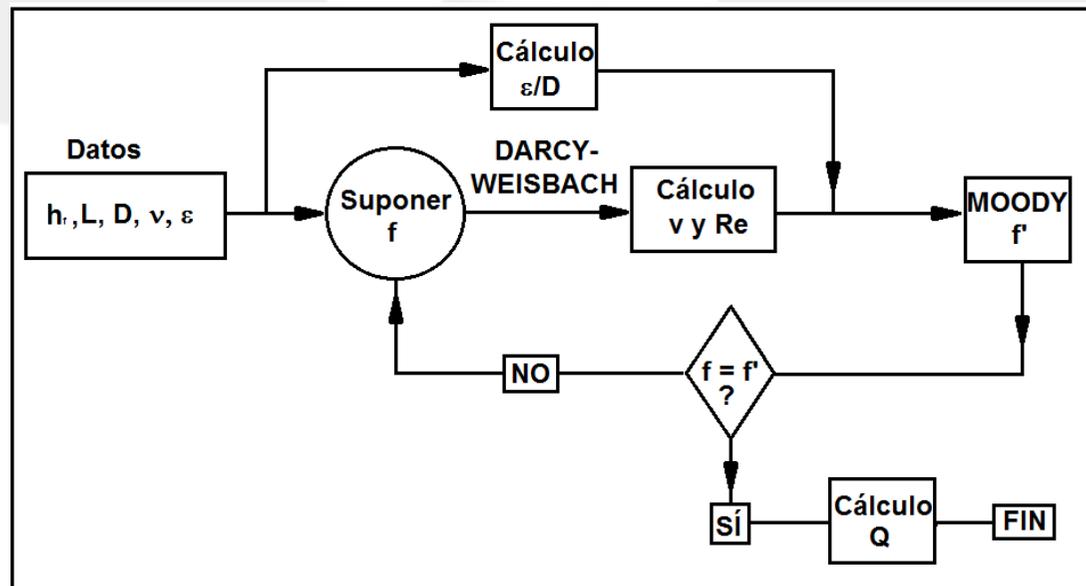


Fig. 16.6 Esquema de resolución de ejercicio tipo IIb)

# Tema 16: Pérdidas de Carga en Conductos Cerrados

## UTILIZACIÓN DEL ÁBACO DE MOODY TIPOS DE PROBLEMA

### TIPO III

Datos:  $h_f$ ,  $L$ ,  $Q$ ,  $v$ ,  $\varepsilon$

Incógnita:  $D$  (diámetro)

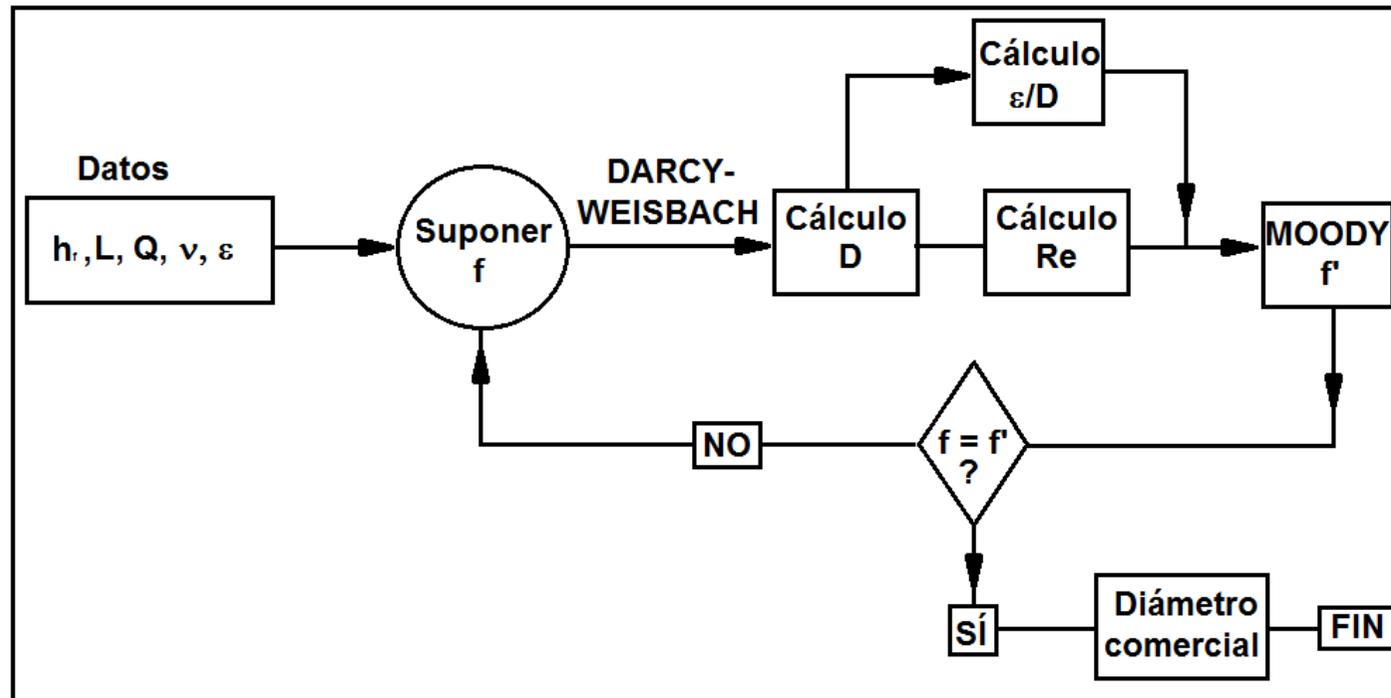


Fig. 16.7 Esquema de resolución de ejercicio tipo III