



Mecánica de Energía

Pérdidas de Energía Total

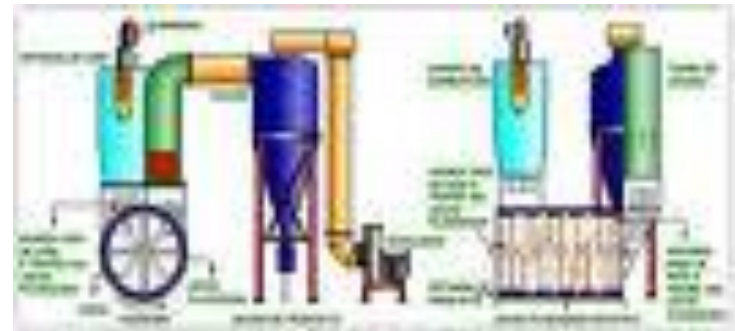
Fluidos compresibles e incompresibles

- Los **fluidos incompresibles** son aquellos en los que el volumen permanece constante independientemente de las fuerzas aplicadas, mientras que los **fluidos compresibles** son aquellos cuyo volumen puede cambiar cuando se les aplica una fuerza.



Los principios físicos más importantes en el estudio del flujo de fluidos son:

- el balance de materia "Ecuación de continuidad",
- el balance de energía "Ecuación de Bernoulli",
- y el de cantidad de movimiento



Restricciones de la ecuación de Bernoulli

- Solo es valida para fluidos incompresibles $w_1=w_2$
- No tiene en cuenta dispositivos que agreguen energía al sistema $W=0$
- No hay transferencia de calor $Q=0$
- No hay perdidas por fricción $f_t=0$





Ecuación de continuidad



Los factores que afectan la velocidad son:

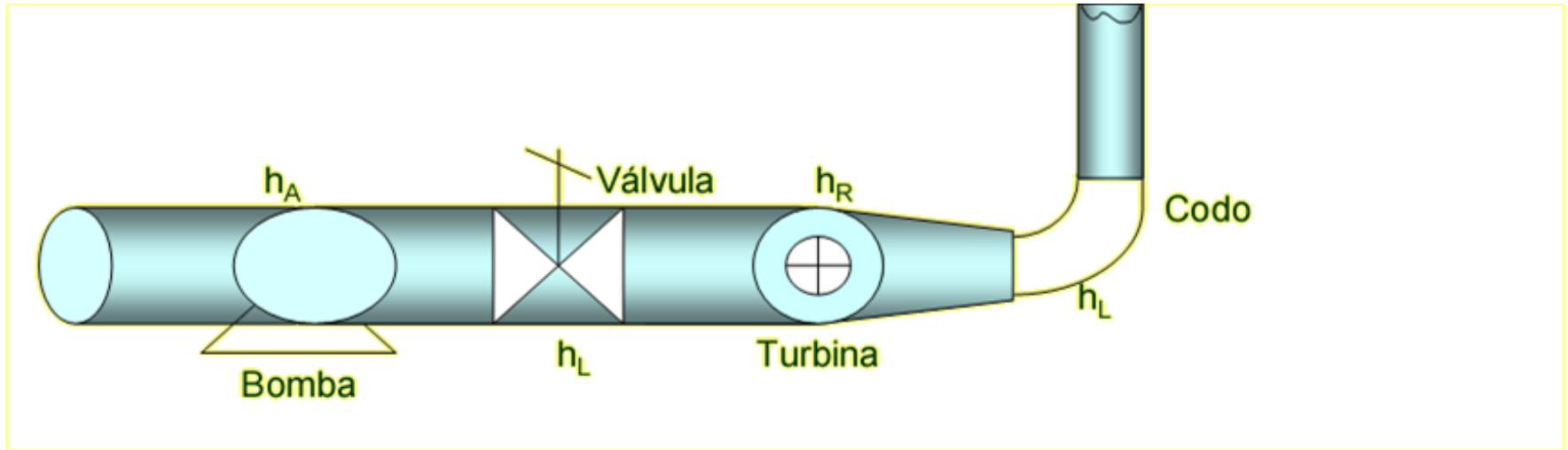
- Tipo de fluido
- Longitud del sistema de flujo
- El tipo de tubería
- La caída de presión permitida
- Bombas, accesorios, válvulas que puedan conectar para manejar las velocidades específicas
- La temperatura, la presión y el ruido
- Se debe tener en cuenta que las tuberías de gran diámetro producen baja velocidad y viceversa, tubos de pequeño diámetro altas velocidades.

APLICACIONES

- Bombear fluidos a grandes distancias desde los depósitos de almacenamiento hasta las unidades de proceso, produce una importante caída de presión, tanto en las tuberías como en las propias unidades.
- Luego es necesario el cálculo de la potencia para el bombeo y el diseño del sistema de tuberías.



Ecuación de Energía Total



$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + h_A - h_R - h_L = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma}$$

h_A = Energía añadida al fluido por una bomba u otro dispositivo

h_R = Energía consumida del fluido mediante un dispositivo mecánico, por ejemplo una turbina

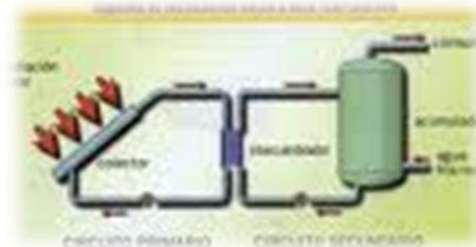
h_L = Pérdidas de energía por parte del fluido por efecto de rugosidad de las tuberías o por presencia de válvulas, conectores, etc.

Las pérdidas totales de energía h_L es dada por

$$h_L = \sum \text{perdidas por accesorios} + \sum \text{perdidas por fricción en tuberías}$$

Las pérdidas de energía por accesorios = se dan por cambios de dirección y velocidad del fluido en válvulas te, codos, aberturas graduales y súbitas entre otros

Las pérdidas por fricción = se dan por el contacto del fluido con las paredes de las tuberías y conductos que por lo general son rugosos



Pérdidas de energía

Pérdidas lineales

Fórmula de Darcy-Weisbach
(disipación viscosa en fluido y paredes)

$$h_l = f \frac{L}{D} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Pérdidas singulares

"locales", "menores"
(accesorios)

$$h_s = K_s \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Son siempre proporcionales a v^2 inv. prop a D

f coeficiente de fricción

L, D longitud/diámetro tubería

K_s coeficiente de pérdidas singulares

Pérdidas de energía debido a la fricción h_f

Es dada por la ecuación de Darcy (utilizada para flujo laminar y turbulento)

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

L = longitud de la tubería

D = Diámetro nominal del conducto

V = Velocidad de flujo

f = coeficiente de fricción (adimensional)



Pérdidas por fricción en flujo Laminar



$$f = \frac{64}{N_{Re}} \quad \text{flujo laminar}$$

$$N_{Re} = \frac{\gamma \cdot v_s \cdot D}{\mu}$$





Pérdidas por fricción en flujo Turbulento

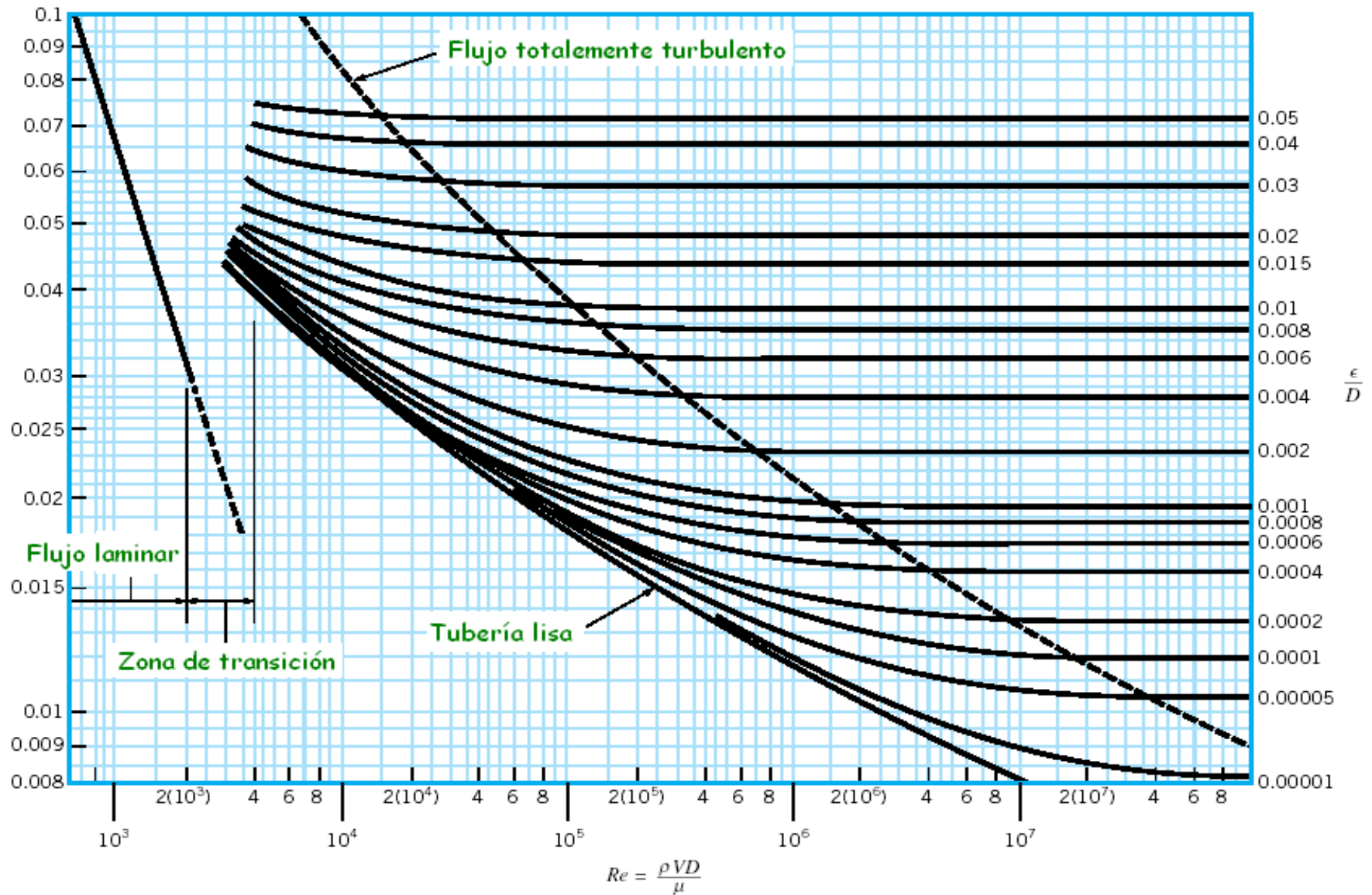
En régimen de flujo turbulento **no se puede calcular el factor de fricción (f)** como se hizo con el flujo laminar, razón por la cual se debe determinar experimentalmente.

El factor de fricción depende también de la **rugosidad (ϵ)** de las paredes del conducto.

Rugosidad equivalente para tubos nuevos

Tubería	Rugosidad equivalente, ϵ	
	pies	milímetros
Acero de remaches	0.003–0.03	0.9–9.0
Concreto	0.001–0.01	0.3–3.0
Tuberías de madera	0.0006–0.003	0.18–0.9
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Acero comercial o hierro forjado	0.00015	0.045
Tubería estirada	0.000005	0.0015
Plástico, vidrio	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

El diagrama de Moody





Pérdidas singulares o menores



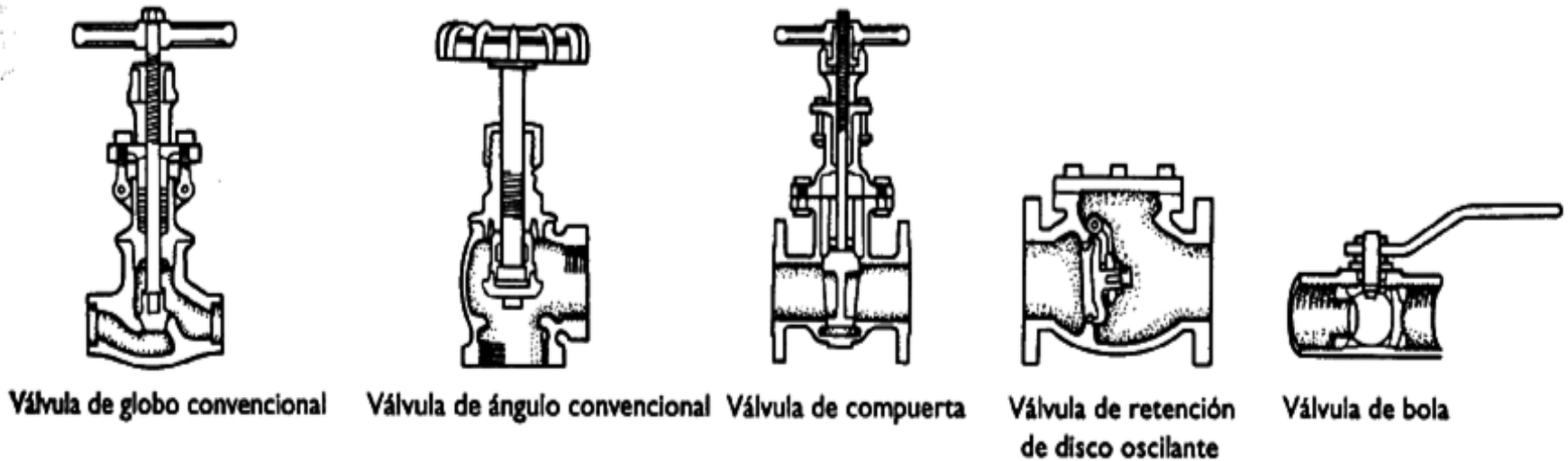
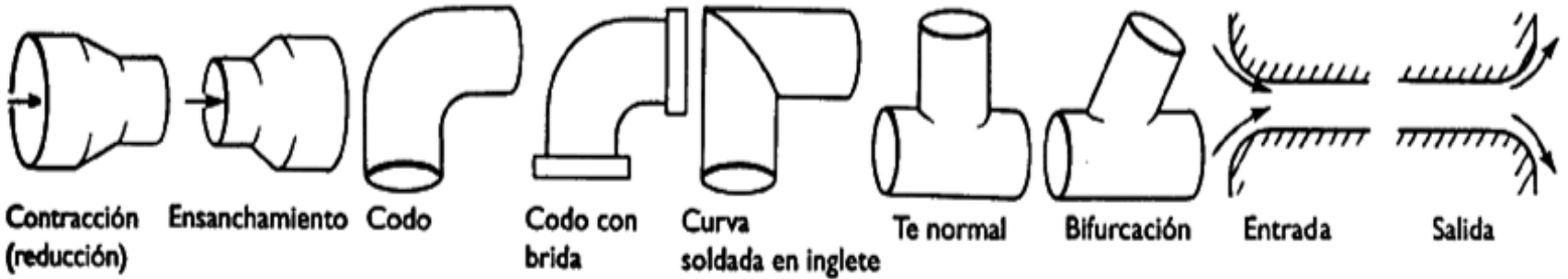
Pérdidas Menores

Los componentes adicionales (válvulas, codos, conexiones en T, etc.) contribuyen a la pérdida global del sistema y se denominan **pérdidas menores**.

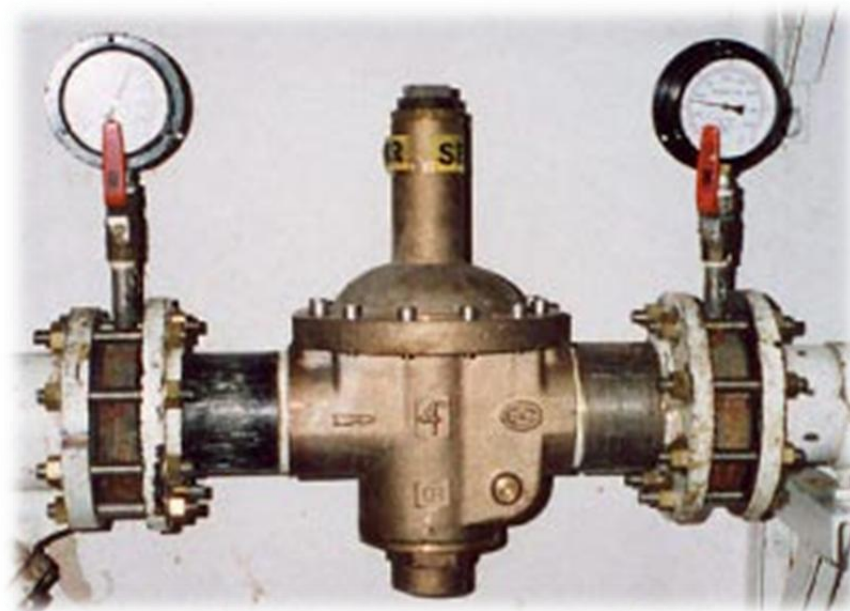
La mayor parte de la energía perdida por un sistema se asocia a la fricción en las porciones rectas de la tubería y se denomina **pérdidas mayores**.

Por ejemplo, la pérdida de carga o resistencia al flujo a través de una válvula puede ser una porción importante de la resistencia en el sistema. Así, con la válvula cerrada la resistencia al flujo es infinita; mientras que con la válvula completamente abierta la resistencia al flujo puede o no ser insignificante.

Accesorios típicos



VÁLVULAS



Coeficientes de pérdida para componentes de tubería $(h_L = K_L \frac{V^2}{2g})$

Component	K_L		
a. TUBOS ACODADOS			
Regular de 90°, embridado	0.3		
Regular de 90°, roscado	1.5		
De 90° con gran radio, embridado	0.2		
De 90° con gran radio, roscado	0.7		
De 45° con gran radio, embridado	0.2		
Regular de 45°, roscado	0.4		
b. CODOS DE 180°			
Codo de 180°, embridado	0.2		
Codo de 180°, roscado	1.5		
c. CONEXIONES EN T			
Flujo de línea, embridado	0.2		
Flujo de línea, roscado	0.9		
Flujo derivado, embridado	1.0		
Flujo derivado, roscado	2.0		
d. UNION ROSCADA	0.08		
e. VALVULAS			
De globo, completamente abierta	18		
De ángulo, completamente abierta	2		
De compuerta, completamente abierta	0,15		
De compuerta, 1/4 cerrada	0,26		
De compuerta, 1/2 cerrada	2,1		
De compuerta, 3/4 cerrada	17		
De retención a bisagra, flujo hacia adelante	2		
De retención a bisagra, flujo hacia atrás	infinito		
De bola, completamene abierta	0,05		
De bola, 1/3 cerrada	5,5		
De bola, 2/3 cerrada	2,15		

Coeficientes de pérdidas (Ks)

Válvula esférica, totalmente abierta	$K = 10$
Válvula de ángulo, totalmente abierta	$K = 5$
Válvula de retención de clapeta	$K = 2,5$
Válvula de pie con colador	$K = 0,8$
Válvula de compuerta, totalmente abierta	$K = 0,19$
Codo de retroceso	$K = 2,2$
Empalme en T normal	$K = 1,8$
Codo de 90° normal	$K = 0,9$
Codo de 90° de radio medio	$K = 0,75$
Codo de 90° de radio grande	$K = 0,60$
Codo de 45°	$K = 0,42$

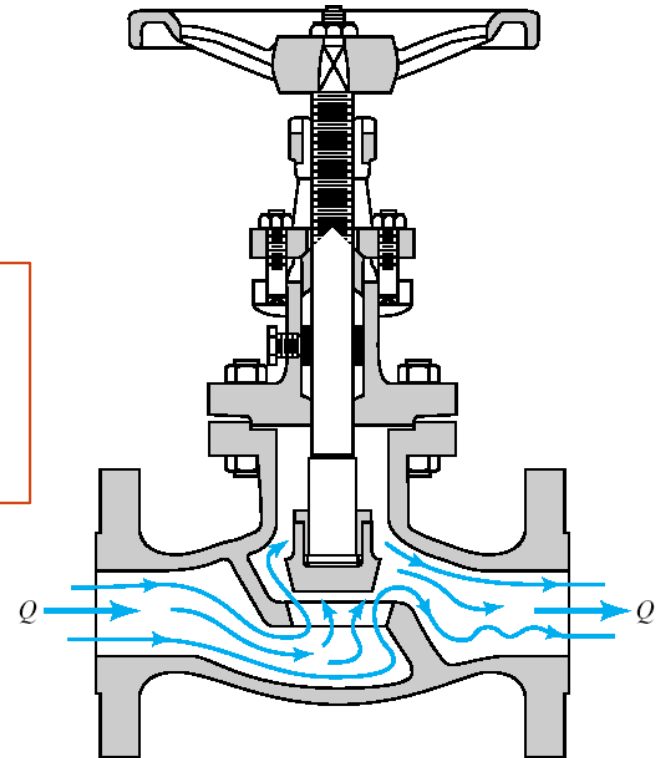
Pérdidas Menores

Un método común para determinar las pérdidas de carga a través de un accesorio o fitting, es por medio del **coeficiente de pérdida** K_L (conocido también como **coeficiente de resistencia**)

$$h_L = K_L \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

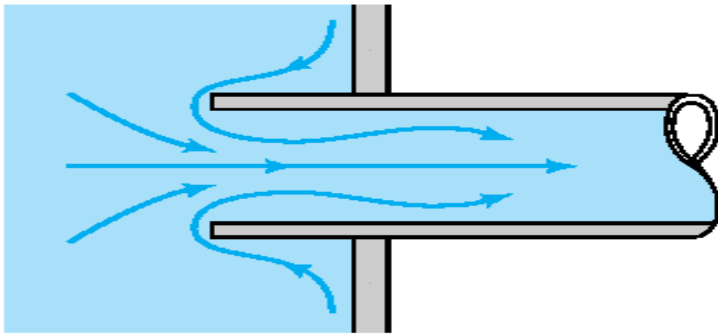
Las pérdidas menores también se pueden expresar en términos de la **longitud equivalente** L_e :

$$h_L = K_L \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

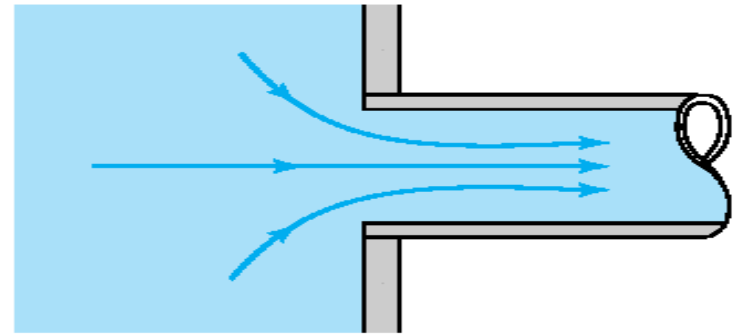


Pérdidas Menores: Condiciones de flujo de entrada

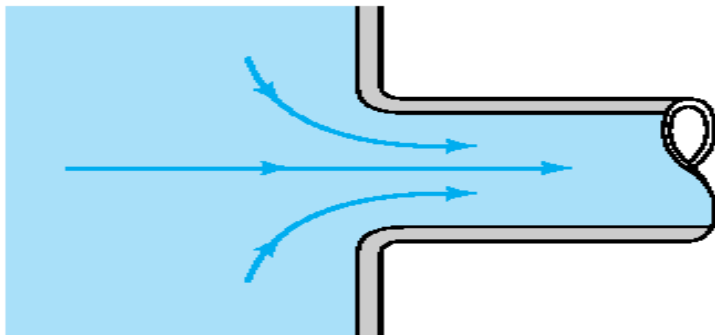
Cuando un fluido pasa desde un estanque o depósito hacia una tubería, se generan pérdidas que dependen de la forma como se conecta la tubería al depósito (condiciones de entrada):



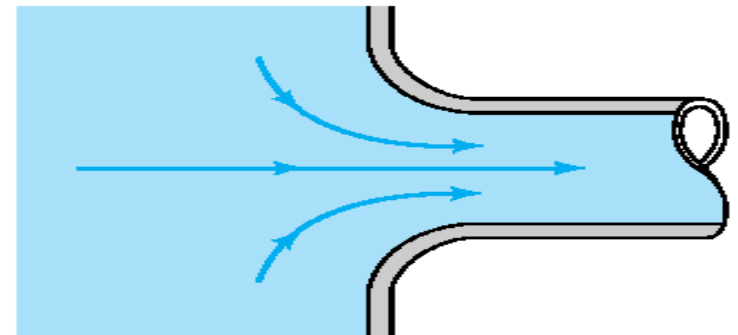
(a) Reentrante, $K_L = 0,8$



(b) de borde ahusado, $K_L = 0,5$

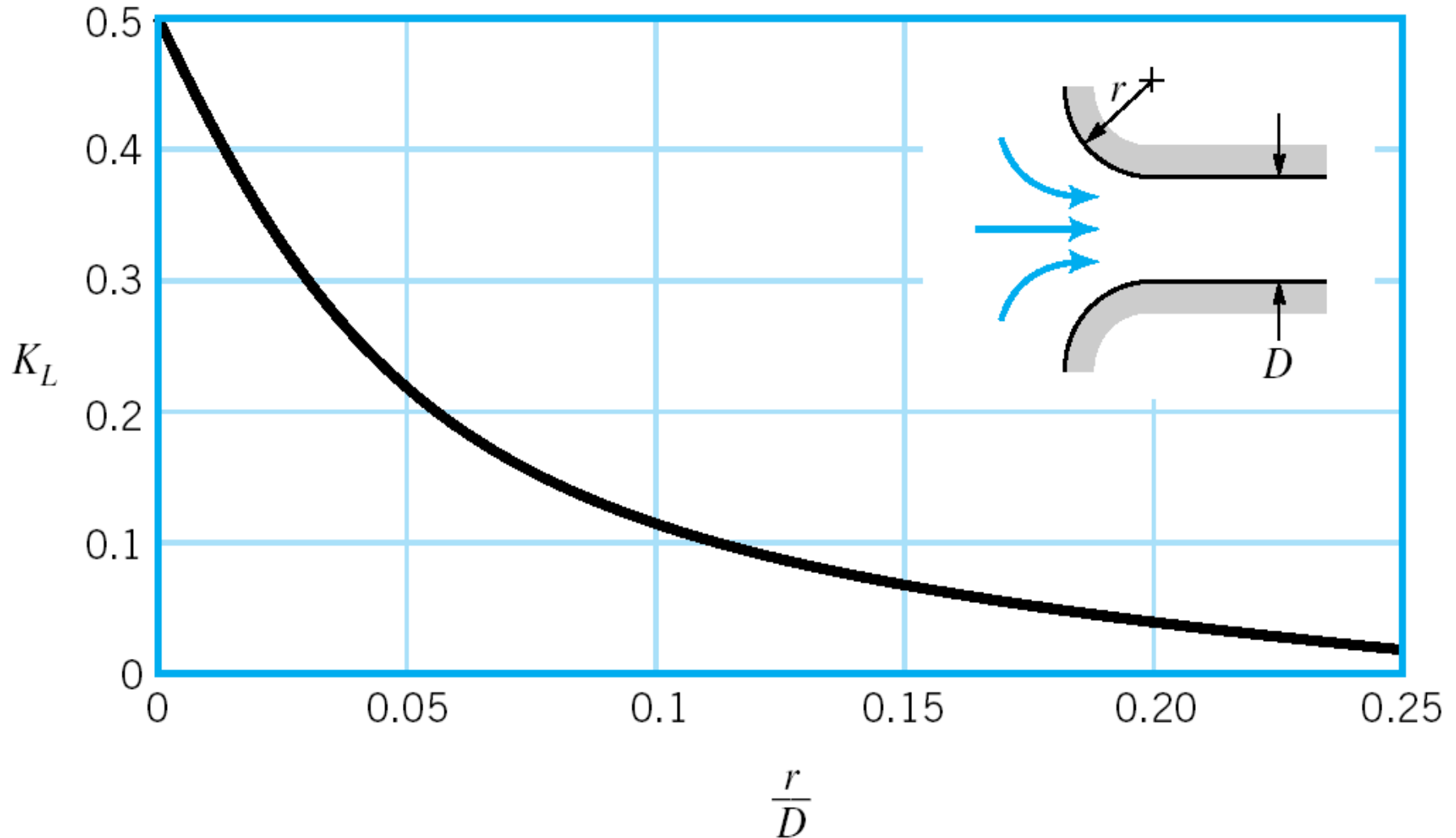


(c) ligeramente redondeado, $K_L = 0,2$



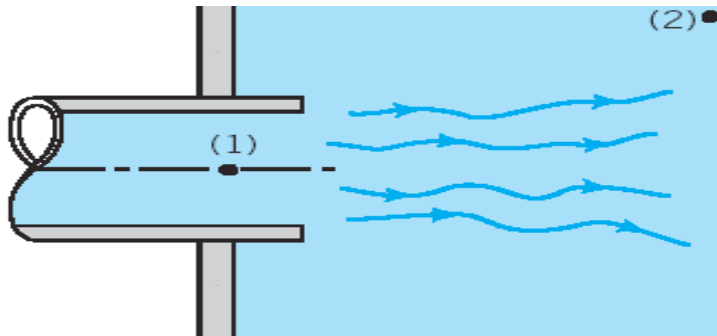
(d) bien redondeado, $K_L = 0,04$

Coeficiente de pérdida de entrada como función del redondeo del borde de entrada

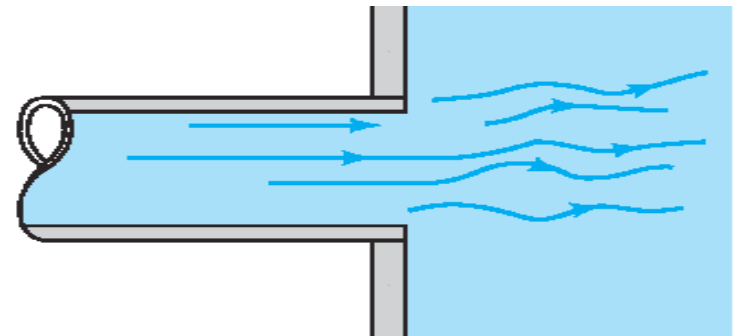


Pérdidas Menores: Condiciones de flujo de salida

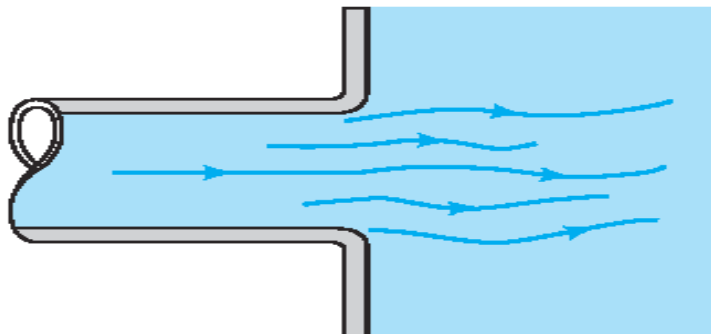
Una pérdida de carga (**la pérdida de salida**) se produce cuando un fluido pasa desde una tubería hacia un depósito.



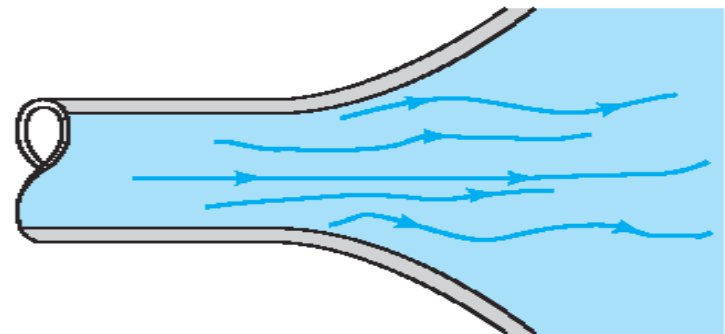
(a) Reentrante, $K_L = 1,0$



(b) de borde ahusado, $K_L = 1,0$



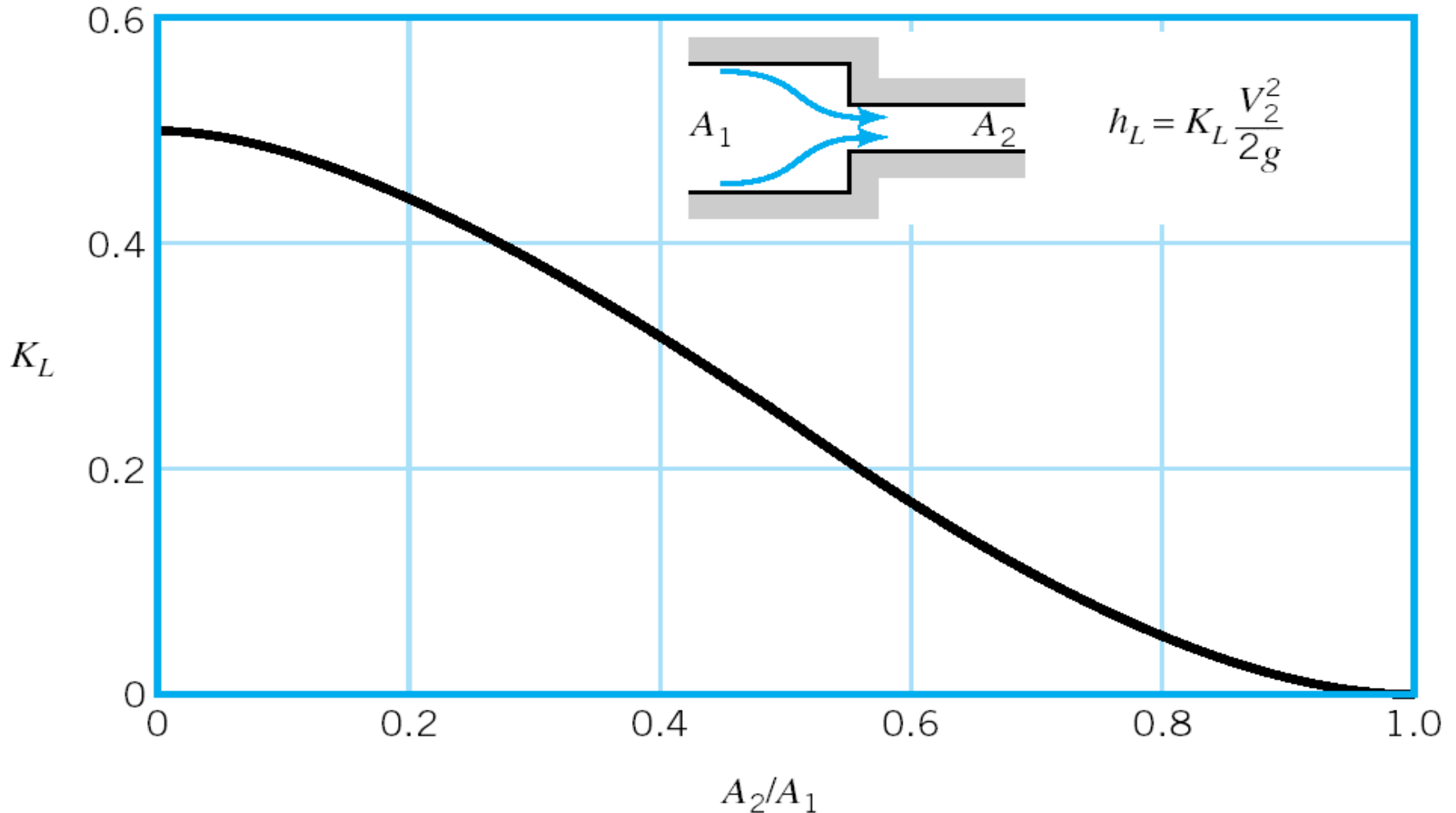
(c) ligeramente redondeado, $K_L = 1,0$



(d) bien redondeado, $K_L = 1,0$

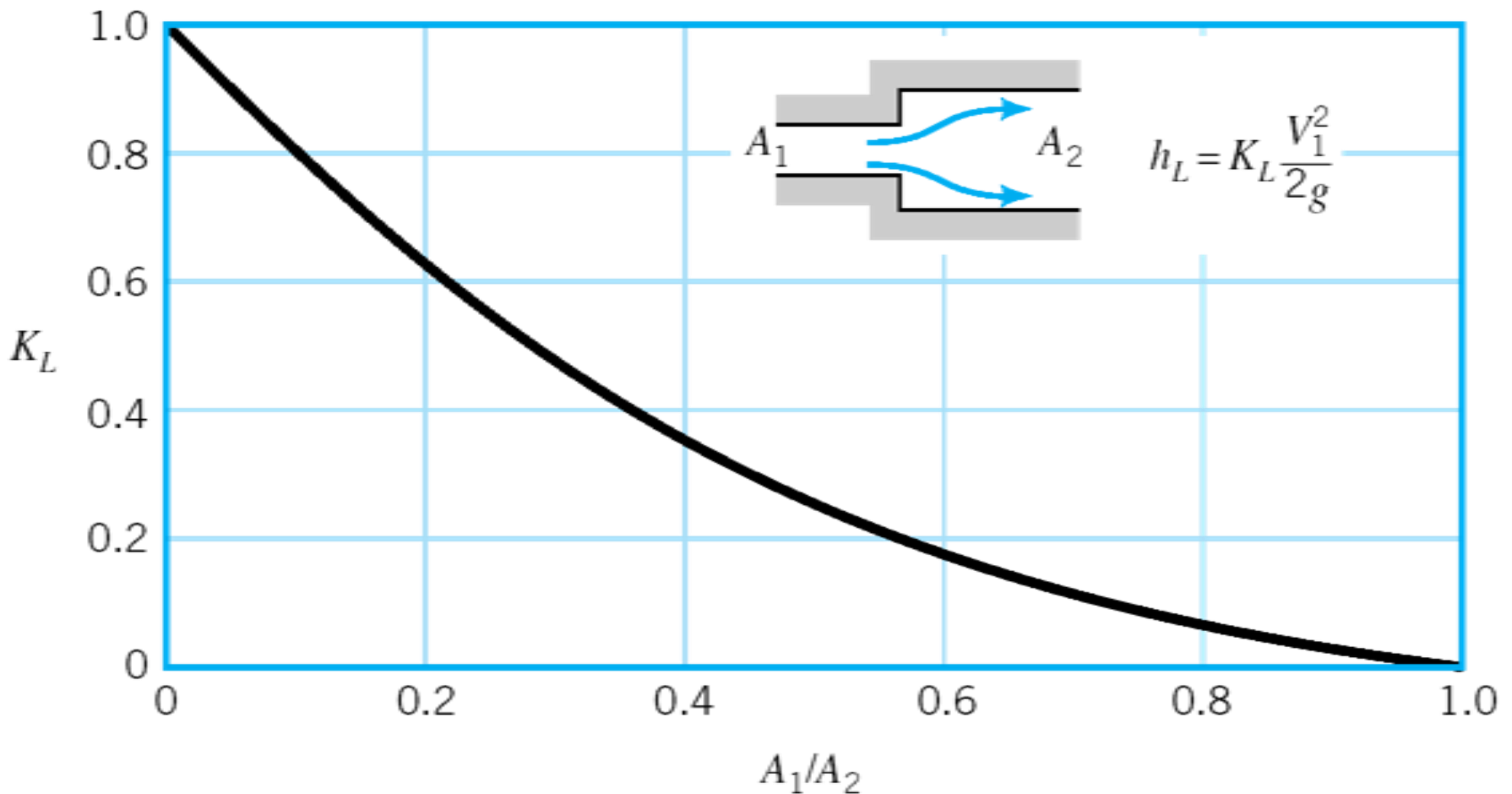
Pérdidas Menores: Contracción repentina o súbita

La pérdidas por fricción en una contracción repentina están dadas por:



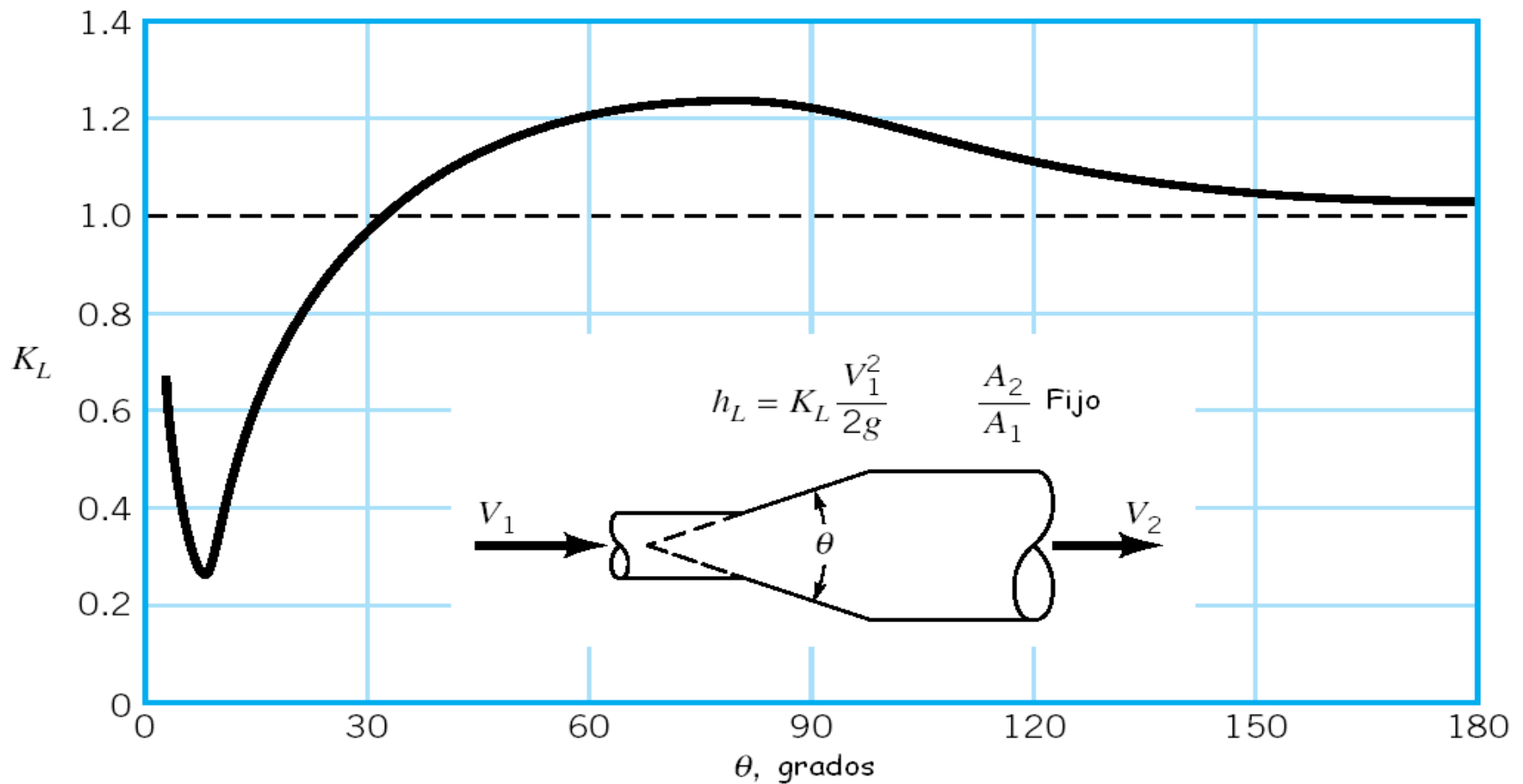
Pérdidas Menores: Expansión repentina o súbita

La pérdidas por fricción en una expansión repentina están dadas por:



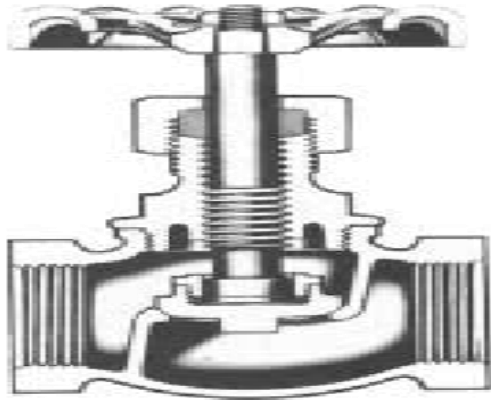
Pérdidas Menores: Difusores cónicos comunes

El flujo a través de un difusor es muy complicado y puede ser muy dependiente de la razón de áreas A_2/A_1 , de detalles específicos de la geometría y del número de Reynolds:



Pérdidas Menores: Válvulas

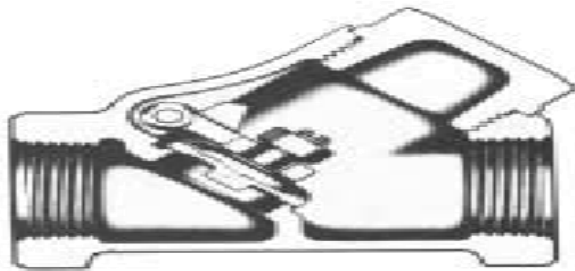
Las válvulas controlan el caudal por medio de un mecanismo para ajustar el coeficiente de pérdida global del sistema al valor deseado. Al abrir la válvula se reduce K_L , produciendo el caudal deseado.



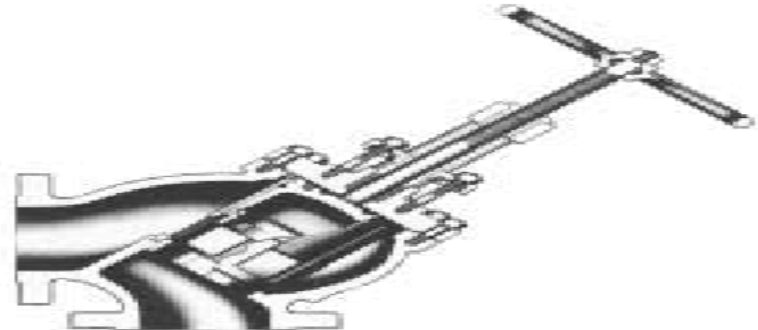
(a) Válvula esférica



(b) Válvula de compuerta



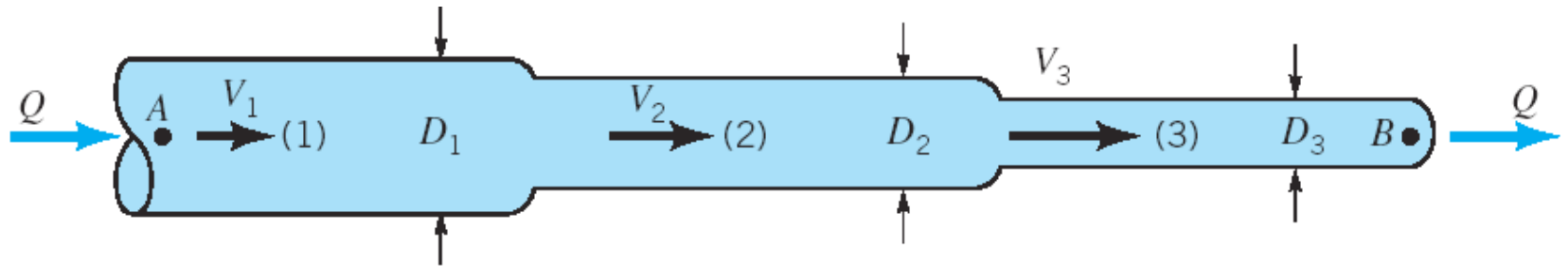
(c) Válvula de retención o bisagra



(d) Válvula de cierre

Sistema de línea de tuberías en serie

Si un sistema se arregla de manera tal que el fluido fluye a través de una línea continua sin ramificaciones, dicho sistema se conoce como **sistema en serie**. Toda partícula de fluido que pasa por el sistema pasa a través de cada una de las tuberías.



Sistema de tuberías en serie

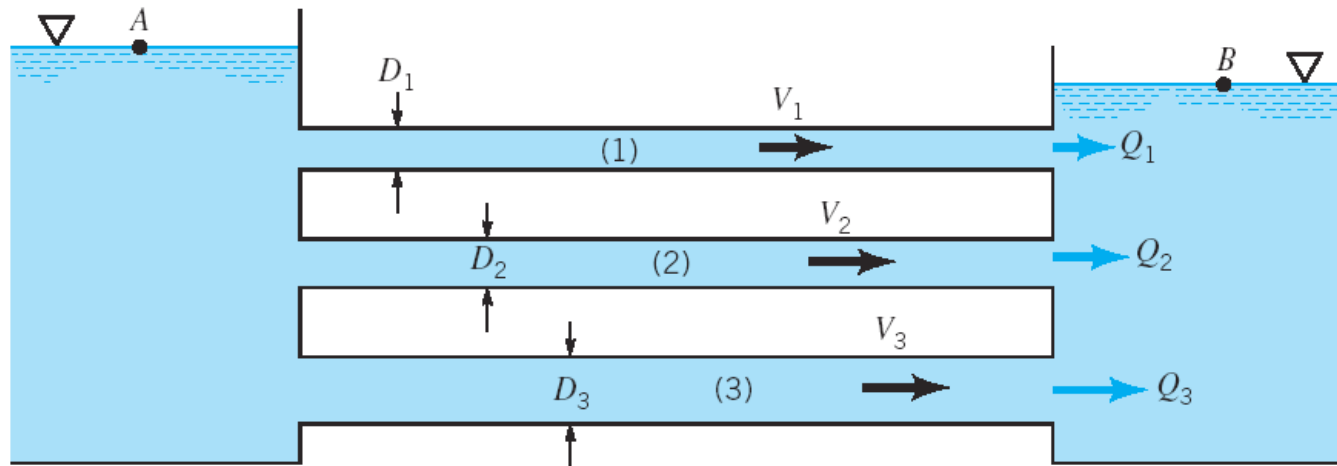
El caudal (pero no la velocidad) es el mismo en cada tubería, y la pérdida de carga desde el punto A hasta el punto B es la suma de las pérdidas de carga en cada una de ellas:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$h_{L_{A \rightarrow B}} = h_{L_1} + h_{L_2} + h_{L_3}$$

Sistema de línea de tuberías en paralelo

En este **sistema en paralelo**, una partícula de fluido que se desplaza desde A hasta B puede seguir cualquiera de las trayectorias disponibles, donde el caudal total es la suma de los caudales en cada tubería



Sistema de tuberías en paralelo

La pérdida de carga entre A y B de cualquier partícula que se desplace entre dichos puntos es la misma, es decir, independientemente de la trayectoria seguida:










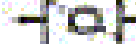








$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$


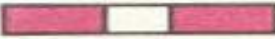





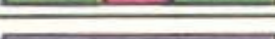




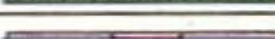




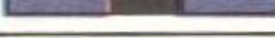









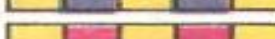



















$$h_{L_{A \rightarrow B}} = h_{L_1} = h_{L_2} = h_{L_3}$$

Accesorios



SIMBOLOGIA EMPLEADA EN UN ISOMÉTRICO:

	—————	Tubería	=====	
	codo			válvula de compuerta
	Ye			válvula de globo
	Te			válvula de retención
	reducción			válvula de bola
	ampliación			válvula de mariposa
	bomba			válvula de ángulo
	ventilador			válvula de alivio
	colador tipo "y"			trampa de vapor
	compresor			medidor de flujo

Caracterización de tuberías	Color y utilización	Colores característicos
 Vapor saturado  Vapor calentado	 Vapor	 Vapor residual
 Agua potable  Agua caliente  Agua de condensación  Agua a presión	 Agua	 Salmuera  Agua utilizable  Agua residual  Agua para rociado
 Aire de soplante  Aire caliente	 Aire	 Aire comprimido  Polvo de carbón
 Gas de tragante (horno alto y otros de fusión) purif.  Gas de tragante bruto  Gas de generador  Gas ciudad o de coquería  Gas de agua  Gas de petróleo	 Gas	 Acetileno  Dióxido de carbono  Oxígeno  Hidrógeno  Nitrógeno  Amoniaco
 Acido	 Acido	 Acido concentrado
 Lejías	 Lejía	 Lejía concentrada
 Aceite  Gas-oil  Aceite de alquitrán	 Aceite	 Gasolina  Benzol
	 Alquitrán	 Alquitrán
	 Vacío	 Vacío