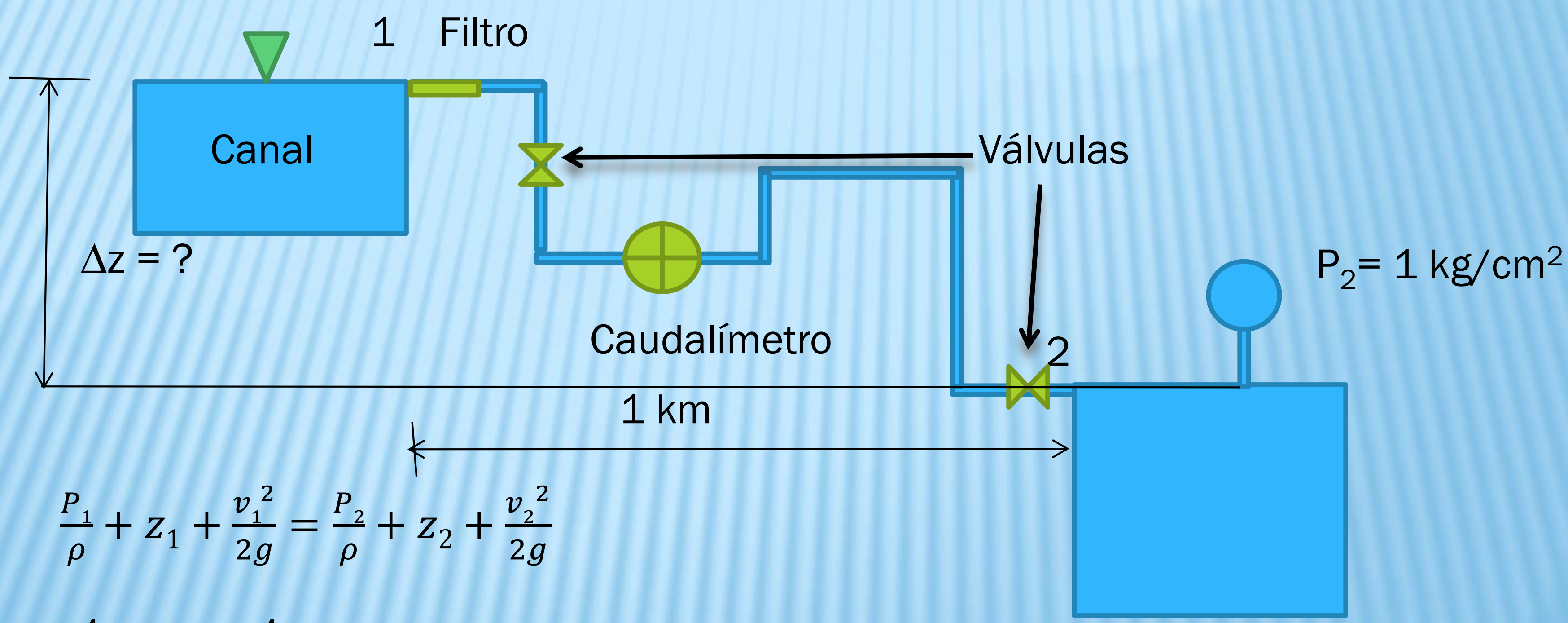
TEMA 5: INFLUENCIA DE LA VISCOSIDAD

Bibliografía

Mecánica de Fluidos. Franzini: Cap 8 y 9

Mecánica de Fluidos. Cengel: Cap 8 Y 11



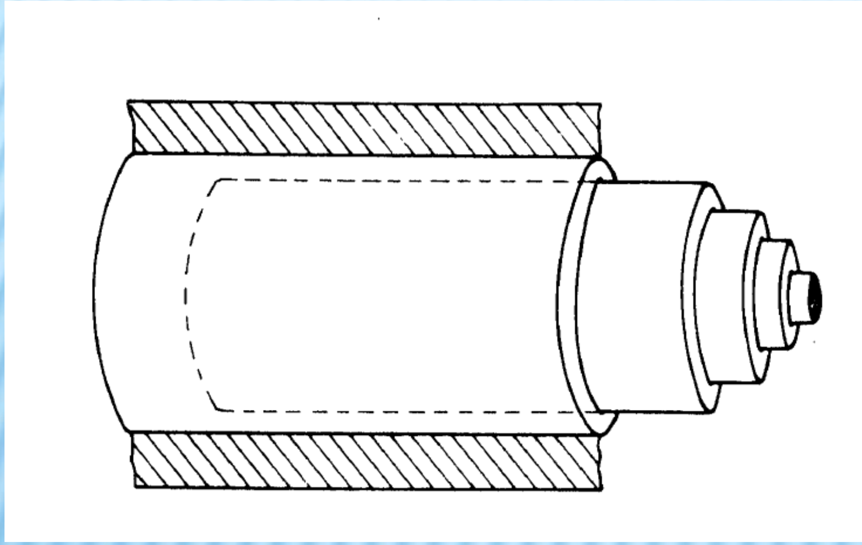
$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{v_1^{\,2}}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{v_2^{\,2}}{2g}$$

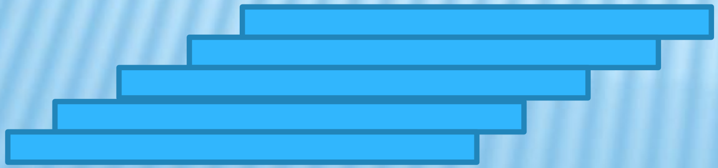
$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2 \qquad D_1 = D_2 \qquad v_1 = v_2$$

$$z_1 = \frac{P_2}{\rho} + z_2 \qquad z_1 - z_2 = \frac{P_2}{\rho} = 10{,}22\ m$$

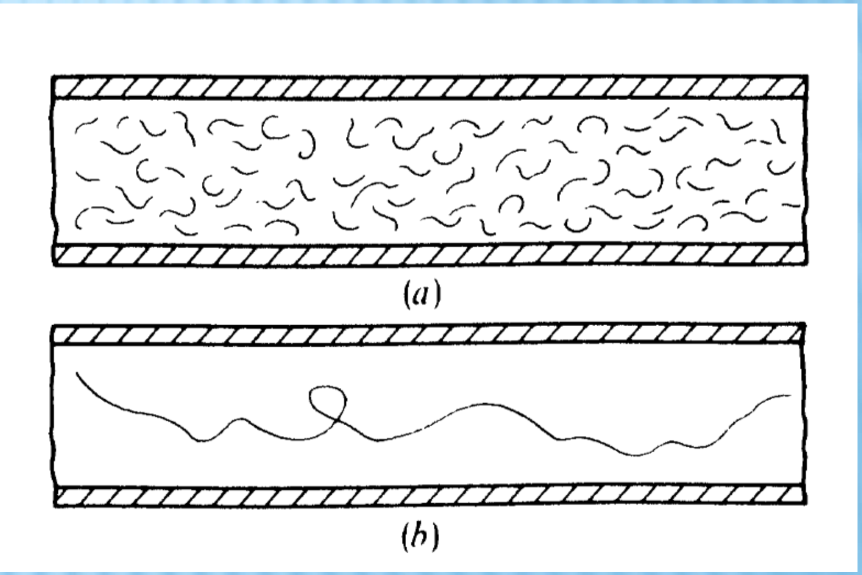
NO ALCANZA

Debido a la viscosidad los fluidos reales ejercen una resistencia al desplazamiento o al corte. De acuerdo al patrón de desplazamiento se puede clasificar este movimiento en laminar o turbulento

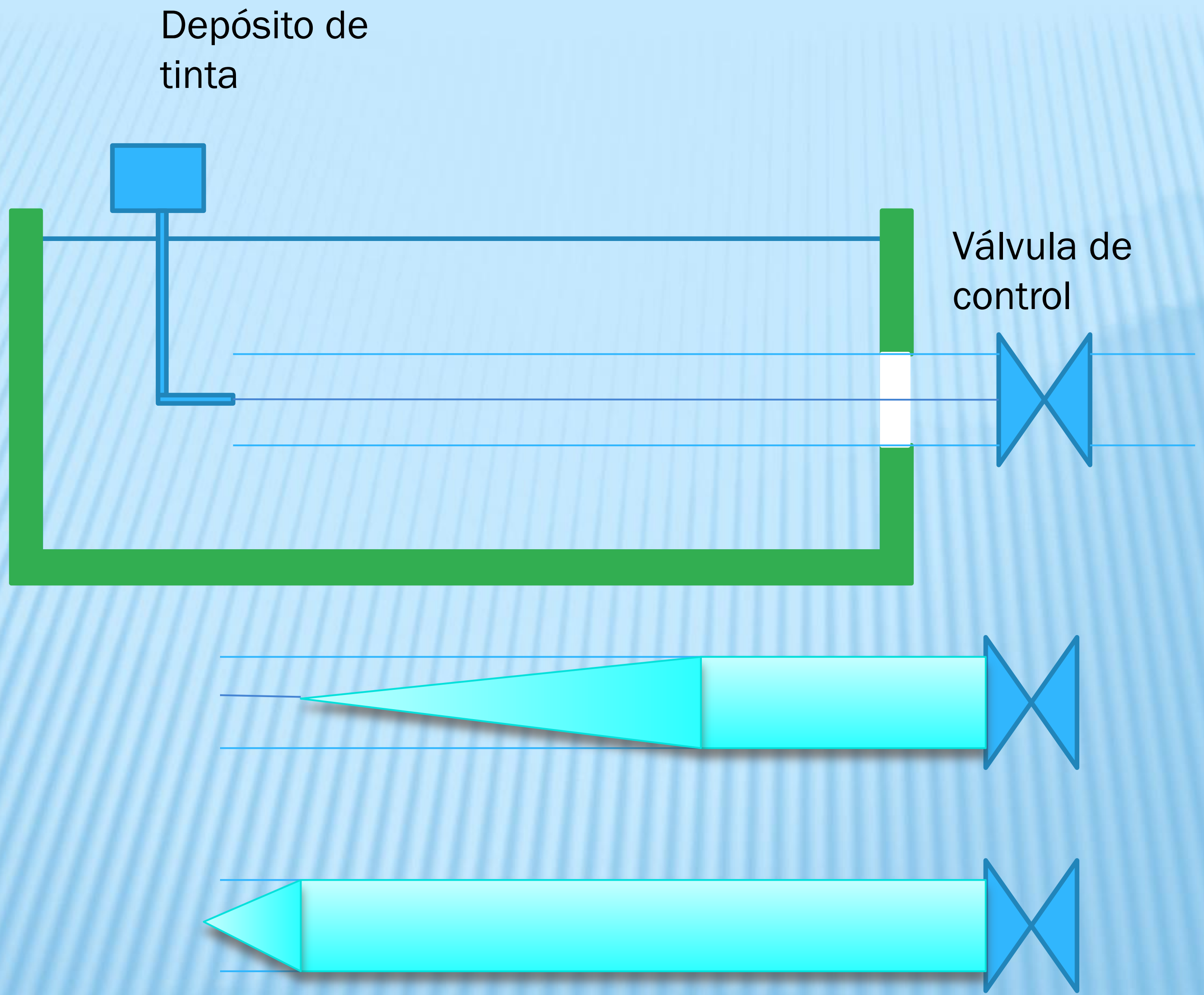




Régimen laminar (no hay componente transversal a la dirección del flujo)



Régimen Turbulento (hay una componente transversal a la dirección del flujo)


Depósito de
tinta
Válvula de
control


Air bubbles
passing through
cristal tubes:
smooth and corrugated
HRS

Cuantificamos :

$$Re = \frac{Efecto\ de\ las\ furezas\ de\ inercia}{Efecto\ de\ las\ fuerzas\ viscosas}$$

$$Re = \frac{L * V}{\gamma} = \frac{\rho * L * V}{\mu}$$

Placa plana

$$Re = \frac{D * V}{\gamma} = \frac{\rho * D * V}{\mu}$$

Cañería

Para una cañería

Re < 2000 Régimen laminar

Re > 4000 Régimen turbulento

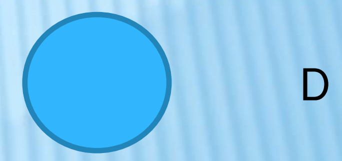
2000 < Re < 4000

Cañerías de sección no circular

$$Dh = 4 * \frac{Ac}{Pm} \qquad Rh = \frac{Ac}{Pm} \qquad Dh = 4 * RH$$

Tubo circular.

$$\boldsymbol{Dh = 4 * \frac{\pi * \frac{D^2}{4}}{\pi D} = D}$$

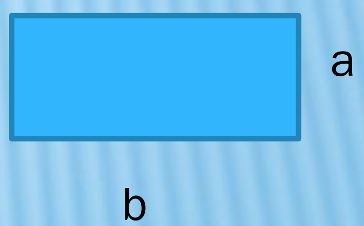


Ducto cuadrado

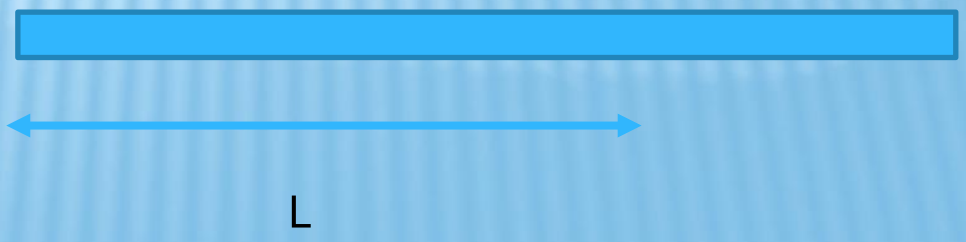
$$\boldsymbol{Dh = 4 * \frac{a^2}{4a} = a}$$

Ducto rectangular

$$\mathbf{Dh} = \boldsymbol{4 * a * \frac{b}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}}$$



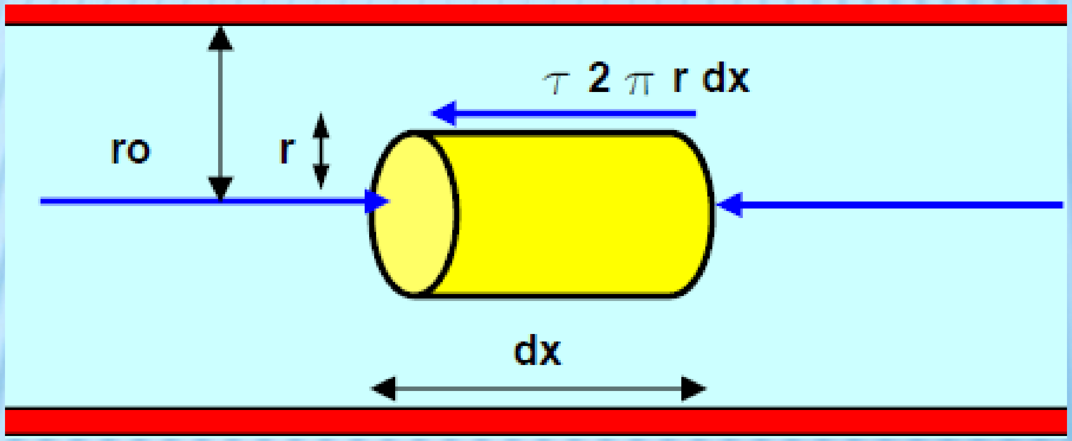
Placa plana longitud característica



CALCULO DE PERDIDAS EN RÉGMIEN LAMINAR
ECUACION DE HAGEN POISEUILLE

Se considera un flujo en una tubería de sección circular constante:
en régimen laminar (permanente y uniforme) el fluido se mueve en capas que no se mezclan entre sí. La velocidad de desplazamiento de las capas interiores es máxima.

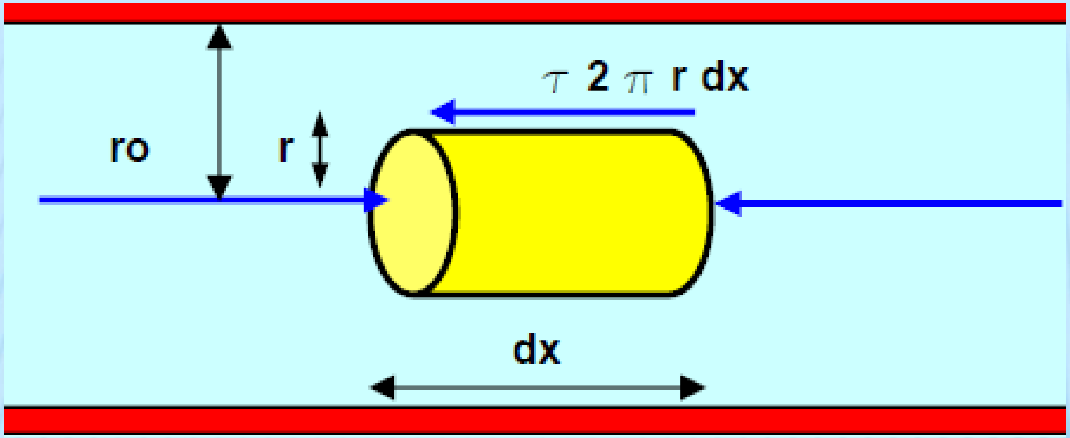
$P * \pi r^2$



$\left(P + \frac{\partial P}{\partial x} * dx\right) \pi * r^2$

v = cte ⟶ a= 0 ⟶ $\sum Fx = m * a = 0$

$P * \pi r^2$



$$\left(P + \frac{\partial P}{\partial x} * dx\right)\pi * r^2$$

$$\boldsymbol{P * \pi r^2 - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} * dx\right)\pi * r^2 - \tau * 2\pi * r * dx = 0}$$

$$P * \pi r^2 - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} * dx\right)\pi * r^2 = \tau * 2\pi * r * dx$$

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) * r = \tau * 2$$

$$\boldsymbol{\tau = -\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) * \frac{r}{2}}$$

Distribución del esfuerzo de corte en función del radio

$$\boldsymbol{\tau = -\mu\left(\frac{dV}{dr}\right) = -\frac{\partial P}{\partial x} * \frac{r}{2}}$$

$$dV = \frac{1}{2} * \frac{\partial P}{\partial x} * \frac{r}{\mu} * dr$$

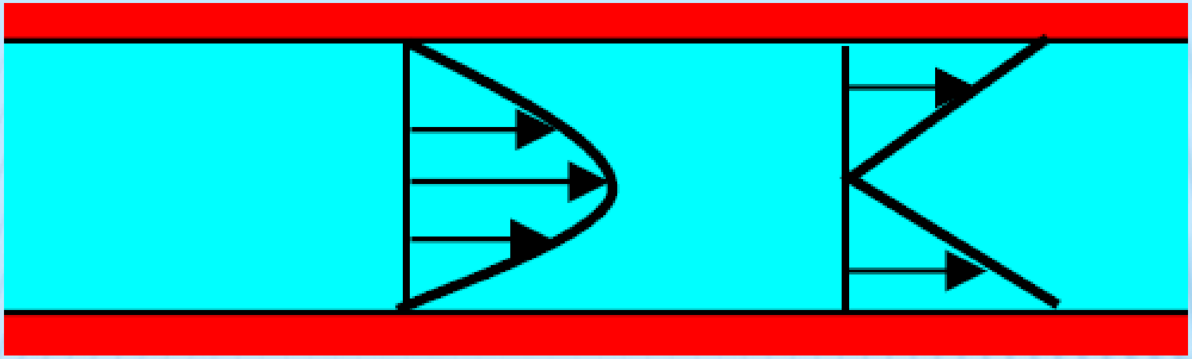
$$V = \frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * r^2 + C$$

V=0 para r=r_o

$$C = -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * {r_o}^2$$

$$\boldsymbol{V = -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * ({r_o}^2 - r^2)}$$

Distribución de velocidad parabólica



$$V = -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * ({r_o}^2 - r^2)$$

$$\tau = -\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) * \frac{r}{2}$$

$$\boldsymbol{V_{max} = -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * ({r_o}^2)}$$

$$\boldsymbol{\tau_{max} = -\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) * \frac{r_o}{2}}$$

Para calcular la pérdida de carga se hace necesario determinar primero el caudal
Para calcular el caudal necesitamos una velocidad media que produzca el mismo efecto que la velocidad variable

Caudal = Vel. Media * sección = Vel. Variable * sección variable

$$V_m * \pi * r_o{}^2 = \int_0^{r_o} -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * (r_o{}^2 - r^2) * 2 * \pi * r * dr$$

$$V_m * \pi * r_o{}^2 = -\frac{\pi}{2\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} \int_0^{r_o} (r_o{}^2 - r^2) * r * dr$$

$$V_m * \pi * r_o{}^2 = -\frac{\pi}{2\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} \left(\frac{r_o{}^4}{2} - \frac{r_o{}^4}{4} \right) = -\frac{\pi}{8\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * r_o{}^4$$

$$V_m = -\frac{1}{8\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * r_o{}^2 = \frac{1}{2} V_{max} \qquad V_{max} = -\frac{1}{4\mu} * \frac{\partial P}{\partial x} * (r_o{}^2)$$

Considerando

- Tubería circular,
- Flujo laminar
- La presión sólo varía en la dirección x

La derivada parcial se puede considerar total e integrar entre dos secciones

$$\int_{P_1}^{P_2} dP = -8 * \mu * \frac{V_m}{{r_o}^2} \int_0^L dx$$

$$\boldsymbol{P_1 - P_2 = \frac{8\mu VmL}{{r_o}^2} = \frac{32\mu VmL}{{d_o}^2}}$$

Ecuación de Hagen - Poiseuille

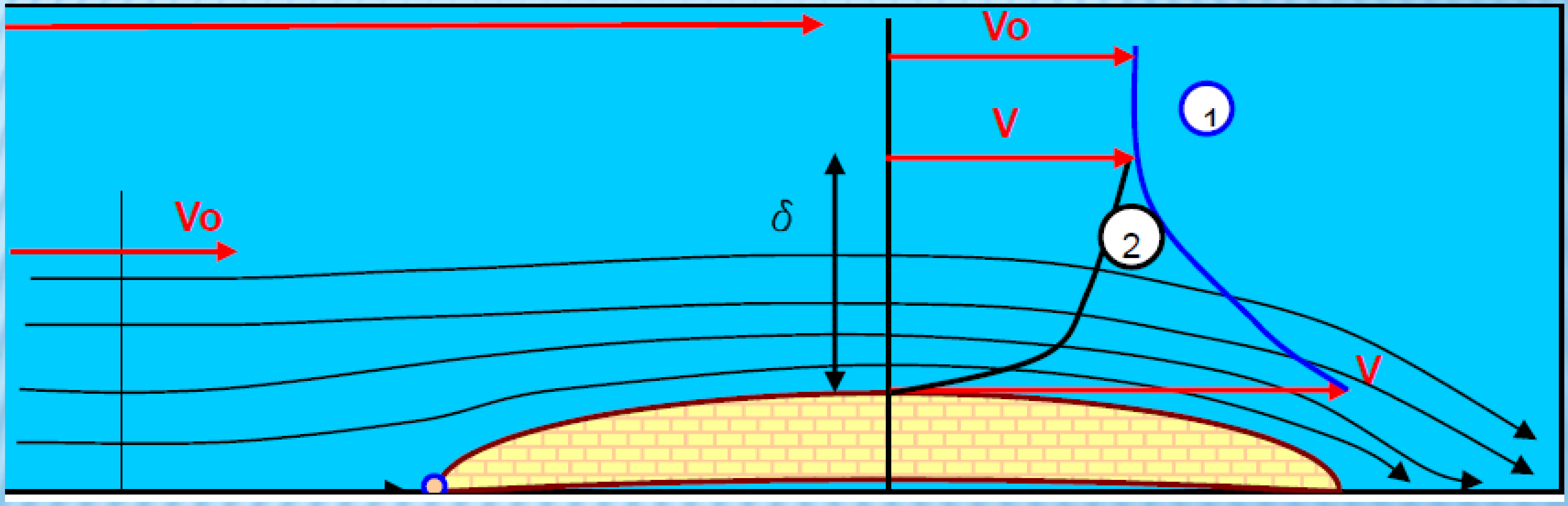
Se aplica a:

- Tubería circular
- Fluido viscoso
- Incompresible
- Newtoniano

CAPA LIMITE

Es la zona donde se manifiesta la influencia de la viscosidad. La velocidad se ve afectada por las fuerzas cortantes

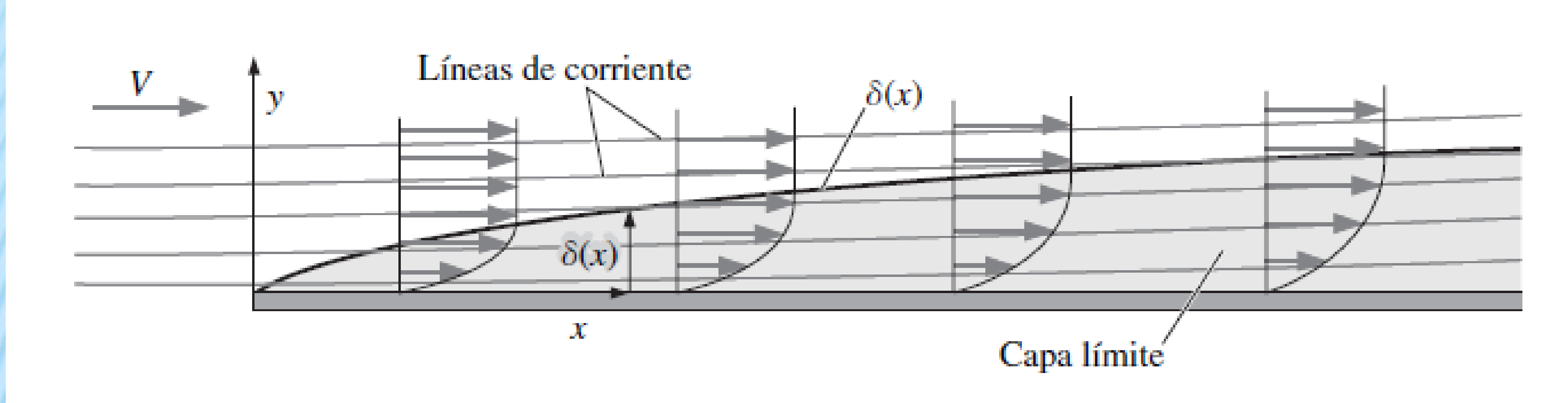
Suponiendo un fluido ideal y un objeto sumergido en la corriente



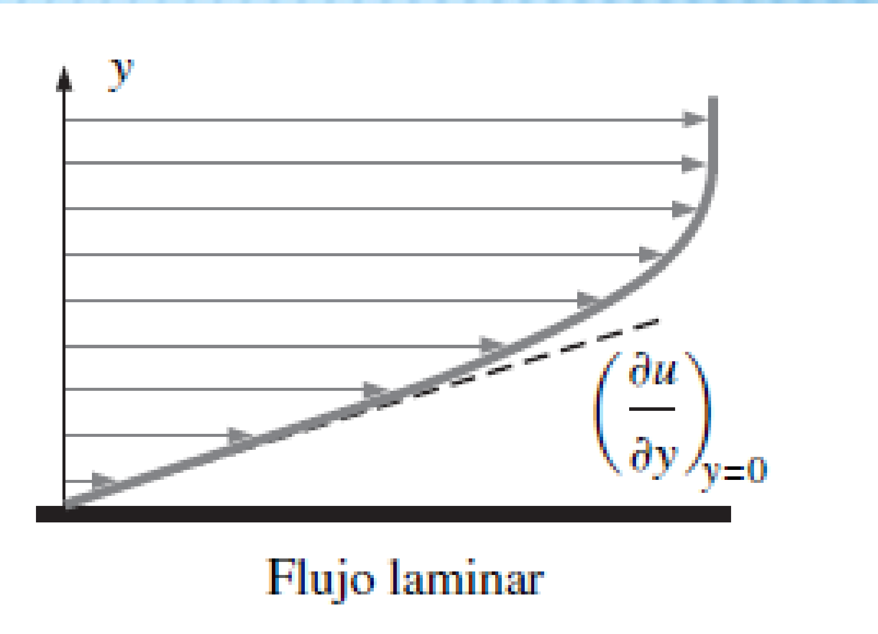
$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{{v_1}^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{{v_2}^2}{2g}$$

$$v = 0,99 * Vo$$

PLACA PLANA (espesor despreciable)

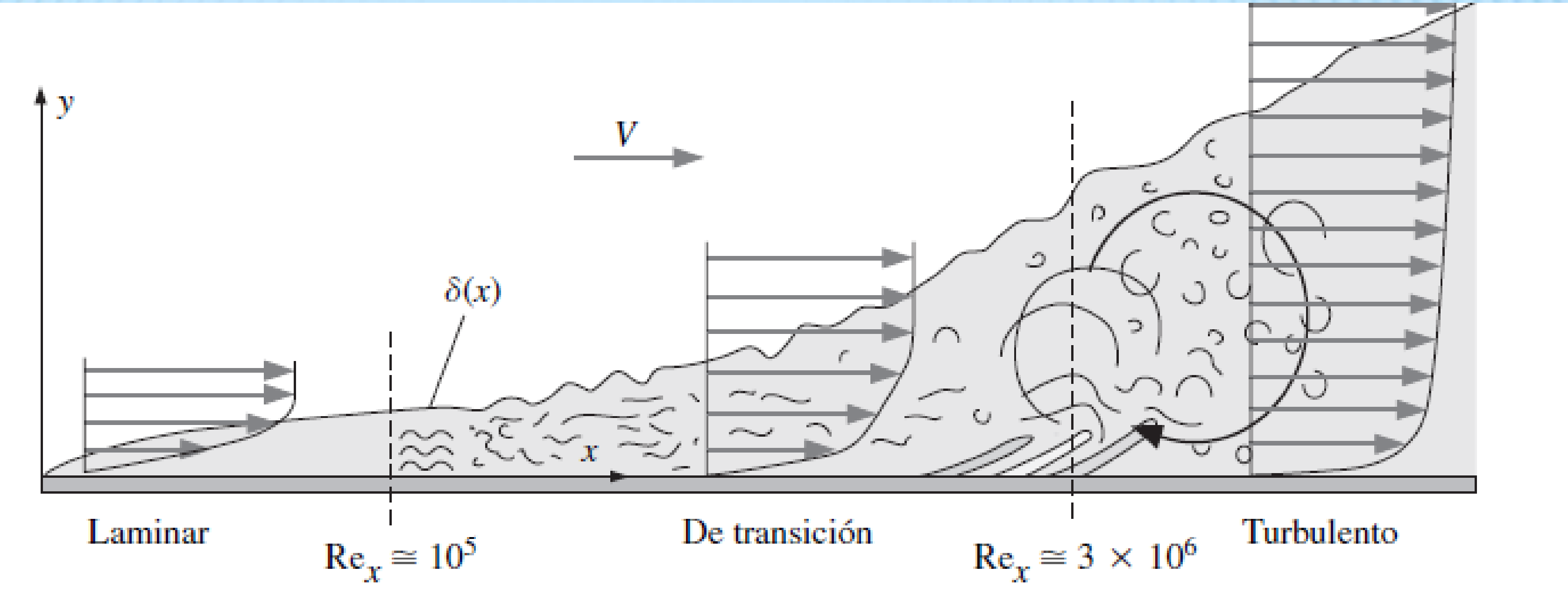


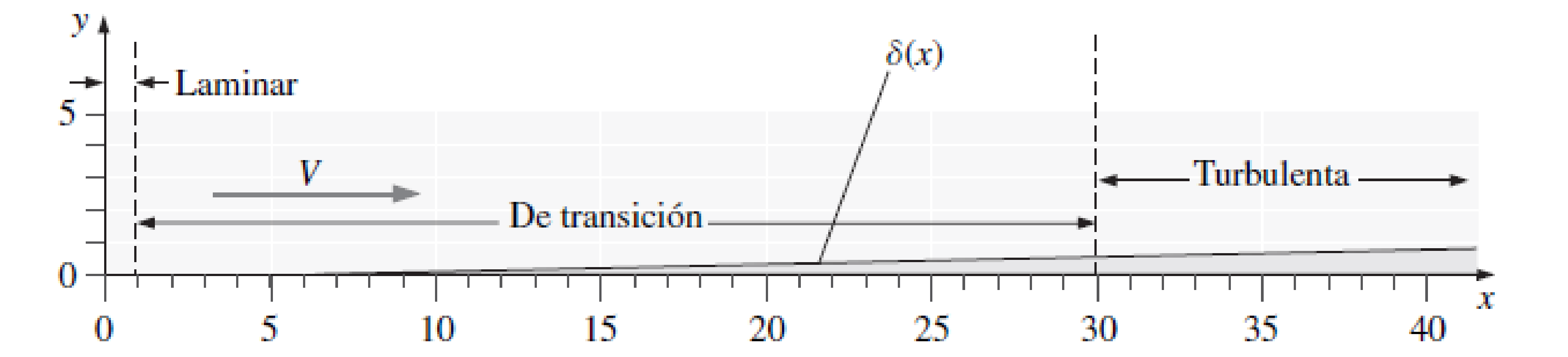
Distribución de velocidad



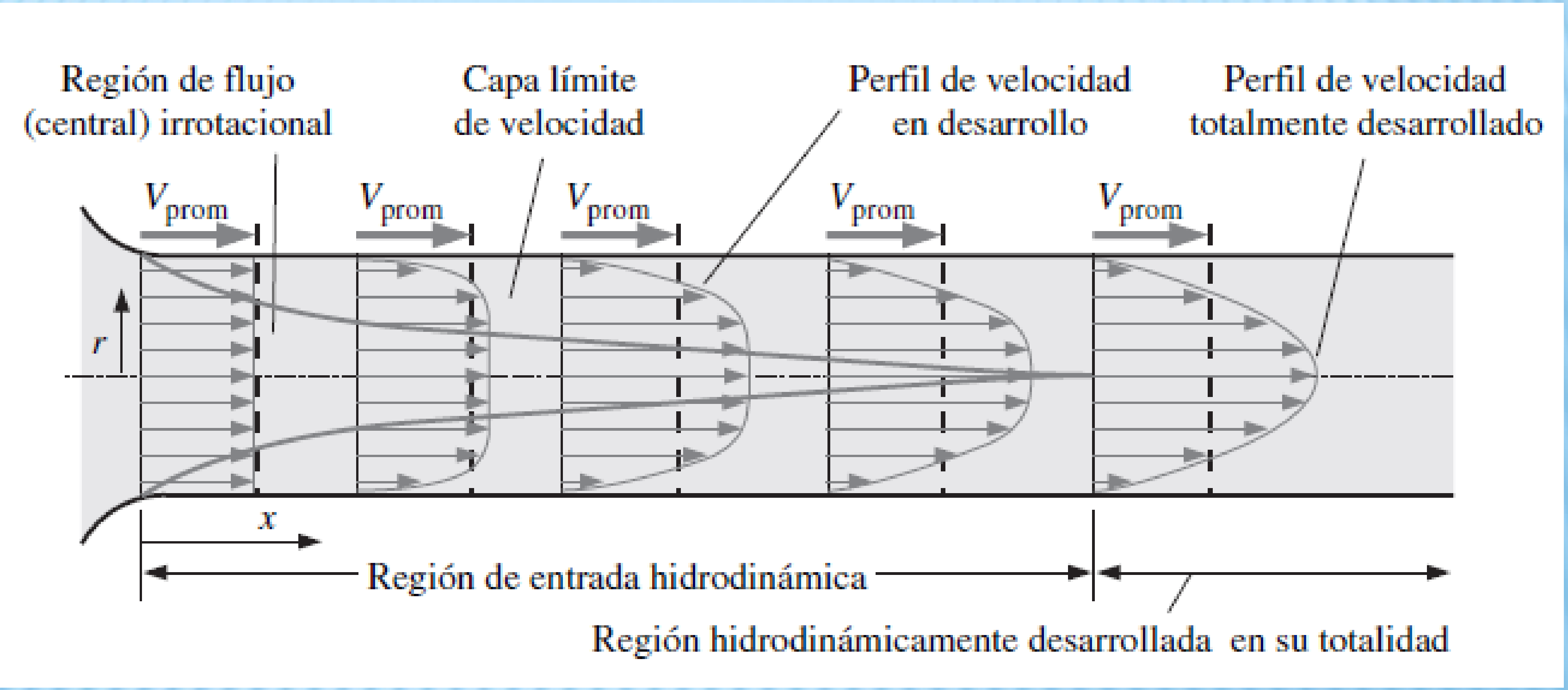
PLACA PLANA

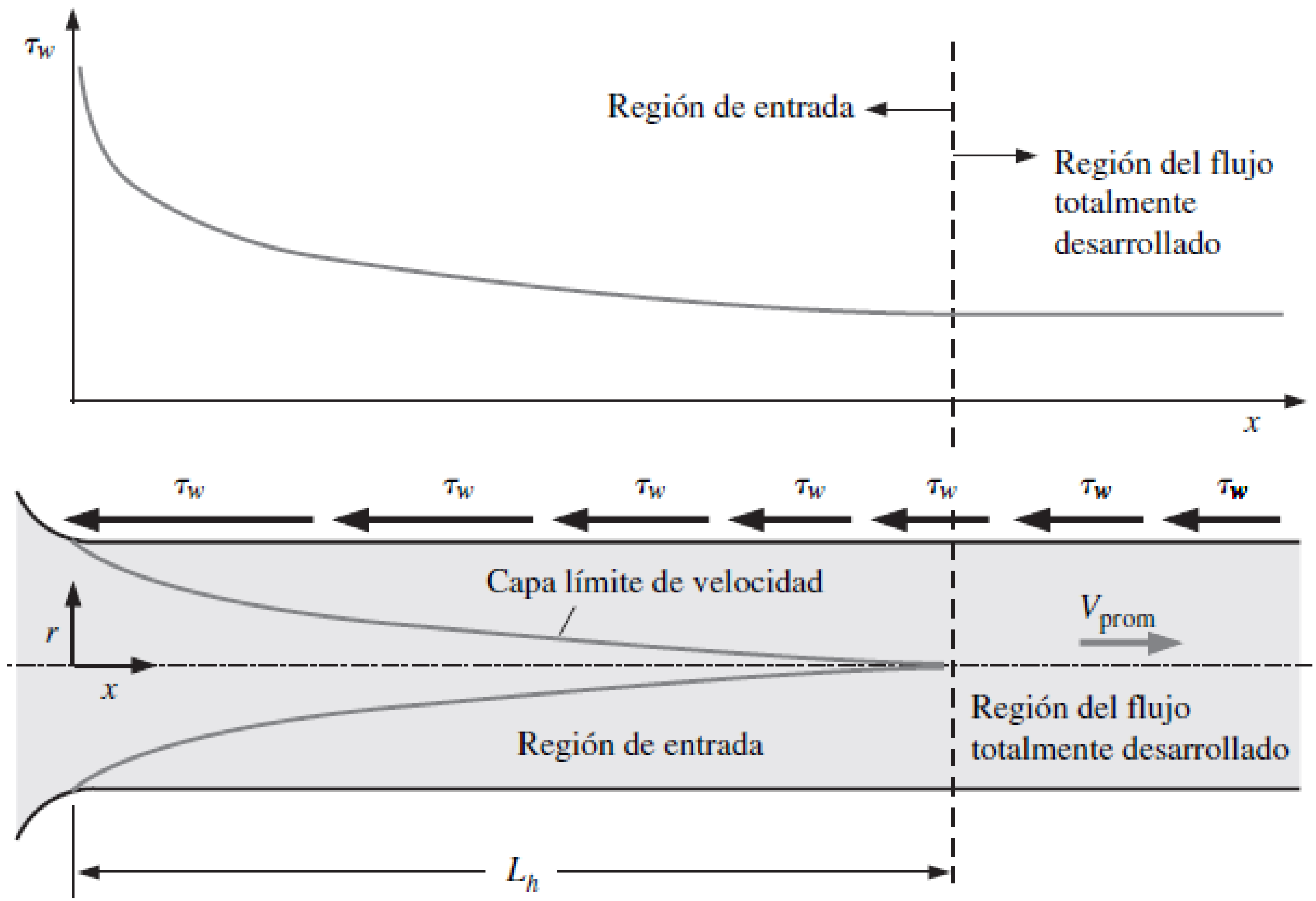
Al alejarnos Cómo sigue?



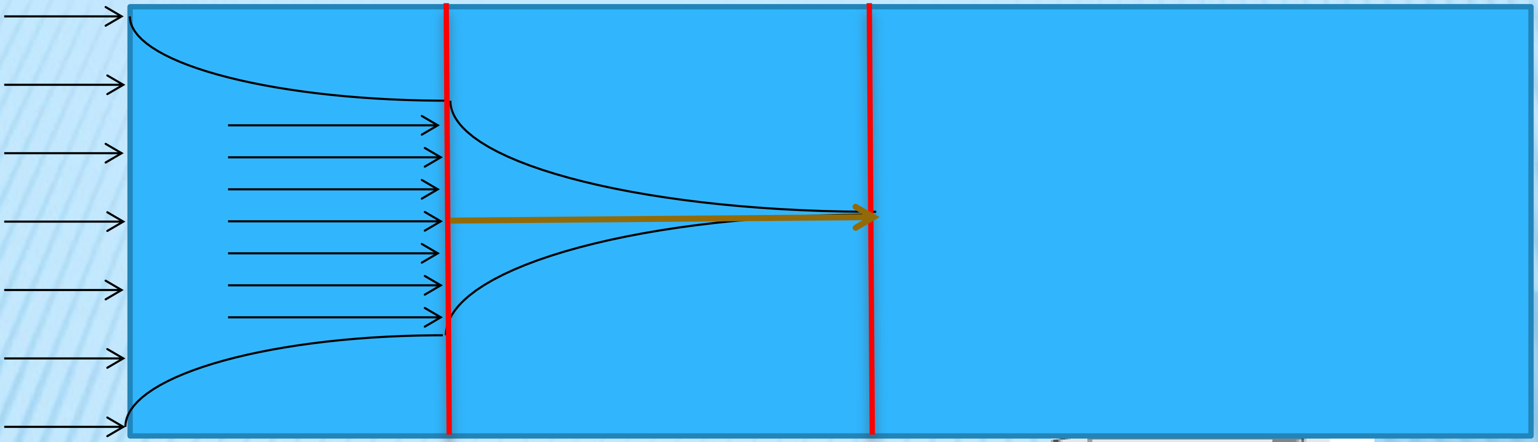


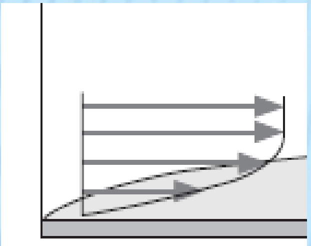
ESTABLECIMIENTO DEL REGIMEN LAMINAR EN UNA CAÑERIA



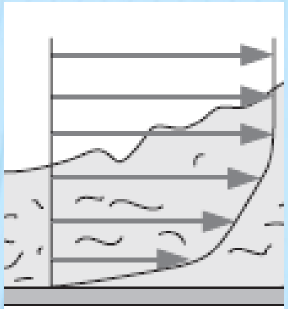


τ_w
Región de entrada
Región del flujo totalmente desarrollado
x
τ_w τ_w τ_w τ_w τ_w τ_w τ_w
Capa límite de velocidad
V_{prom}
r
x
Región del flujo totalmente desarrollado
Región de entrada
L_h

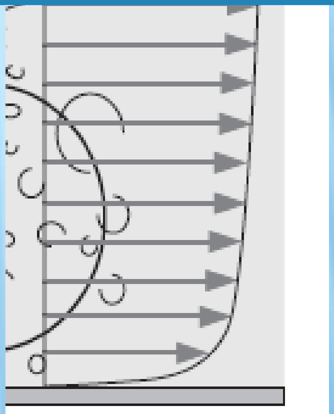




Laminar



De transición



Turbulento

$$L_{h,\ laminar} \cong 0{,}05 * Re * D$$

$$L_{h,\ turbulento} \cong 1{,}359 * Re^{1/4}$$

- Se considera en esta región que el fluido se comporta como ideal.
- Es irrotacional
- A medida que se estrecha la sección se produce un aumento de la velocidad,

Esta región produce una pérdida. ¿Cómo se calcula?

$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{{v_1}^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{{v_2}^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\rho} - \frac{P_2}{\rho} = + \frac{{v_2}^2}{2g} - \frac{{v_1}^2}{2g}$$

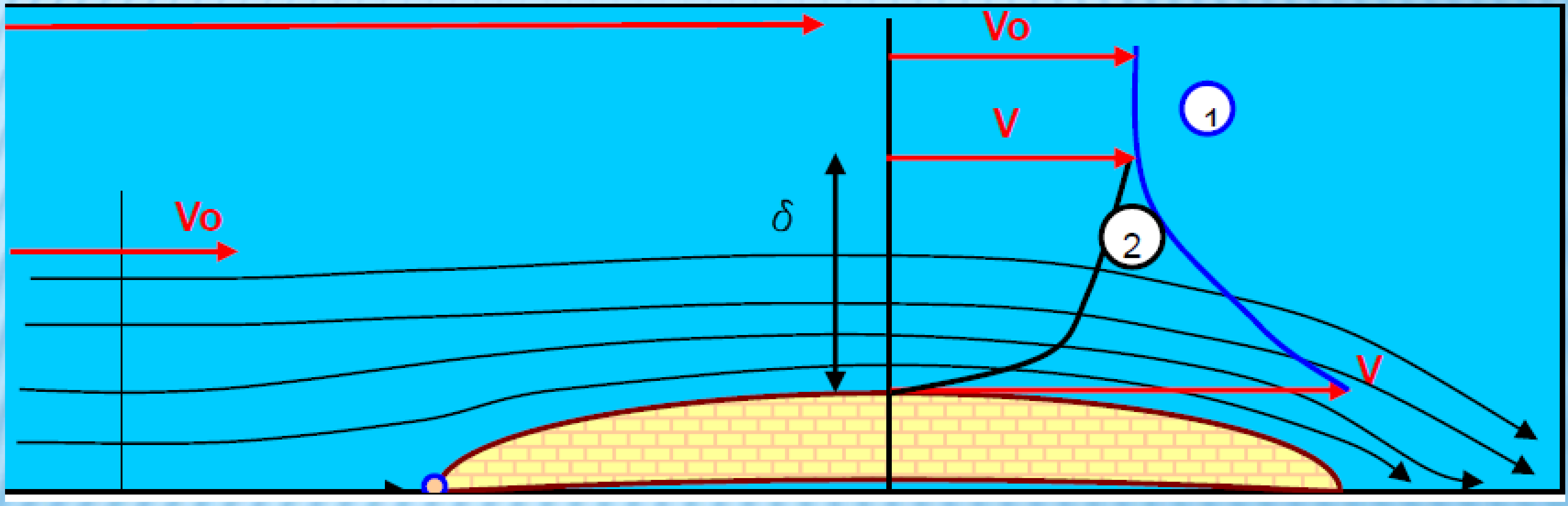
V_1: velocidad media del fluido al ingresar = Q/A

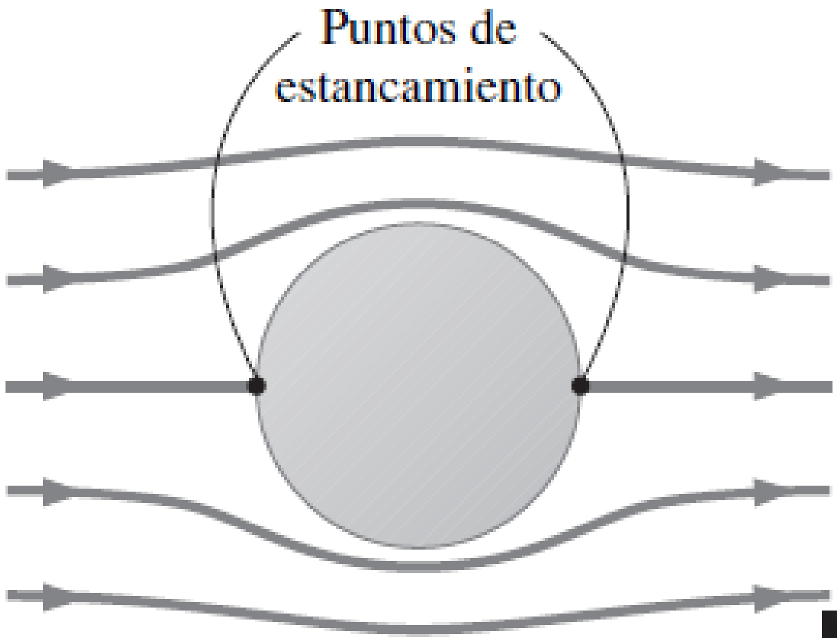
V_2: es la velocidad máxima de la distribución de velocidades del fluido en el régimen que se considere

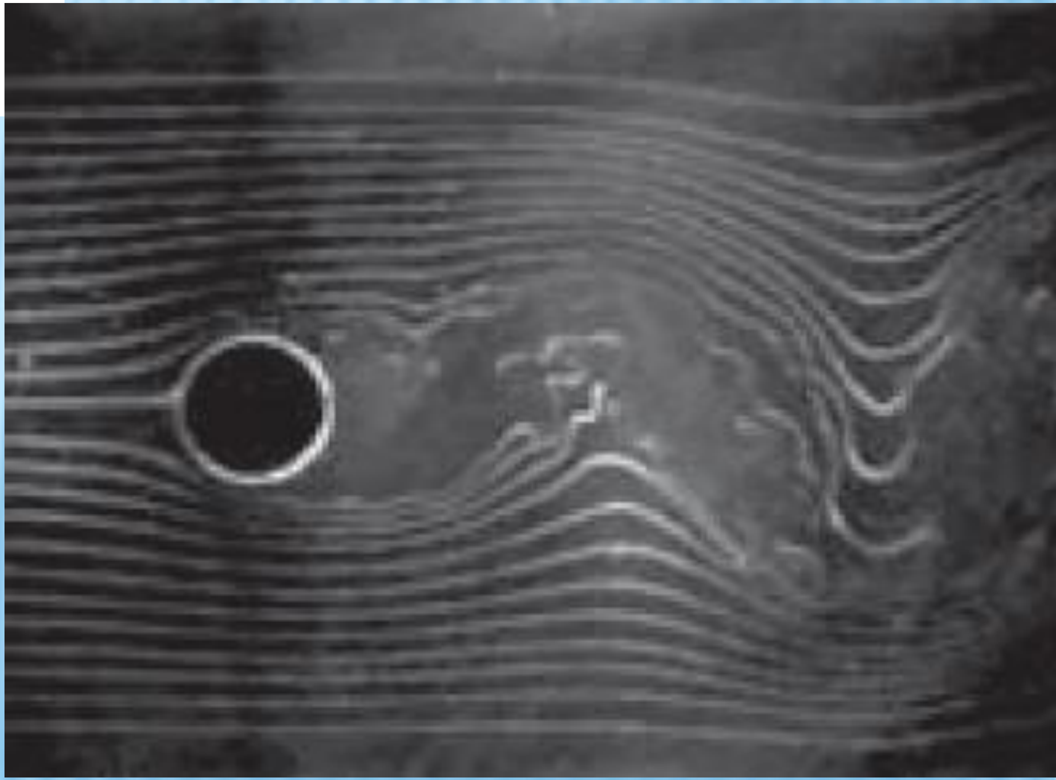
No se calcula la pérdida de la zona cuando L > 1000 D

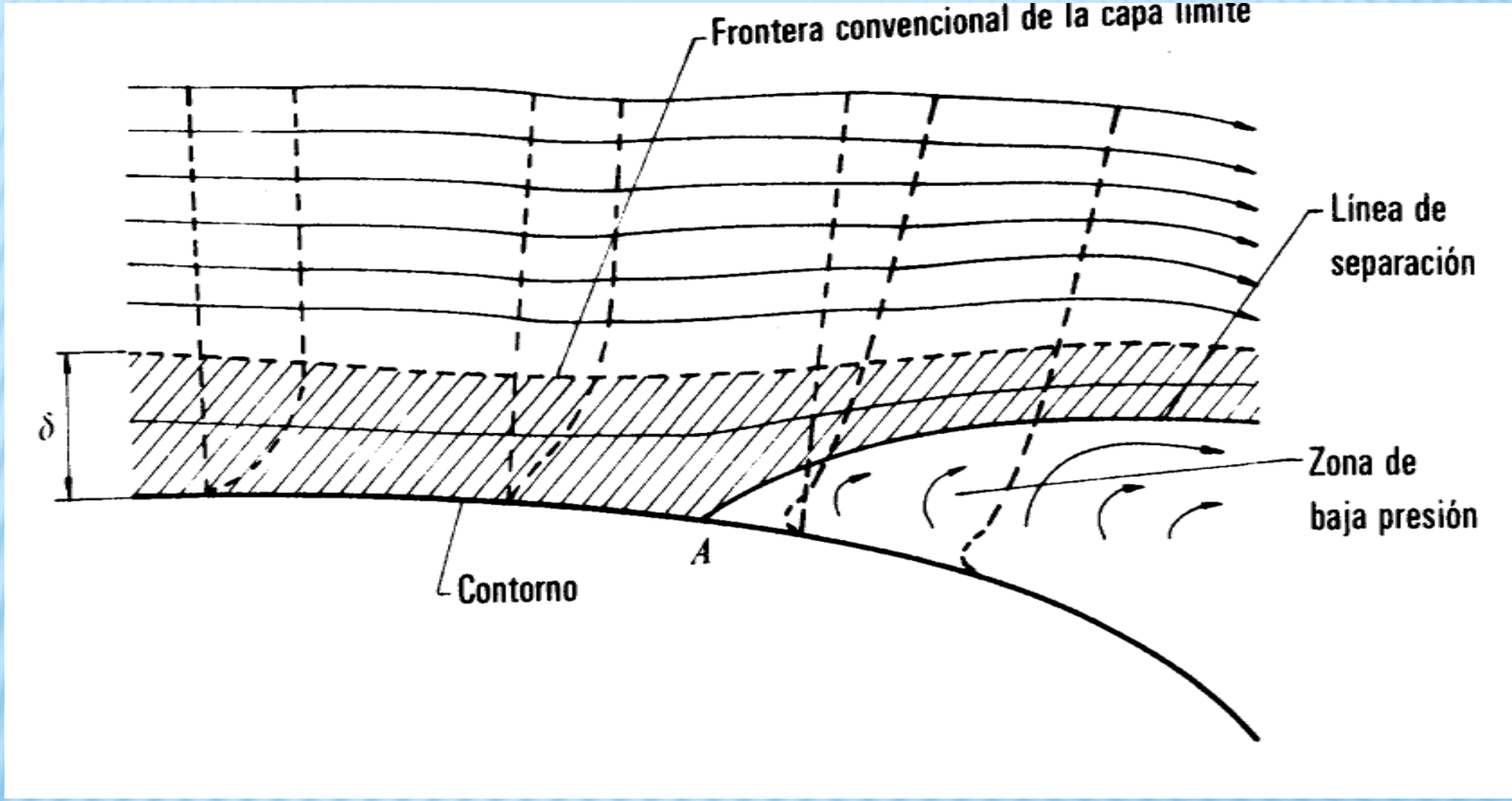
Cuerpo con espesor apreciable

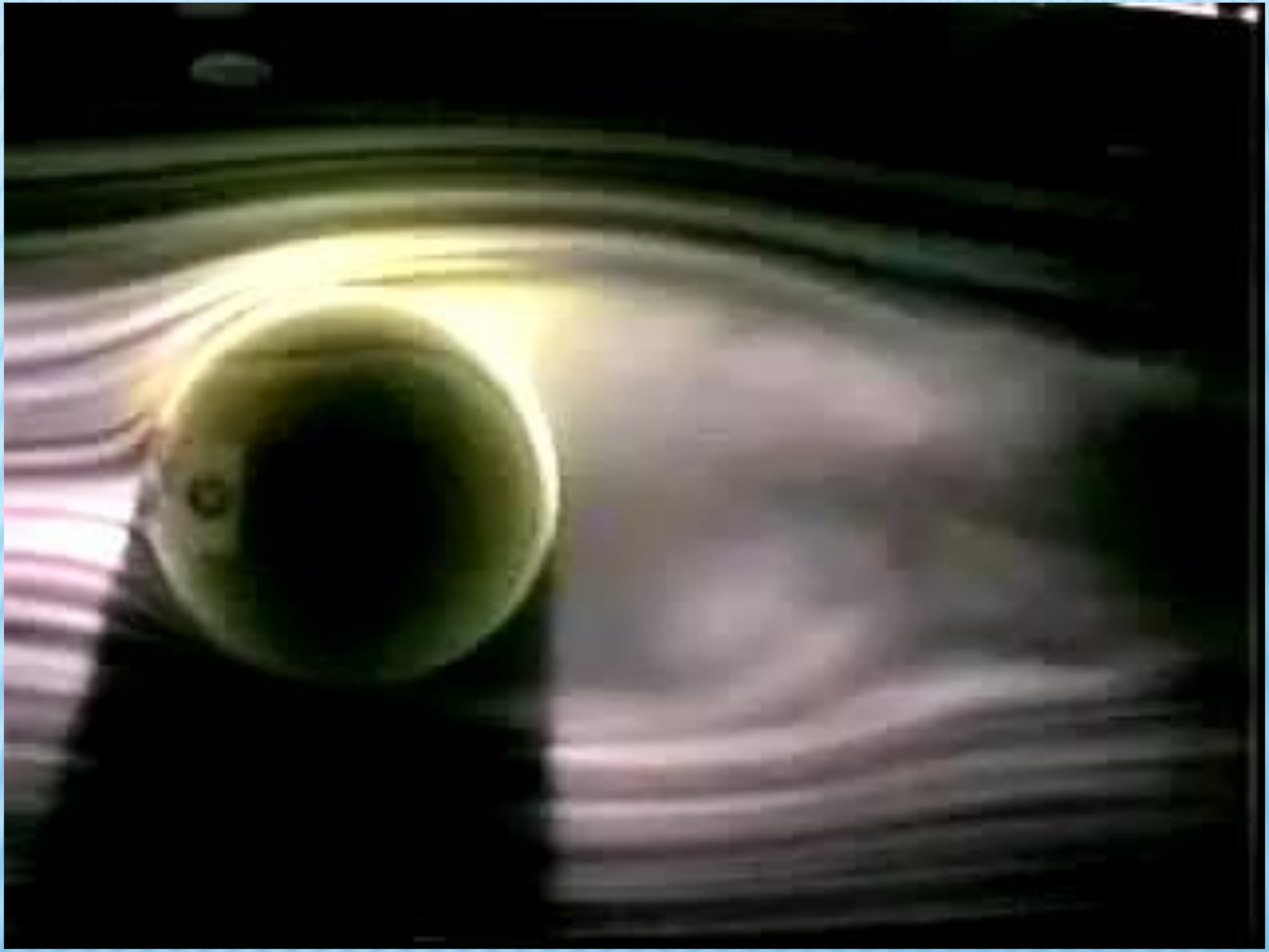
Suponiendo un fluido ideal y un objeto sumergido en la corriente

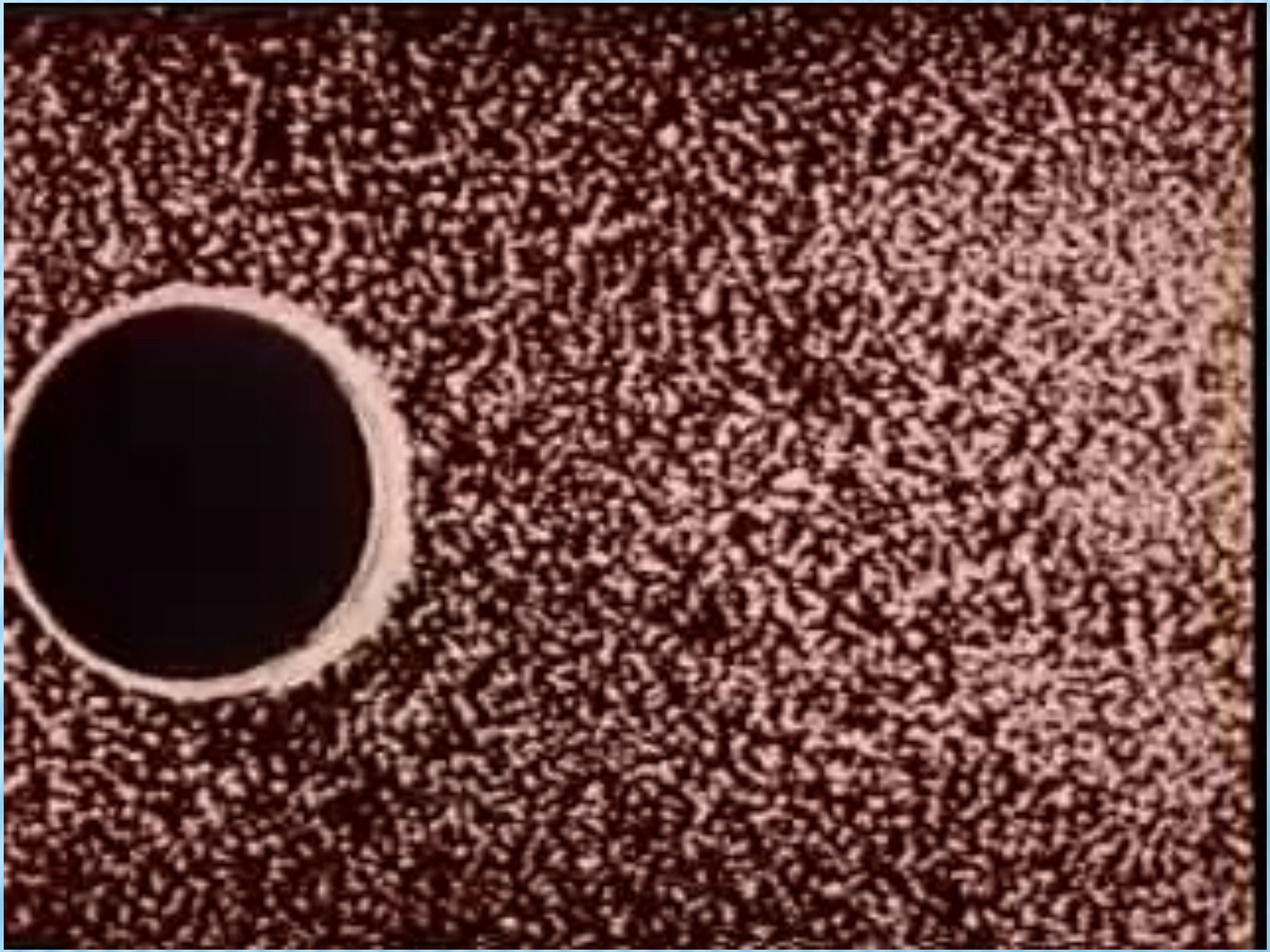



Puntos de
estancamiento




Frontera convencional de la capa límite
Línea de
separación
δ
Zona de
baja presión
A
Contorno





Efecto de la capa límite

La existencia de la capa límite produce una fuerza que se opone al movimiento que tiene dos orígenes

1- Existencia de la capa límite: Resistencia de superficie

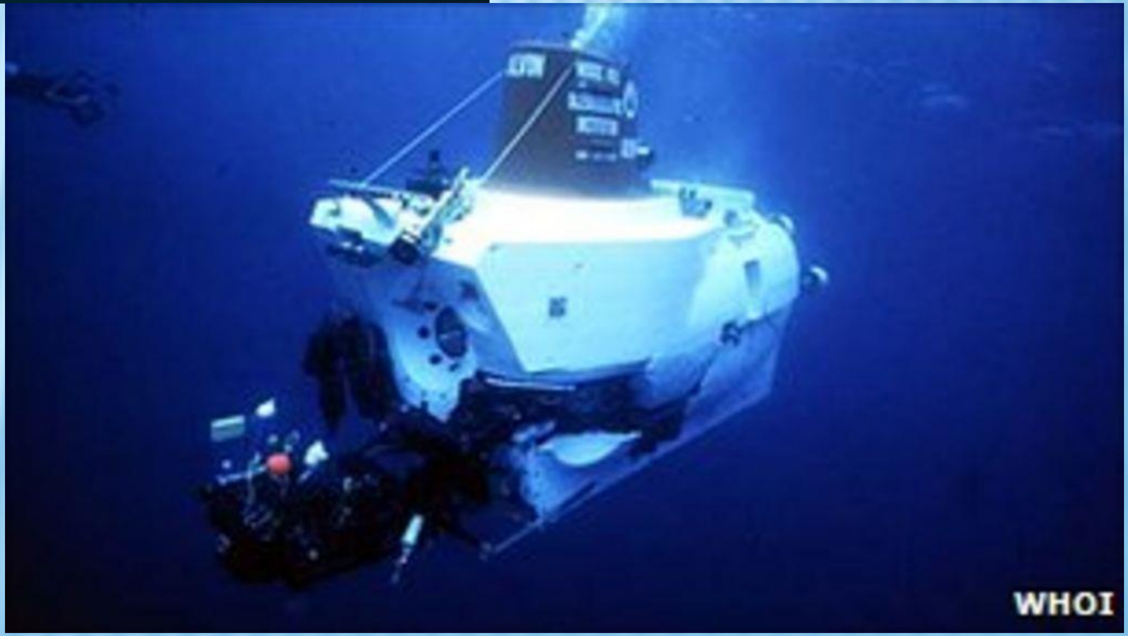
2- Desprendimiento de la capa límite: Resistencia de forma

En general existen ambas, pero de acuerdo a las características del cuerpo y las propiedades del fluido puede predominar una sobre la otra o bien ambas son apreciables

Efecto de la capa límite

Efecto de la capa límite

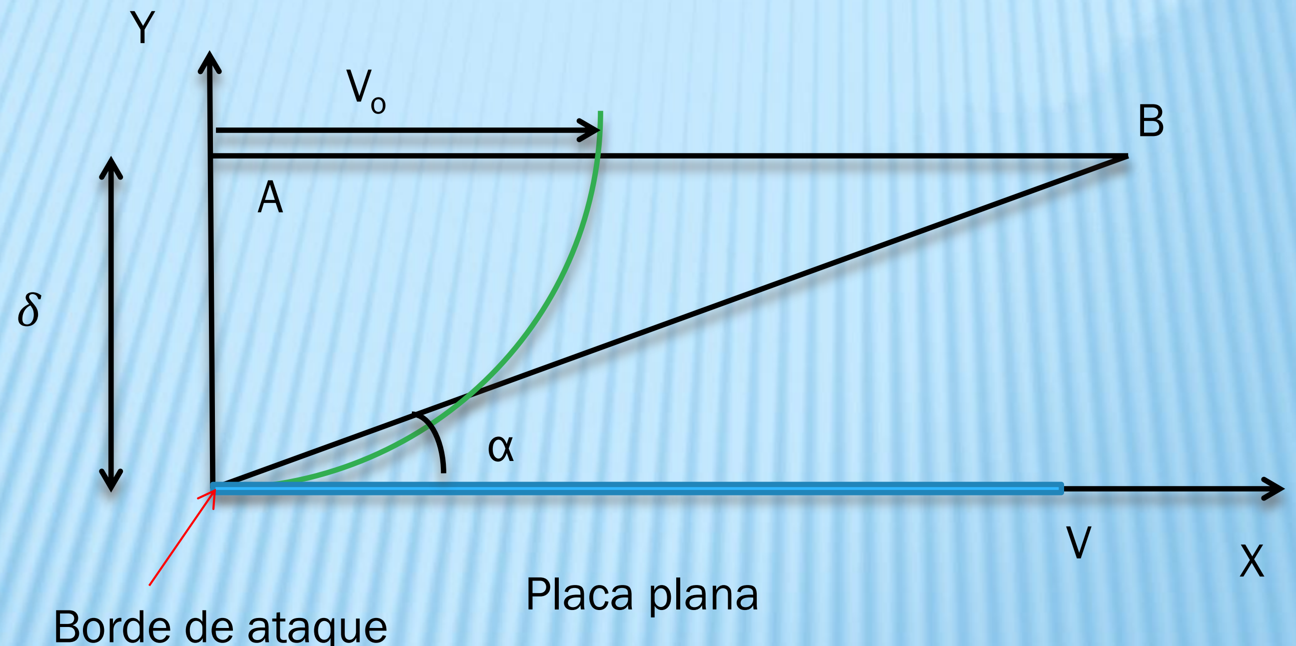
Efecto de la capa límite



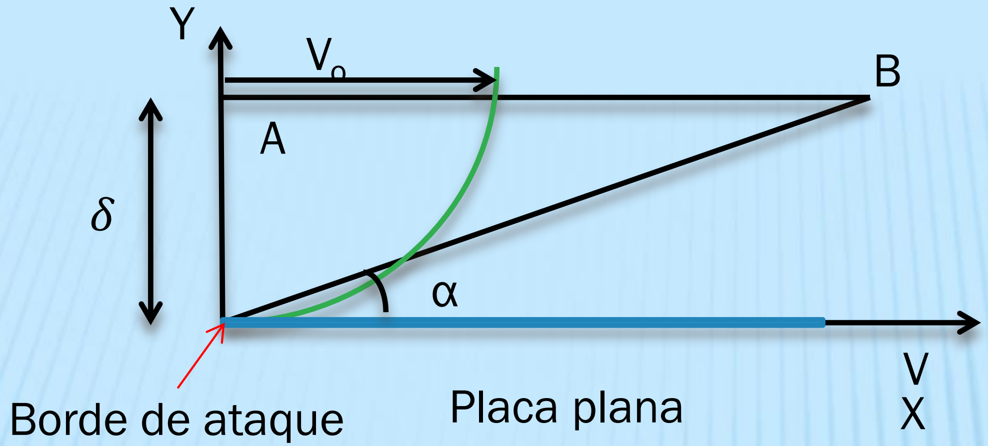
RESISTENCIA SUPERFICIAL O DE ARRASTRE EN LA CAPA LIMITE

Considerando

- Placa plana
- Capa limite laminar: distribución parabólica



$AB = CV_0$ → $tg\ \alpha = \dfrac{CV_0}{\delta}$ → $C = cte$



$$\tau = \mu * \frac{dV}{dy} \longrightarrow \frac{dV}{dy} = \frac{\tau}{\mu} = tg\alpha = \frac{CV_0}{\delta}$$

$$\tau = \mu * \frac{CV_0}{\delta}$$

Considerando la distancia x desde el borde de ataque

$$\delta = \frac{5x}{\sqrt{V_0 \rho \frac{x}{\mu}}}$$ Según Prandtl $\longrightarrow$ $$\tau = \frac{\mu CV \sqrt{V_0 \frac{\rho x}{\mu}}}{5x}$$ Esfuerzo de corte junto a la placa

$$Re = \frac{V_0 \rho x}{\mu}$$

x : longitud característica

Multiplicando y dividiendo por $\dfrac{\rho {V_0}^2}{2}$

$$\tau = \frac{2C\ \rho {V_0}^2/2}{5\sqrt{\dfrac{V_0 \rho x}{\mu}}}$$

$\dfrac{\rho {V_0}^2}{2}$ Sobrepresión dinámica

$$\boldsymbol{C_s = \frac{2C}{5\sqrt{\dfrac{V_0 \rho x}{\mu}}}}$$

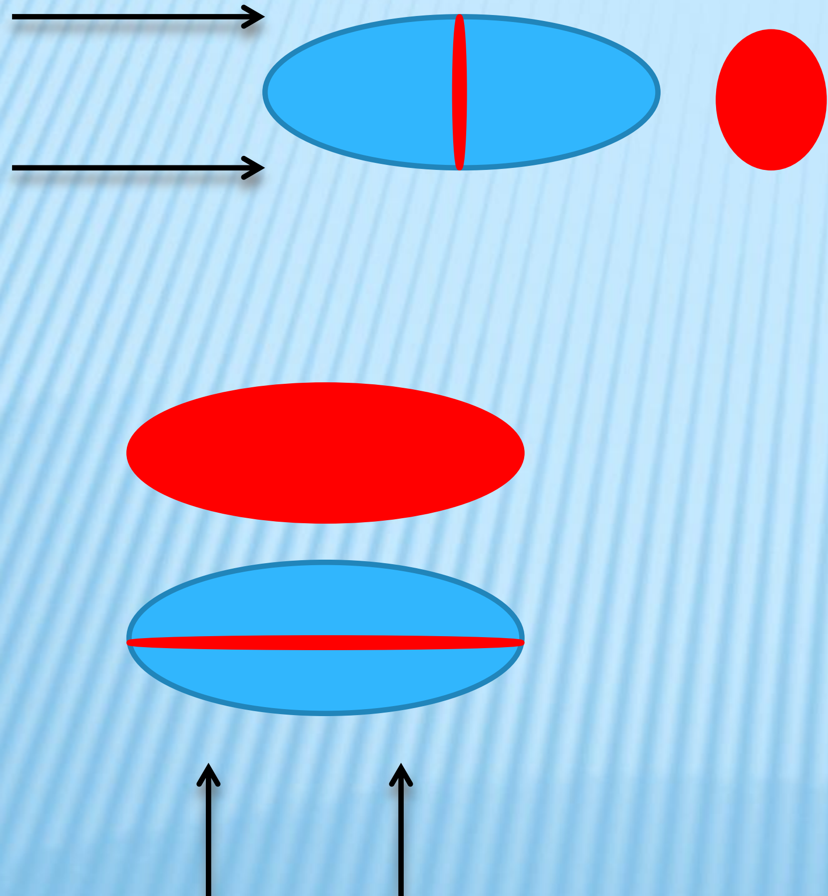
Coeficiente de resistencia de superficie local

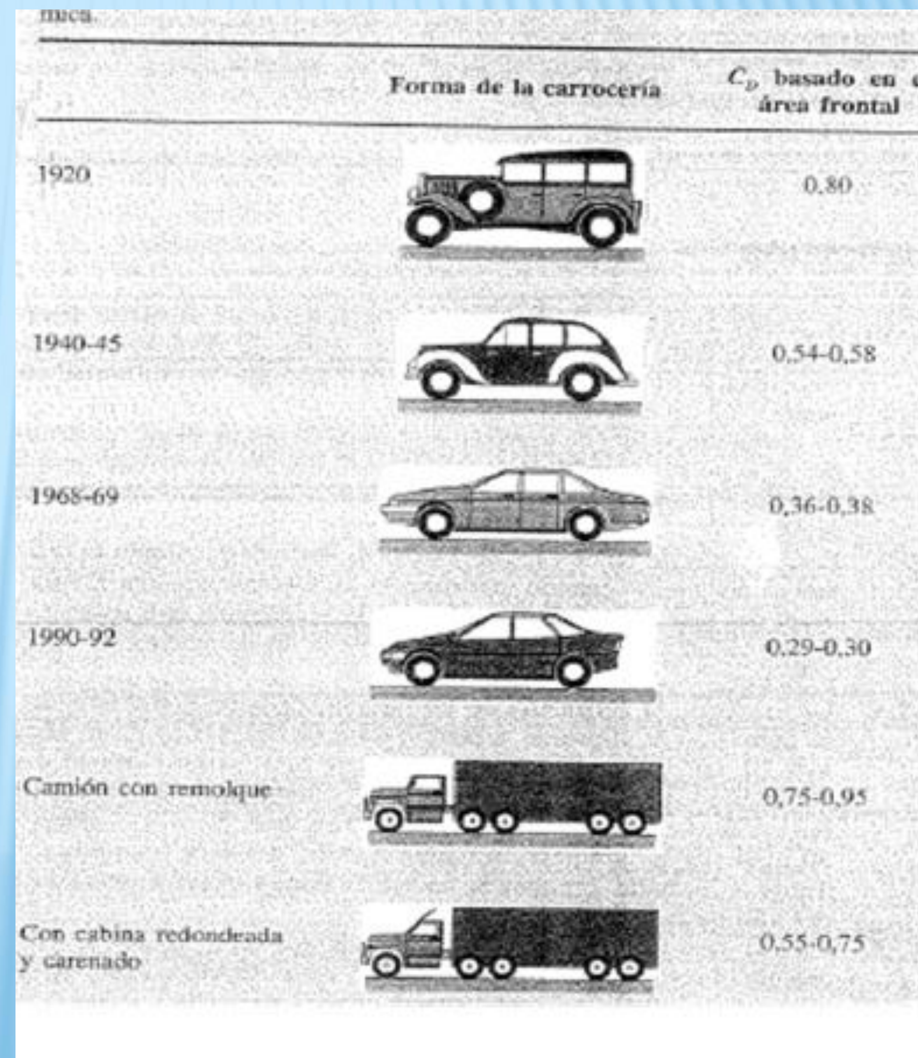
$$\boldsymbol{\tau = \frac{C_s\, \rho {V_0}^2}{2}}$$

$$\boldsymbol{Rs = \tau * A = Cs * A * \frac{\rho {V_0}^2}{2}}$$

A = área bañada por el fluido

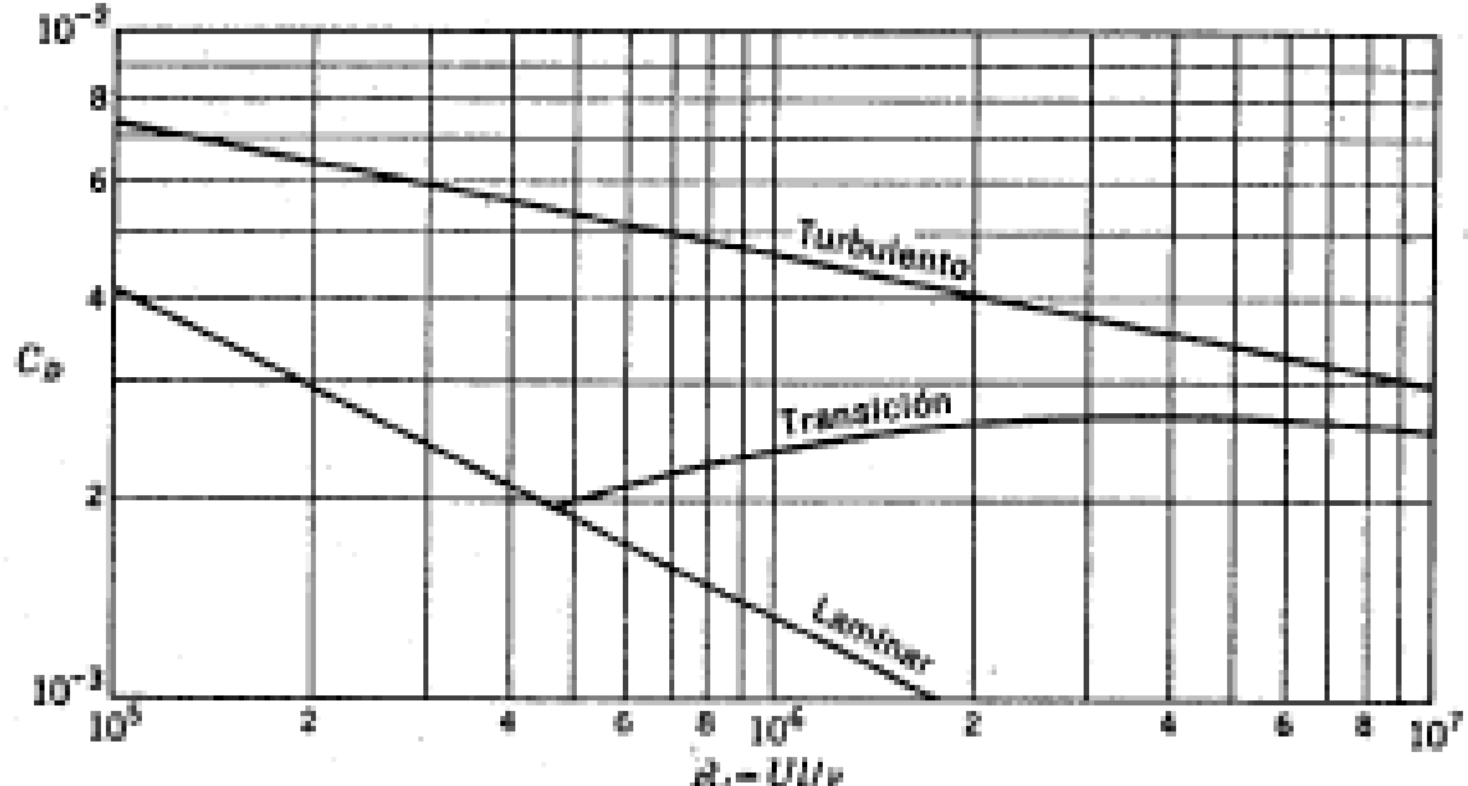
De forma similar $\dot{R}_f = C_f * A * \frac{\rho {V_0}^2}{2}$ A = área normal al flujo del fluido





mica.

	Forma de la carrocería	C_D basado en el área frontal
1920		0,80
1940-45		0,54-0,58
1968-69		0,36-0,38
1990-92		0,29-0,30
Camión con remolque		0,75-0,95
Con cabina redondeada y carenado		0,55-0,75

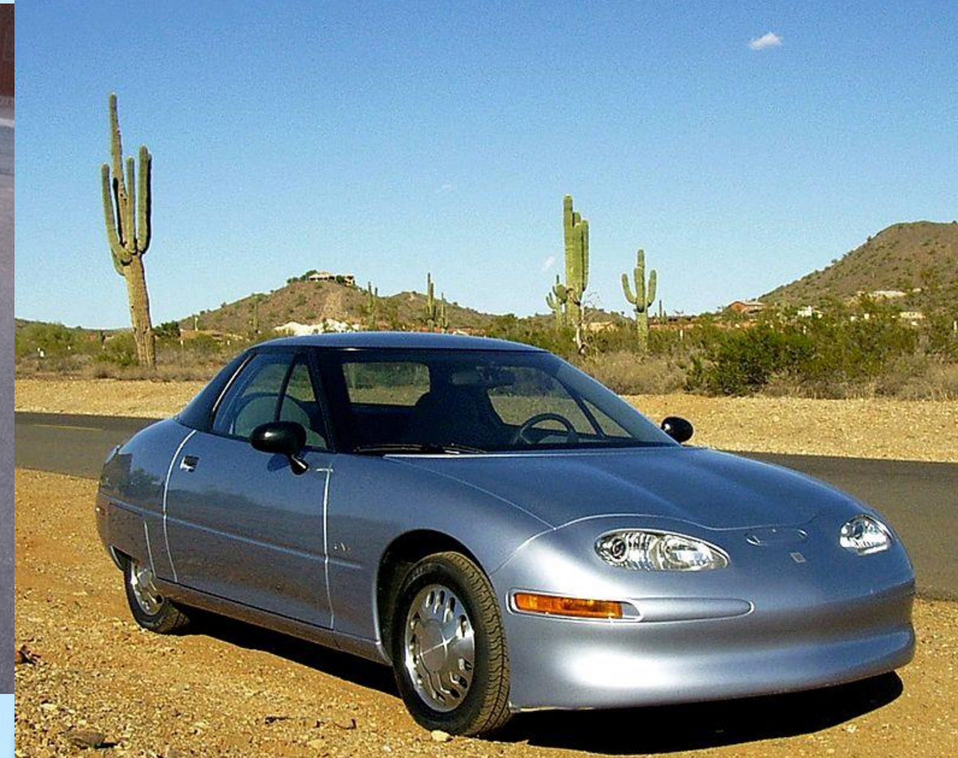


Laminar $C_D = \frac{1.328}{\sqrt{R_l}}$, transicion $C_D = \frac{0.074}{R_l^{1/5}} - \frac{1,700}{R_l}$, turbulento $C_D = \frac{0.074}{R_l^{1/5}}$

c_d	Objeto
0.001	lámina plana paralela al flujo ($Re < 10^5$)
0.005	placa plana paralela al flujo ($Re > 10^5$)
0.075	Pac-car II
0.1	Esfera lisa ($Re = 10^6$)
0.15	Schlörwagen 1939[14]
0.186-0.189	Volkswagen XL1 2014
0.19	General Motors EV1 1996[15]
0.25	Toyota Prius (3.ª generación)
0.26	BMW i8
0.28	Mercedes-Benz CLA-Class Tipo C 117.[16]
0.295	bala (no ojiva, a velocidad subsónica)
0.3	Audi 100 C3 (1982)
0.48	esfera rugosa ($Re = 10^6$), Volkswagen Beetle[17] [18]
0.75	típico cohete de modelismo[19]
.8-.9	Filtro de café viendo hacia arriba.

c_d	Objeto
1.0	Bicicleta de ruta con ciclista en posición de ruta.[20]
1.0–1.1	esquiador
1.0–1.3	alambres
1.0–1.3	persona (de pie)
1.1-1.3	saltador de esquí[21]
1.28	placa plana perpendicular al flujo (3D)[22]
1.3–1.5	Edificio Empire State
1.8–2.0	Torre Eiffel
1.98–2.05	(placa plana perpendicular al flujo (2D)


IIR-3704



km
2-566
BLUETEC

4ever.eu
Mercedes-Benz
Trucks you can trust

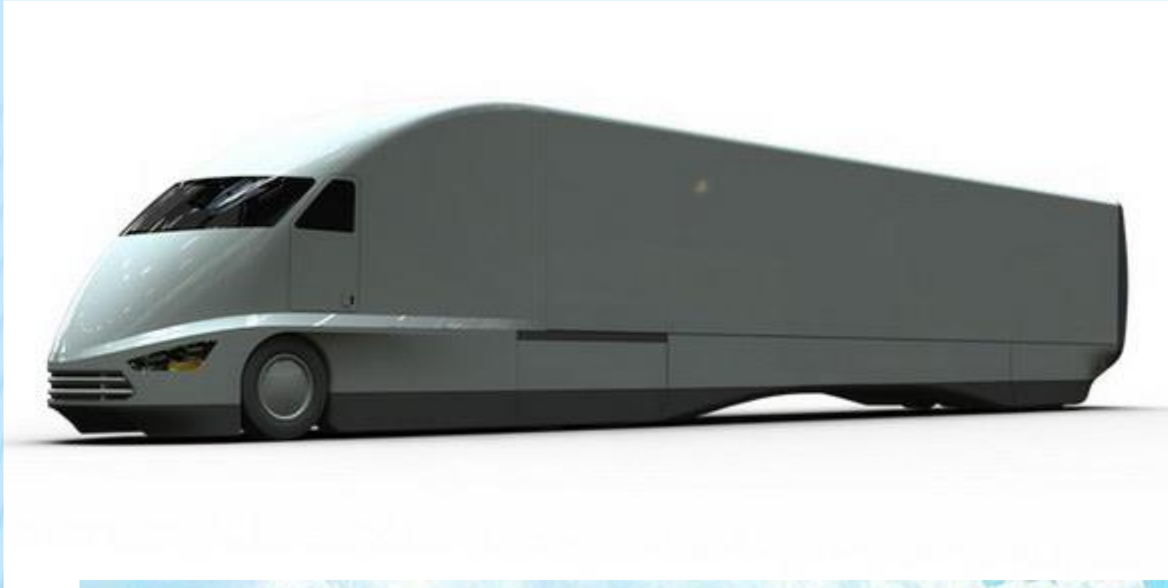

Mercedes-Benz


Arena

PELIGRO
VEHICULO
EXTRALARGO

KONSEQUENT
EFFIZIENT
MAN

INFORMATION
MAN
MAN - CONCEPT S




MOS EC 521

Aeronave	
c_d	Tipo de aeronave
0.021	F-4 Phantom II(subsónico)
0.022	Learjet 24
0.024	Boeing 787[24]
0.027	Cessna 172/182
0.027	Cessna 310
0.031	Boeing 747
0.044	F-4 Phantom II (supersónico)
0.048	F-104 Starfighter
0.095	X-15 (No confirmado)

Forma del cuerpo		C_D	*Número de Reynolds*
Cilindro circular		1,2	10^4 a $1{,}5 \times 10^6$
Cilindro elíptico	2:1	0,6	4×10^4
		0,46	10^5
	4:1	0,32	$2{,}5 \times 10^4$ a 10^5
	8:1	0,29	$2{,}5 \times 10^4$
		0,20	2×10^5
Prisma cuadrado		2,0	$3{,}5 \times 10^4$
		1,6	10^4 a 10^5
Prisma triangular	120°	2,0	10^4
	120°	1,72	10^4
	90°	2,15	10^4
	90°	1,60	10^4
	60°	2,20	10^4
	60°	1,39	10^4
	30°	1,8	10^5
	30°	1,0	10^5
Semitubo		2,3	4×10^4
		1,12	4×10^4

† Datos tomados de W. F. Lindsey, *NACA Tech. Rept.* 619, 1938.

RUGOSIDAD. SUBCAPA LAMINAR

Aún en flujo turbulento siempre existe una delgada subcapa laminar junto a las paredes de la tubería.

Si esta subcapa cubre las rugosidades, la cañería se comportará como si fuera lisa y viceversa.