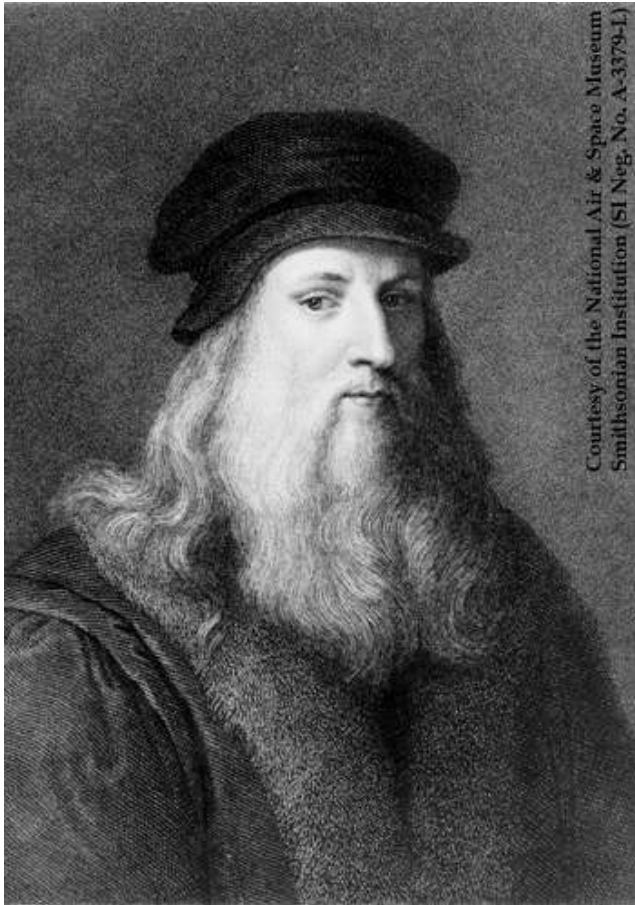


# Hidráulica

## Conceptos fundamentales

Hidráulica. Del latín **hydraulica**, y esta del griego **hydraulike**, que se deriva de **hydraulis**, que en español significa tubo de agua, ya que **hydor** = agua y **aulos** = tubo.

Otros autores lo traducen como órgano de agua, del griego **hydor** = agua y **aulein** = tocar la flauta; y se debe a que **hidraulicus** es un antiguo instrumento musical precursor del órgano actual, en el que un depósito de agua estabiliza la presión del aire que pasa por los tubos o flautas.



**Leonardo da Vinci**, se refería a que “en la hidráulica la experiencia va antes que la razón”. Este pensamiento sigue en vigencia, en el que vemos que el tratamiento empírico o experimental ha prevalecido sobre el razonamiento teórico a pesar de la cantidad de modelos matemáticos que tratan de simular una realidad, sin lograr representarla en su totalidad.

# Carga y presión de un fluido

Es común expresar presiones en términos de carga.

La carga no es más que una forma de expresar la presión, la diferencia entre ambas son las unidades.

La presión es la fuerza superficial ejercida por un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contienen (fuerza por unidad de área). Teniendo en cuenta la teoría se obtiene la expresión para la presión:

$$P = F/A \quad P = \text{presión}, \quad F = \text{fuerza}, \quad A = \text{área}$$

En hidráulica se consideran dos variables: **fuerza** y **presión**.

- **Fuerza.** Es toda acción capaz de cambiar de posición un objeto.

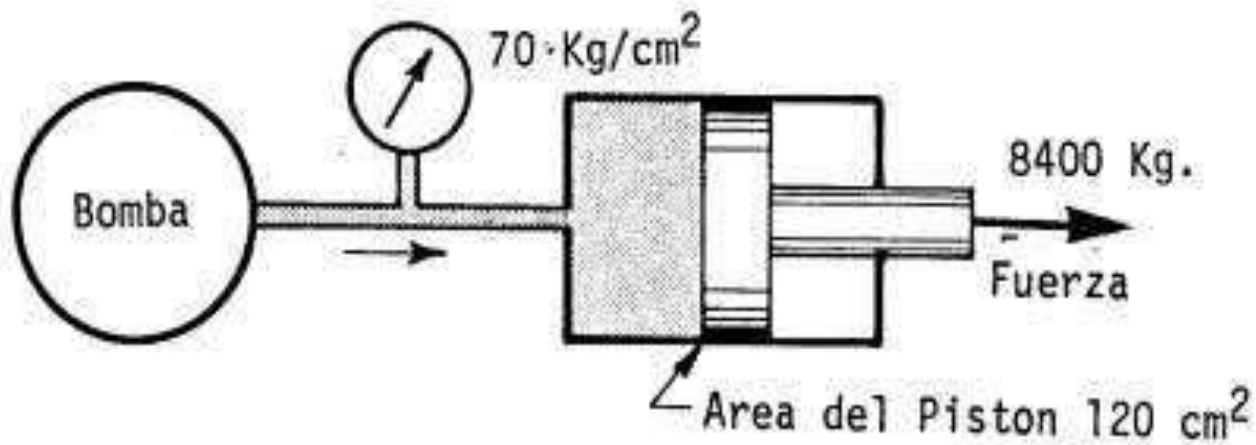
Ej.: el peso de un cuerpo es la fuerza que ejerce, sobre el suelo, ese objeto.

- **Presión.** Es el resultado de dividir esa fuerza por la superficie que dicho objeto tiene en contacto con el suelo. De allí:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Superficie} \quad P = F / S$$

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \times \text{Superficie} \quad F = P \times S$$

$$\text{Superficie} = \text{Fuerza} / \text{Presión} \quad S = F / P$$



La presión se mide en:

$\text{kg}/\text{cm}^2$ , PSI, Pascal, kilopascal, Bar, centibar, Atmósfera, MCA, pF.

## **Energía hidráulica.**

Es la capacidad que tiene una masa de agua para realizar un trabajo que consiste en el desplazamiento del fluido a lo largo de un conducto. Se requiere un potencial hidráulico que puede ser dado por un desnivel topográfico, un tanque de carga o por un sistema de bombeo.

Hay tres tipos energía hidráulica:



Daniel Bernoulli  
1700 - 1782

El principio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente.

Expresa que un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido



La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- Cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
- Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

# Energía cinética por unidad de peso o cabeza de velocidad ( $E_c$ ).

Es la energía que posee el agua en virtud del movimiento con una velocidad ( $V$ ). Representa la altura a la que subiría un líquido si es lanzado verticalmente con una velocidad ( $V$ ).

$$\text{Energía cinética total} = \frac{1}{2} m V^2$$

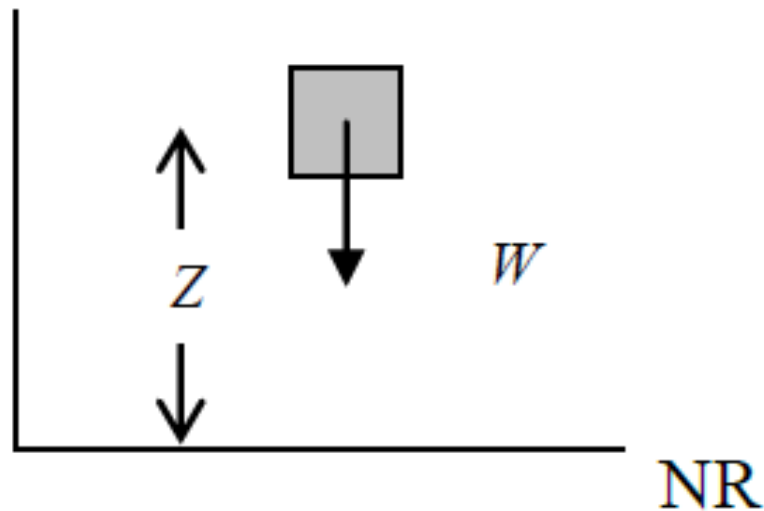
$$m = W/g$$

$$E_c = \frac{1}{2} \frac{W}{g} \frac{V^2}{W}$$

$$E_c = \frac{V^2}{2g} \text{ [m]}$$

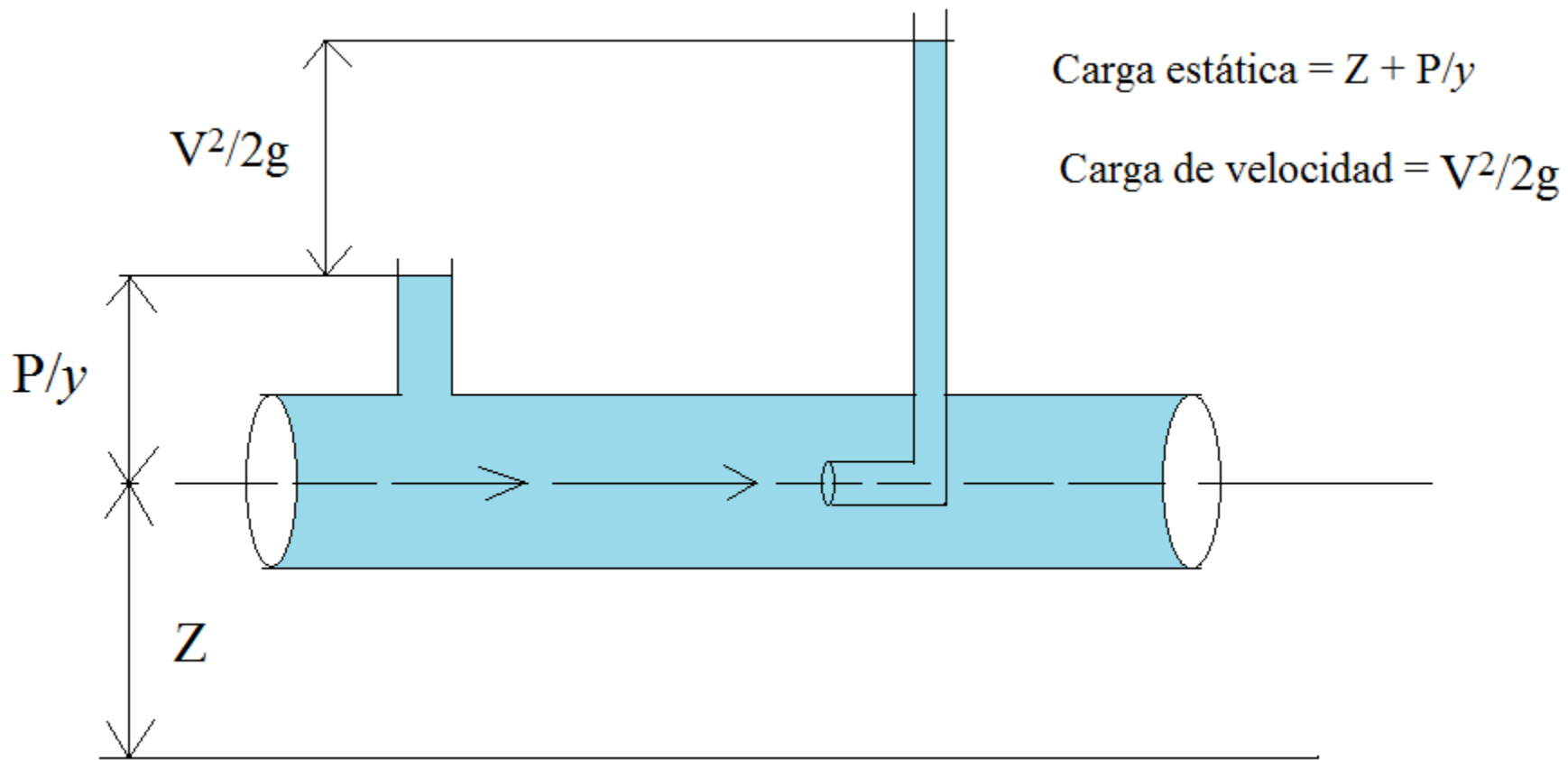
## Energía de posición ( $E_p$ ).

Energía que posee un fluido debido a su posición con relación a un determinado plano de referencia.

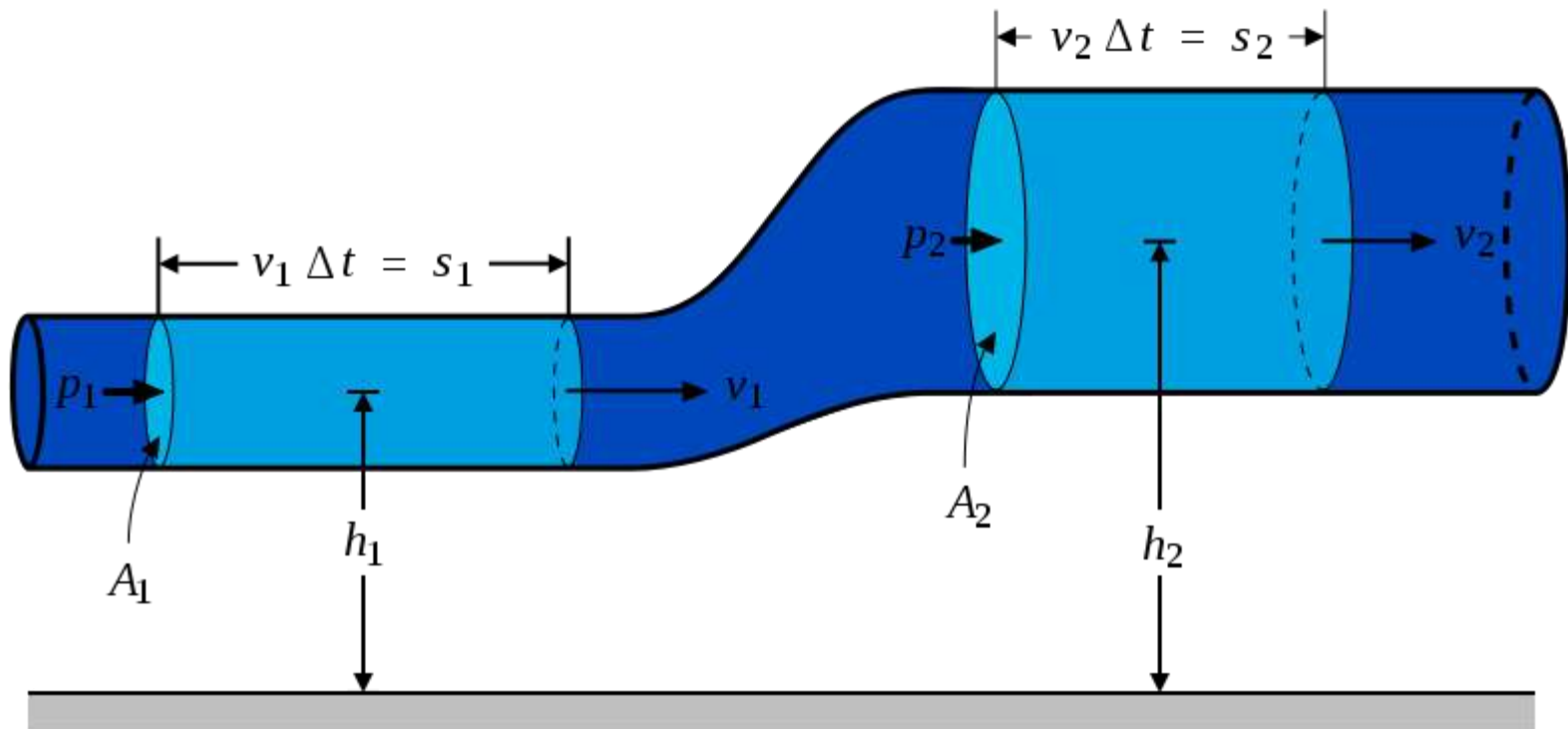


## **Energía de presión o altura piezométrica ( $E_{pr}$ ).**

Se debe a la fuerza que actúa sobre el área transversal de un conducto. La energía de presión se representa por la altura de columna líquida que está por encima del punto considerado.

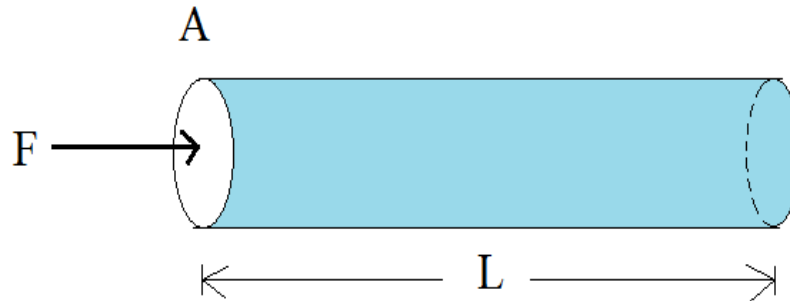


Principio de Bernoulli



Principio de Bernoulli

# Energía de presión o altura piezométrica (Epr).



$$p = F/A$$

$$T = FL$$

$$T = pAL$$

$$T = pV$$

$$V = W/\gamma$$

$p$  = presión

$F$  = fuerza

$A$  = área

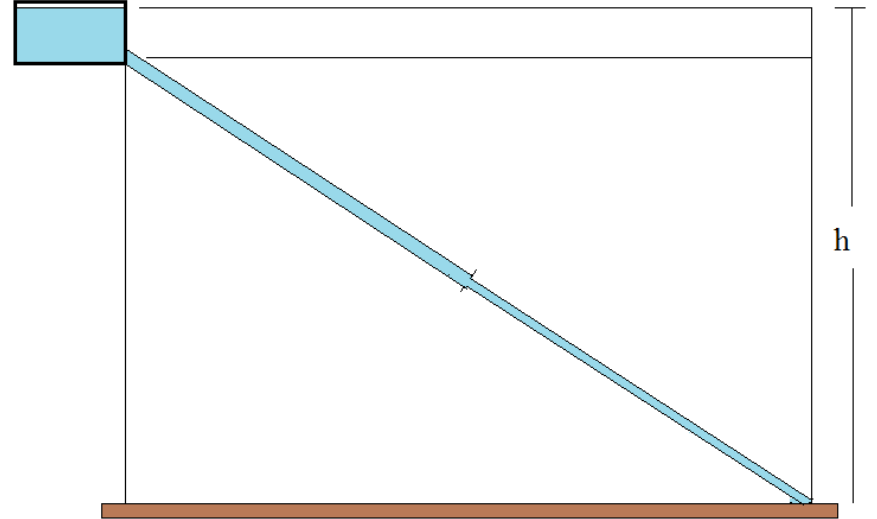
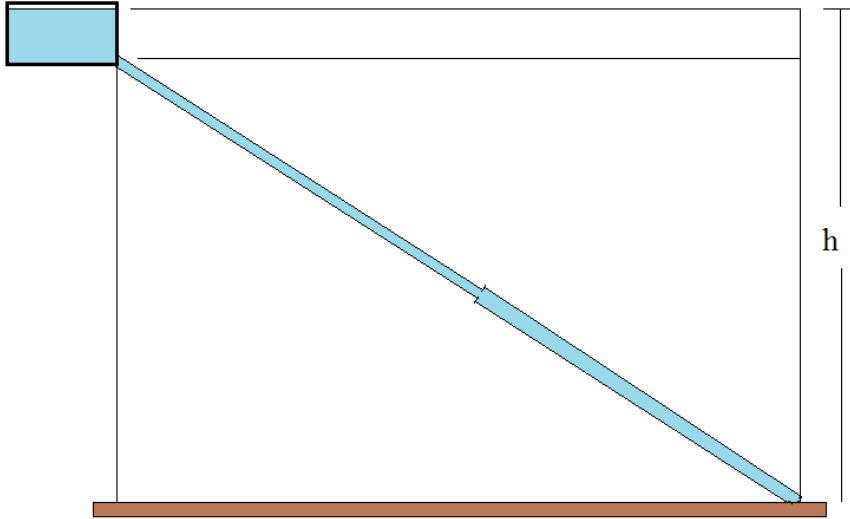
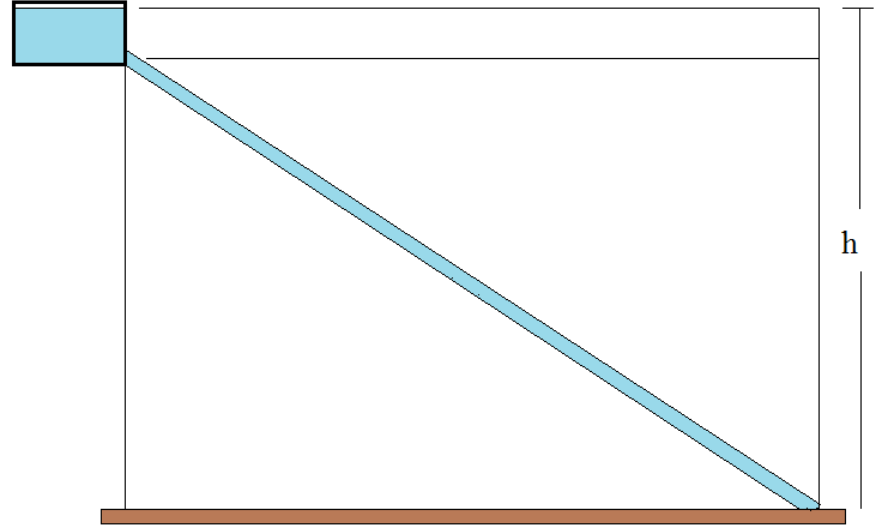
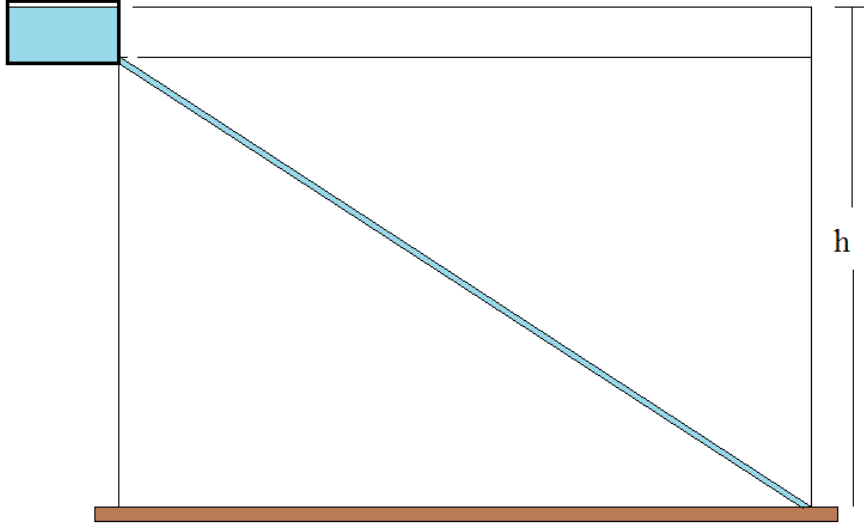
$V$  = volumen

$\gamma$  = peso específico del fluido

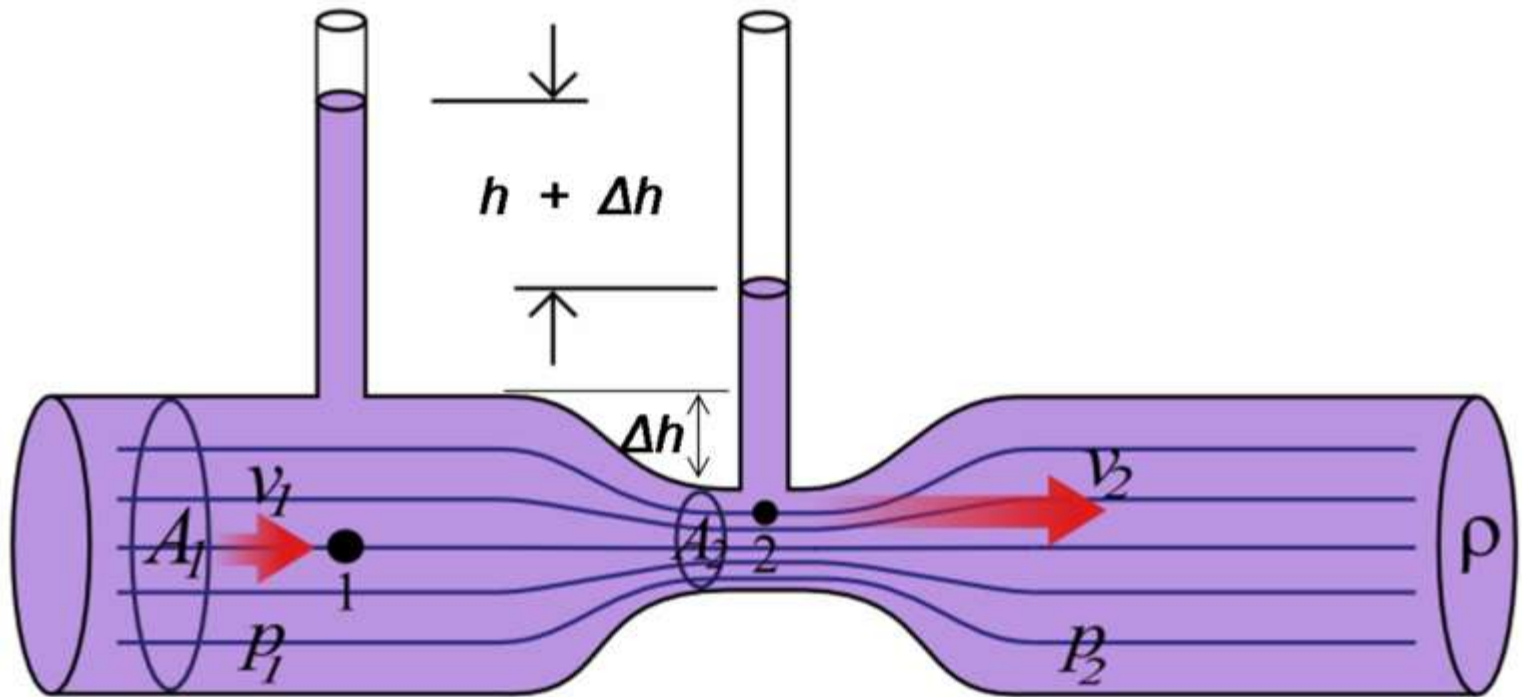
$$T = pW/\gamma$$

$$Epr = T/W$$

$$Epr = p/\gamma \quad [\text{m}]$$







La velocidad del flujo de agua en un sistema de riego presurizado no debe ser mayor de 3 metros por segundo

## Energía hidráulica total.

Es la suma de los tres tipos de energía.

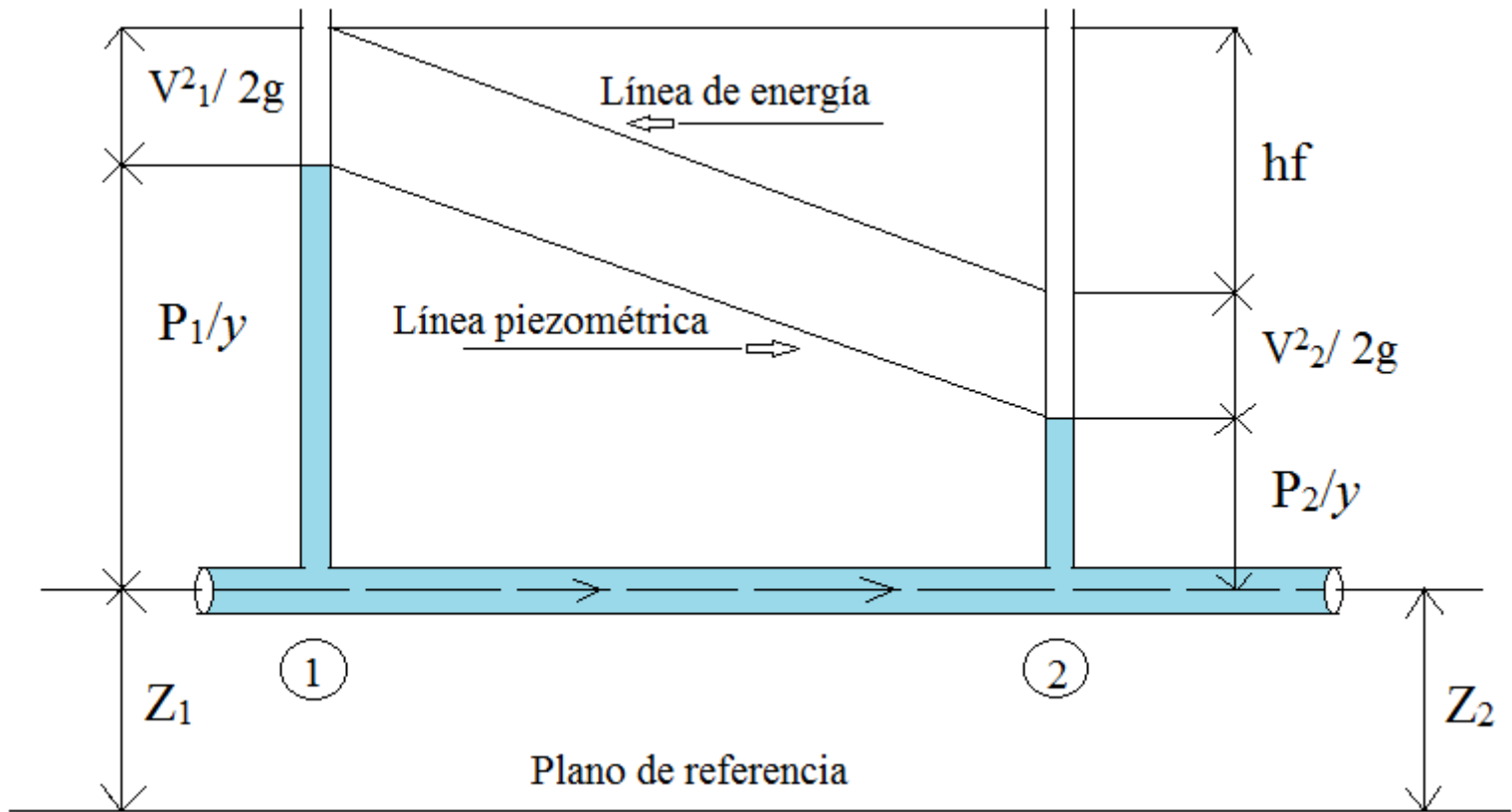
$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \quad [\text{m}]$$

$H$  = energía hidráulica total por unidad de peso

$Z$  = energía potencial por unidad de peso o cabeza de posición

$P/\gamma$  = energía de presión por unidad de peso o cabeza de presión

$V^2/2g$  = energía cinética por unidad de peso o cabeza de velocidad



Representación gráfica de los componentes de la energía hidráulica total en un conducto a presión. Azevedo N., J.M. y Acosta A., G., 1975

La expresión para la pérdida por fricción se representa así:

$$p_1/\gamma + V^2_1/2g + Z_1 = p_2/\gamma + V^2_2/2g + Z_2 + hf$$

Los subíndices indican el cambio de sección en la trayectoria.

$hf$  = pérdida de presión por fricción.

## Pérdidas de carga en tuberías

Litros por hora	Diámetro interno de tuberías en mm											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
	Metros manométricos por cada 100 m de recorrido horizontal.											
500	8.9	2.1	0.6									
800	20.2	4.7	1.3	0.4								
1,000	29.8	7.0	1.9	0.6								
1,500		14.2	3.9	1.2	0.5							
2,000		23.5	6.4	2.0	0.9							
2,500			9.4	2.9	1.3	0.4						
3,000			13.0	4.0	1.8	0.5	0.2					
3,500			17.0	5.3	2.3	0.6	0.2					
4,000			21.5	6.6	2.9	0.8	0.3	0.1				
4,500				8.2	3.6	1.0	0.3	0.1				
5,000				9.8	4.3	1.2	0.4	0.2				
5,500				11.6	5.1	1.4	0.5	0.2				
6,000				13.5	6.0	1.6	0.5	0.2				
6,500				15.5	6.9	1.9	0.6	0.3				
7,000				17.7	7.8	2.1	0.7	0.3				
8,000				22.4	9.9	2.7	0.9	0.4	0.2			
9,000					12.1	3.3	1.1	0.5	0.2			
10,000					14.6	4.0	1.3	0.6	0.3	0.1		
12,000					20.1	5.5	1.8	1.8	0.4	0.2		
15,000					29.7	8.1	2.7	1.2	0.5	0.3		
18,000						11.1	3.7	0.7	0.4	0.1		
20,000						13.1	4.5	1.9	0.9	0.5	0.2	
25,000						19.7	6.6	2.9	1.3	0.7	0.3	
30,000							9.0	4.0	1.8	1.0	0.3	0.1
35,000							11.8	5.2	2.3	1.3	0.5	0.2
40,000							15.0	6.5	2.9	1.7	0.6	0.2
45,000							18.4	8.0	3.6	2.0	0.7	0.3
50,000								9.7	4.3	2.5	0.9	0.4

Las pérdidas de carga localizada o accidental se expresan como una fracción o un múltiplo de la llamada "**altura de velocidad**" de la forma:

$$h_v = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:  $h_v$  = Pérdidas localizadas.

$K$  = Coeficiente determinado.

$V$  = Velocidad media del agua antes o después del punto singular.

## Tabla de valores de $K$ para diferentes tipos de punto singulares:

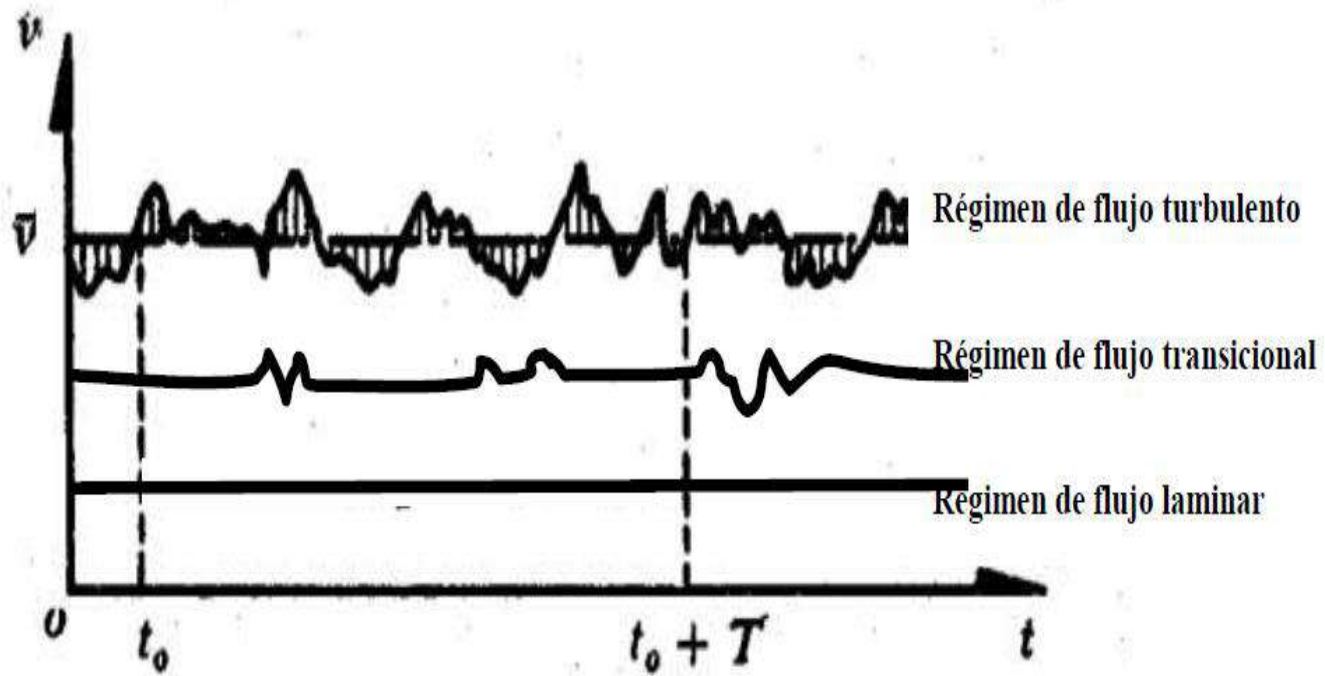
Tipo de singularidad	$K$
Válvula de compuerta totalmente abierta	0.2
Válvula de compuerta abierta al 50%	5.6
Válvula de cheque o de pie	2.5
Codo de 90°	1.0
Codo de 45°	0.4
Te de flujo recto	0.4
Te de derivación	1.5
Empalme (entrada a una tubería)	0.5
Salida de una tubería	1.0
Ensanchamiento brusco (aumento de diámetro)	$(1-(D_1/D_2)^2)^2$
Reducción brusca de sección (disminución del diámetro)	$0.5(1-(D_1/D_2)^2)^2$
Reducción	0.03
Medidor de agua	0.5 – 1.0



**Flujo laminar.** Se debe al contacto entre el fluido y la frontera sólida del conducto. El flujo de régimen laminar ocurre, si las fuerzas viscosas (FV) son muy fuertes con relación a las fuerzas inerciales (FI). Se presenta cuando el gradiente de velocidad es muy bajo, de forma que la fuerza viscosa es grande y las partículas del fluido se desplazan con trayectoria definida. Ej.: Las pinturas, la miel y la sangre en algunas venas y arterias.

$$FV > FI$$

**Flujo turbulento.** Se debe al contacto entre el fluido y la frontera sólida del conducto y al contacto entre partículas de agua. Constituyen las mayores pérdidas de energía. Al aumentar la velocidad del flujo laminar las partículas chocan entre sí y se desvían siguiendo trayectorias irregulares.



Régimen de flujo.

# Diámetro de tuberías

## Breese.

Propuso la siguiente ecuación para estimar el diámetro de tuberías, conociendo el caudal.

$$D = 1.5 \sqrt{Q}$$

Donde: D = Diámetro en m.  
Q = Caudal en m.s<sup>-1</sup>

Ejemplo: Q = 25 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> = 0.006944 m.s<sup>-1</sup>

$$D = 1.5 \sqrt{0.006944}$$

$$D = 0.1250 \text{ m ( = 125 mm / 25.4 = 4.92" )}$$

Largo de laterales

# Porcentaje de suelo mojado según Karmeli y Keller.

Distancia entre las líneas portaeisores en m.	CAUDAL DE EMISORES														
	MENOS DE 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			MAS de 12 l/h		
	SEPARACION DE LOS EMISORES EN DISTINTOS TIPOS DE SUELOS, EXPRESADA EN m.														
	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
PORCENTAJE DE SUELO MJADO A 30 cm DE PROFUDIDAD															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

C = Arenoso, M = Franco, F = Arcilloso.

## Largo de laterales según tabla T-tape.

Modelo	UE	Metros	Máxima Longitud de Línea en Metros a 0.55 bar
* 310-15-680	90%	39	39
505-20-500	90%	100	100
505-20-125	90%	245	245
506-30-340	90%	150	150
506-20-500	90%	115	115
506-30-170	90%	233	233
508-30-340	90%	150	150
508-20-250	90%	177	177
508-30-170	90%	233	233
508-20-500	90%	115	115
508-30-250	90%	177	177
510-30-340	90%	150	150
515-30-340	90%	150	150
706-30-170	92%	405	405
708-30-170	90%	405	405
708-30-340	90%	265	265
710-30-170	90%	405	405
715-30-170	90%	405	405
915-60-210	90%	560	560
1115-40-210	90%	760	760



# **Potencia de la bomba**

**Para estimar la potencia de una bomba se debe de conocer la CDT.**

$$CDT = H_f + H_s + H_g + H_e + H_{sing}$$

Donde

CDT : Carga dinámica total.

$H_f$  :  $\Sigma$  pérdidas por fricción hasta el ultimo emisor.

$H_s$  : Altura de succión de la bomba.

$H_g$  : Diferencia de altura entre la matriz (bomba) y el ultimo dispositivo.

$H_e$  : Presión de operación del emisor.

$H_{sing}$  : Se estiman en un 20% de la  $H_f$ .

# Potencia de la bomba (1).

$$\text{BHP} = Q \times H / 75 \times n$$

Donde

BHP : Potencia de la bomba (CV)

Q : Caudal de bombeo en litros por segundo ( $\text{l.s}^{-1}$ ).

H : Altura dinámica total (m).

75 : Constante.

N : Rendimiento de la bomba (normalmente se asume 0.60 (60%) cuando no se conoce dicho valor).

## Potencia de la bomba (2).

$$PB = (Q_m \times CDT) / (270 \times efB \times efM)$$

Donde

PB : Potencia de la bomba (HP)

Q<sub>m</sub> : Caudal de bombeo en (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>)

CDT : Carga dinámica total (m).

270 : Constante.

efB : Eficiencia de la bomba (80%).

efM : Eficiencia del motor (90%).

Ejemplo 1.

Asumiendo:

$$Q = 25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 6.94 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$H = 148.01 \text{ m de carga total.}$$

Eficiencia de la bomba = 85%.

$$\text{BHP} = (6.94 \times 148.01) / (75 \times 0.85)$$

$$\text{BHP} = 16.1 \text{ CV}$$

(Se selecciona una bomba de 20 CV).

Ejemplo 2.

$$PB = (Q_m \times CDT) / (270 \times ef_B \times ef_M)$$

Utilizando los datos del ejemplo 1

$$PB = (25 \times 148.01) / (270 \times 0.80 \times 0.90)$$

$$PB = 19.03 \text{ HP}$$

(Se selecciona una bomba de 20 HP)

## **Presión de operación sistemas de riego presurizado.**

Un sistema de riego presurizado, requiere de un rango de presión determinada para que funcione óptimamente.

En general, los requerimientos de presión de operación de los emisores vienen dados por el fabricante.

Emisores: goteros, microaspersores, aspersores, nebulizadores.

---

<b>Sistema</b>	<b>Presión de operación</b>	
	PSI	Atmósferas
Goteo (baja presión)	1.4 – 4.2	0.1 – 0.3
Goteo (“alta” presión)	8 – 15	0.6 – 1.0
Aspersión	25 – 35	1.8 – 2.5
Micro aspersión	45 – 55	3.2 – 3.9
Nebulizado	65 - 75	4.6 – 5.4

---



## Medidas de presión y su comparación con una atmósfera.

1 Atmósfera =	10 m.c.a (metros de columna de agua)
	1.033 kg.cm <sup>2</sup>
	1.013250 Bar
	1013.25 milibares (mbar)
	101.325 kilopascal (Kpa)
	759.99 mm de columna de mercurio
	75.999 cm de columna de mercurio
	14.6959 PSI (libras por pulgada cuadrada)