

CALCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA

PRESIONES

Presión atmosférica. Es la fuerza ejercida por la atmósfera por unidad de superficie. El valor de la presión atmosférica en condiciones normales al nivel del mar es: 1 atmósfera = 1,033 Kg/cm² = 10,33 m. columna de agua, en las aplicaciones prácticas se admite que la presión atmosférica es de 1 Kg/cm².

Presión relativa. Es la presión medida en relación con la presión atmosférica (los manómetros o vacuómetros normales miden presiones relativas).

Presión absoluta. Es la suma de la presión relativa y la presión atmosférica. Presión absoluta = Presión manométrica + Presión atmosférica.

Tensión de vapor a una determinada temperatura. Es la presión de un líquido que a esa temperatura se halla en equilibrio con su vapor en un depósito cerrado.

ALTURA TOTAL MANOMÉTRICA

Es la altura, presión diferencial o resistencia que tiene que vencer la bomba compuesta de

$$Hm = Hg + Pc + 10 \frac{Pi - Pa}{\gamma}$$

Hg = Altura geométrica. Desnivel existente entre el nivel mínimo de aspiración y el punto más alto de impulsión expresado en metros.

Pc = Pérdidas de carga. Resistencia que ofrece al paso del líquido las tuberías, curvas, válvulas, etc. Expresada en metros.

$10 \frac{Pi - Pa}{\gamma}$ = Presión diferencial existente sobre las superficies del líquido en impulsión y aspiración. Expresada en metros.

Para recipientes abiertos este valor es nulo, ya que se cumple:

$$Pi = Pa = \text{Presión atmosférica.}$$

Influencia del peso específico. La bomba impulsa líquidos de distinto peso específico tales como alcohol, agua, hidróxido sódico, etc. a una misma altura, afectando tan solo a la presión de descarga y potencia absorbida que se verán modificadas en relación directa al peso específico.

En la práctica para utilizar los factores de corrección debido al peso específico, basta multiplicar los valores con agua de altura y potencia absorbida, por el valor relativo del peso específico. Esta norma es válida para líquidos de viscosidad similar al agua, cuando la viscosidad es más elevada influyen otros factores de corrección, tratados en otro lugar.

ELECCIÓN DE TUBERÍAS

La elección del diámetro interior de la tubería que ha de emplearse en una instalación es un problema **técnico-económico**.

Dimensionando en exceso la tubería habremos conseguido reducir las pérdidas de carga, esta reducción puede no compensar el costo de la misma. Por el contrario, al seleccionar una tubería de poco diámetro se aumentan considerablemente las pérdidas de carga y por tanto la altura manométrica y el costo del grupo moto-bomba.

La elección de una tubería con pérdidas de carga elevadas implica un gasto superior constante de energía que en ocasiones pudiera amortizar la instalación.

El diámetro que haga mínima la suma de los gastos anuales de energía y los de amortización de la tubería, es el correspondiente a una velocidad:

$$V = 0,35 \sqrt[3]{\frac{C.a.r}{K.e.n}}$$

- V = Velocidad más económica, en m/s.
- C = Costo de la tubería instalada por metro de longitud y metros de diámetro, en Euros.
- a = Interés por número de años de amortización, en %.
- r = Rendimiento del grupo moto-bomba, en %.
- K = Coeficiente de pérdida de carga (~0,0015).
- e = Costo en Kw/hora, en Euros.

n = Número de horas de funcionamiento anual.

Velocidad máxima aconsejable

La velocidad en las tuberías se determina

$$V = \frac{353,68.Q}{D^2}$$

- V = Velocidad, en m/s.
- Q = Caudal, en m³/h.
- D = Diámetro, en mm.

TUBERIAS		
Ø mm	Aspiración m/s	Impulsión m/s
25 a 40	1,25	1,5
50 a 70	1,5	2
80 a 100	1,75	2,25
125 a 200	2	2,5
desde 200	2	3

EQUIVALENCIA ENTRE TUBERÍAS

Para establecer estas equivalencias nos basamos en las siguientes reglas:

$$\frac{Q^2}{q^2} = \frac{D^5}{d^5}$$

Diámetro constante:

La pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la capacidad.

$$\frac{Pc}{pc} = \frac{Q^2}{q^2}$$

Partiendo de esta última ecuación se establece la tabla adjunta que relaciona las equivalencias entre tuberías de diferentes diámetros.

Capacidad constante:

La pérdida de carga es inversamente proporcional a la quinta potencia del diámetro del tubo.

$$\frac{Pc}{pc} = \frac{1/D^5}{1/d^5} \quad \frac{Pc}{pc} = \frac{d^5}{D^5}$$

CONJUNTOS DE TUBERÍA CON PÉRDIDA DE CARGA EQUIVALENTE A UNA TUBERÍA DE MAYOR DIÁMETRO O BIEN A LA INVERSA

Ø	Pulg.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
Pulg.	mm.	13	19	25	32	38	50	64	75	100	125	150
1	25	3,7	1,8	1								
1 1/4	32	7	3,6	2	1							
1 1/2	38	11	5,3	2,9	1,5	1						
2	50	20	10	5,5	2,7	1,9	1					
2 1/2	64	31	16	8	4,3	2,9	1,6	1				
3	75	54	27	15	7	5	2,7	1,7	1			
4	100	107	53	29	15	10	5,3	3,4	2	1		
5	125	188	93	51	26	17	9	6	3,5	1,8	1	
6	150	297	147	80	40	28	15	9	5,5	2,8	1,6	1
7	175	428	212	116	58	40	21	14	8	4	2,3	1,4
8	200	590	292	160	80	55	29	19	10,9	5,5	3,1	2
9	225	783	388	212	107	73	39	25	14	7,3	4,2	2,6
10	250	1042	516	282	142	97	52	33	19	10	5,6	3,5
11	275	1315	651	256	179	122	65	42	24	12	7	4,4
12	300	1635	809	443	223	152	81	52	30	15	8,7	5,5

Pérdida de carga constante:

Los cuadrados de las capacidades son proporcionales a la quinta potencia de los diámetros de las tuberías.

DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Las resistencias por rozamiento que ofrecen los fluidos a su paso por las tuberías y accesorios, son un tanto complejas. Su determinación nunca es exacta en lo que se refiere a tubería recta, pero todavía mucho más inexacto es el cálculo de las pérdidas en los accesorios, ya que depende en gran modo de la construcción de estos elementos.

Para simplificar este cálculo, recomendamos utilizar para agua o similares las tablas adjuntas, en las que se han tabulado

aproximadamente los metros de tubería recta a que equivalen las pérdidas de carga en distintos accesorios.

Es recomendable utilizar válvulas de pie, retención y compuerta de una buena calidad.

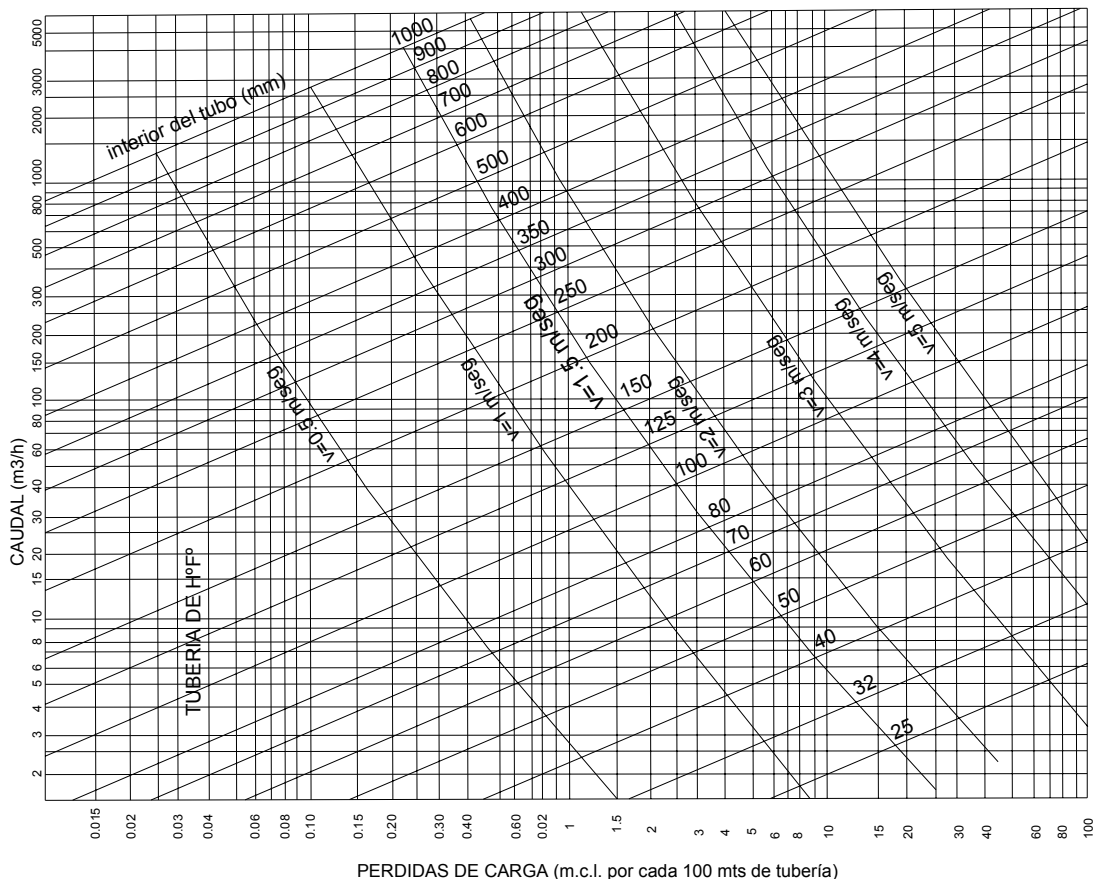
Los valores facilitados en la tabla adjunta corresponden a válvulas de una calidad aceptable.

METROS DE TUBERÍA RECTA EQUIVALENTE

Ø del tubo	Conos difusores	Codo de 45°	Codo de 90°	Curva de 90°	Válvula de pie	Válvula de reten.	Válvula abierta	Válvula cerrada 1/4	Válvula cerrada 1/2	Válvula Cerrada 3/4
25	5 m aproximadamente	0,5	1	0,5	5	4		1	5	20
32		0,5	1	1	6	5		1,5	6	25
40		1	1,5	1	8	7		1,5	8	30
50		1	1,5	1	9	8	0,5	2	10	40
60		1	2	1,5	12	10	0,5	2,5	12	50
80		1,5	2,5	1,5	15	13	0,5	3	16	60
100		1,5	3	2	18	16	1	4	20	80
125		2	4	2,5	23	20	1	5	25	100
150		2,5	5	3	28	25	1	6	30	120
200		3	6,5	4	35	30	1,5	8	40	160
250		3,5	8	5	45	40	2	10	50	200
300		4,5	9,5	6	55	50	2	12	60	240
350		5,5	11	7	70	60	2,5	14	70	280
400		6	13	8	80	70	3	16	80	325
500		7	16	10	90	80	3,5	20	100	400

Determinada la longitud total de tubería equivalente, se obtienen las pérdidas de carga utilizando generalmente las gráficas adjuntas

PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA NUEVA DE HIERRO FUNDIDO



Para otras tuberías, multiplicar por los coeficientes correctores siguientes:

Clase de tubería	Coef.	Clase de tubería	Coef.
De hierro forjado	0,76	De gres	1,17
De acero sin soldadura	0,76	Forjada muy usada	2,10
De fibro-cemento	0,80	De hierro con paredes rugosas	3,60
De cemento (Paredes lisas)	0,80		

Para una determinación analítica de las pérdidas de carga en tuberías de acero, fundición y hormigón, utilizar la expresión siguiente:

VALORES DEL COEFICIENTE K			
Ø mm	K	Ø mm	K
25	285 x 10 ⁶	350	270
32	76,4 x 10 ⁶	400	135
40	25,8 x 10 ⁶	500	43
50	7,7 x 10 ⁶	600	16,5
60	2,9 x 10 ⁶	700	7,3
80	650.000	800	3,7
100	195.800	1.000	1,13
125	60.900	1.200	0,44
150	23.400	1.400	0,20
200	5.000	1.600	0,096
250	1.550	1.800	0,054
300	600	2.000	0,030

$$P_c = K \cdot Q^2$$

P_c = Pérdidas de carga, en m/Km.
 K = Constante correspondiente a cada diámetro.
 Q = Caudal, en m³/s.

Para tuberías de fibrocemento y plástico las pérdidas serán un 20% y 30% menores respectivamente.

Otro valor intermedio de K resulta de aplicar la fórmula:

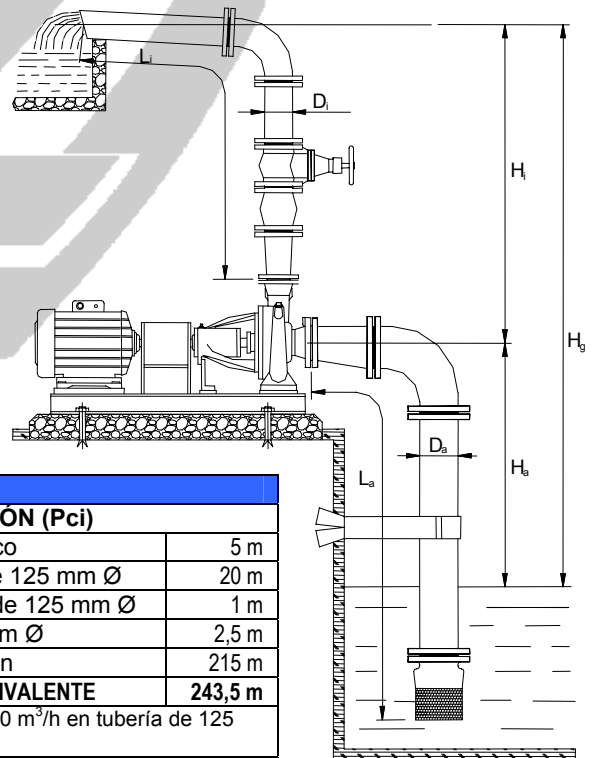
$$K = 10^{15,784116 - 5,2429092 \log D}$$

D = Diámetro, en mm.

EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA ALTURA MANOMÉTRICA

INSTALACIÓN

L_i 215 metros
 L_a 7 metros
 D_i 125 mm Ø
 D_a 150 mm Ø
 H_i 32 metros
 H_a 5 metros
Caudal a elevar 100 m³/h.



PÉRDIDAS DE CARGA			
ASPIRACIÓN (Pca)		IMPULSIÓN (Pci)	
1 Cono difusor excéntrico	5 m	1 Cono difusor concéntrico	5 m
1 Curva de 90° de 150 mm Ø	3 m	1 Válvula de retención de 125 mm Ø	20 m
1 Válvula de pie de 150 mm Ø	28 m	1 Válvula de compuerta de 125 mm Ø	1 m
Longitud tubería aspiración	7 m	1 Curva de 90° de 125 mm Ø	2,5 m
TOTAL TUBERÍA RECTA QUIVALENTE	43 m	Longitud tubería impulsión	215 m
TOTAL TUBERÍA RECTA QUIVALENTE	43 m	TOTAL TUBERÍA RECTA QUIVALENTE	243,5 m
La pérdida de carga para 100 m ³ /h en tubería de 150 mm Ø es del 2%		La pérdida de carga para 100 m ³ /h en tubería de 125 mm Ø es del 2%	
$P_{ca} = \frac{2 \times 43}{100} = 0,86m$		$P_{ci} = \frac{5,2 \times 243,5}{100} = 12,662m$	

ALTURA MANOMÉTRICA DE ASPIRACIÓN ($H_a + P_{ca} = 5 + 0,86$) = 5,86 m.
ALTURA MANOMÉTRICA DE IMPULSIÓN ($H_i + P_{ci} = 32 + 12,662$) = 44,662 m.
ALTURA DE SEGURIDAD (~ 5%) = 2,478 m.
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL = **53 m.**

Si la tubería es de H^ºF^º esta altura manométrica es correcta. Para otros materiales, multiplicar las pérdidas de carga por el factor correspondiente.

Es necesario calcular por separado la altura manométrica de aspiración, para comprobar que la bomba es capaz de aspirar sin dificultades.

