

Cálculo abreviado de Colectores

Por el Ingeniero ALFREDO D. BATEMAN

SINTESIS: En este artículo expone el Ing. Bateman una manera rápida de calcular velocidades y gastos en tuberías donde corre agua, cuando no se tienen a mano tablas completas calculadas. El método es de gran utilidad, pues permite efectuar los cálculos sirviéndose de la regla logarítmica.

Este cuadro, que permite hacer los cálculos sirviéndose de la regla logarítmica simplificada de Ganguillet y Kütter, tomando para el coeficiente m los tres valores más usualmente empleados, a saber: 0.25, 0.35 y 0.45.

Antes de explicar el manejo del cuadro indicaremos el significado de los factores K y K' que en él intervienen, así como la manera como han sido calculados.

Tenemos que la fórmula simplificada de Ganguillet y Kütter nos da para la velocidad:

$$V = C\sqrt{IR} = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{IR}$$

que podemos describir dejando únicamente a I como cantidad variable, así:

$$V = K\sqrt{I} \quad (1)$$

llamando K la expresión

$$\frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{R},$$

que depende de R y de m .

Cuando se considera que el colector trabaja a plena sección, tenemos que R es una función del diámetro o del radio del colector; por consiguiente, para cada valor del diámetro del colector y del coeficiente m escogido podemos calcular el valor correspondiente de K .

Para el gasto tenemos que éste es igual a la velocidad multiplicada por la sección, la que es función también del diámetro del colector; por consiguiente, podemos escribir que:

$$Q = \sqrt{I} = SK\sqrt{S} = K'\sqrt{I}. \quad (2)$$

Las fórmulas (1) y (2) nos dicen, respectivamente, que la velocidad es igual a la raíz de la pendiente multiplicada por

**CUADRO PARA CALCULO ABREVIADO DE COLECTORES
BASADO EN LA FORMA SIMPLIFICADA DE GANGUILLET Y KUTTER**

DIAMETRO PULGS.	MTS.	R	S	m = 0.25				m = 0.35				m = 0.45			
				C	K	K'	C	C	K	K'	C	C	K	K'	K
4	0.1016	0.02540	0.00811	38.9	6.201	0.0503	31.3	4.989	0.0405	26.2	4.176	0.0339	26.2	4.176	0.0339
6	0.1524	0.03810	0.01824	43.8	8.550	0.1569	35.8	6.988	0.1275	30.3	5.915	0.1079	30.3	5.915	0.1079
8	0.2031	0.05080	0.03243	47.4	10.684	0.3465	39.3	8.858	0.2874	33.4	7.528	0.2441	33.4	7.528	0.2441
9	0.2286	0.05715	0.04104	48.9	11.692	0.4798	40.6	9.707	0.3984	34.7	8.297	0.3405	34.7	8.297	0.3405
10	0.2540	0.06350	0.05067	50.2	12.650	0.6410	41.9	10.559	0.5350	35.9	9.047	0.4584	35.9	9.047	0.4584
12	0.3048	0.07620	0.07296	52.5	14.490	1.0572	44.1	12.172	0.8881	39.5	10.902	0.7954	39.5	10.902	0.7954
15	0.3810	0.09525	0.11401	55.2	17.035	1.9421	46.9	14.473	1.6501	40.7	12.560	1.4220	40.7	12.560	1.4220
16	0.4064	0.10160	0.12972	56.0	17.847	2.3151	47.7	15.202	1.9720	41.5	13.226	1.4157	41.5	13.226	1.4157
18	0.4572	0.11430	0.16417	57.5	19.441	3.1916	49.1	16.601	2.7254	42.9	14.504	2.3811	42.9	14.504	2.3811
20	0.5080	0.12700	0.20268	58.8	20.956	4.2474	50.5	17.998	3.6478	44.2	15.753	3.1628	44.2	15.753	3.1628
21	0.5334	0.13335	0.223346	59.4	21.693	4.8475	51.1	18.662	4.1702	44.8	16.361	3.6561	44.8	16.361	3.6561
24	0.6096	0.15240	0.29186	61.0	23.814	6.9504	52.7	20.574	6.0047	46.5	18.154	5.2984	46.5	18.154	5.2984
27	0.6658	0.17145	0.36939	62.4	25.840	9.6450	54.2	22.444	8.2906	47.9	19.835	7.3267	47.9	19.835	7.3267
30	0.7620	0.19050	0.45603	63.6	27.761	12.6598	55.5	24.226	11.0479	49.2	21.476	9.7037	49.2	21.476	9.7037
33	0.8389	0.20955	0.55180	64.7	29.020	16.3443	56.7	25.957	14.3231	54.4	23.073	12.7317	54.4	23.073	12.7317
36	0.9144	0.22860	0.65669	65.7	31.411	20.0273	57.7	27.586	18.1135	51.5	24.622	16.1690	51.5	24.622	16.1690
39	0.9906	0.24765	0.77070	66.6	33.140	25.5410	58.7	29.209	22.5114	52.5	26.124	20.1338	52.5	26.124	20.1338
42	1.0668	0.26670	0.89383	67.4	34.805	31.1098	59.6	30.777	27.5094	53.4	27.576	24.6483	53.4	27.576	24.6483
45	1.1430	0.28575	1.02603	68.1	36.406	37.3555	60.4	32.290	33.1321	54.3	29.029	29.7861	54.3	29.029	29.7861
48	1.2192	0.30480	1.16745	68.8	37.964	44.5444	61.2	33.789	39.4470	55.1	30.421	35.5150	55.1	30.421	35.5150
54	1.3716	0.34290	1.55610	70.1	41.051	63.8795	62.6	36.659	57.0451	66.5	33.086	51.4851	66.5	33.086	51.4851
60	1.5240	0.38100	1.82415	71.2	43.952	80.1750	63.8	39.384	71.8423	67.8	35.680	65.0857	67.8	35.680	65.0857
66	1.6764	0.41910	2.20722	72.1	46.678	103.0287	64.9	42.016	92.7386	59.0	38.197	84.3092	59.0	38.197	84.3092
72	1.8288	0.45720	2.62677	73.0	49.355	129.6442	65.9	44.555	117.0357	60.0	40.566	106.5576	60.0	40.566	106.5576
80	2.0320	0.50800	3.24392	74.0	52.740	171.0316	67.1	47.822	155.0829	61.3	43.689	141.6799	61.3	43.689	141.6799
84	2.1336	0.53340	3.57533	74.5	54.407	194.5230	67.6	49.368	176.5069	61.9	45.206	161.6264	61.9	45.206	161.6264
96	2.4364	0.60960	4.66981	75.7	59.107	276.0185	69.0	53.875	251.5860	63.4	49.503	231.1696	63.4	49.503	231.1696
108	2.7432	0.68580	5.91024	76.8	63.598	375.8794	70.3	58.215	344.0646	64.8	53.661	317.1494	64.8	53.661	317.1494

el factor K y que el gasto es igual a la raíz de la pendiente multiplicada por el factor K'.

El cuadro que damos da los valores de C, K y K' para los tres valores anotados de m y para los diámetros usuales en tubería de cemento. Hemos escogido estos diámetros debido al incremento cada día mayor que está tomando en el país el empleo de este material para tubos de alcantarillado y para tuberías de conducción de acueducto.

Modo de emplear el cuadro.

Después de las explicaciones anteriores es muy sencillo el manejo del cuadro; a pesar de ello daremos dos ejemplos:

Ejemplo 1º—Cuál es la velocidad y cuál es el gasto en un colector de 24" de diámetro, sabiendo que la pendiente es del 2% y que debe tomarse un coeficiente $m=0.45$?

$$V = K\sqrt{I}$$

Tenemos que, en este caso, $I=0.02$, de donde: $\sqrt{I}=0.14142$. Para los datos de diámetro y m, el cuadro nos da que $K=18.154$; por tanto, $V=0.14142 \times 18.154=2.57$ metros por segundo.

Este problema puede resolverse muy sencillamente con la regla de cálculo. En efecto, se toma en la parte superior de la regla, donde están los cuadros, el valor de la pendiente; frente a este valor se coloca el uno de la rellilla móvil y se corre el cursor hasta encontrar en la rellilla móvil el valor de K, encontrándose el valor de la velocidad en la parte inferior de la regla (donde se leen los productos de las multiplicaciones).

Veamos el gasto. Tenemos que $Q=K'\sqrt{I}$. El cuadro nos da que $K'=5.2984$, por tanto $Q=5.2984 \times 0.14142=0.749$ metros cúbicos por segundo.

Para hacer este problema con regla de cálculo se sigue el mismo procedimiento indicado anteriormente para la velocidad.

Ejemplo 2º—Un colector debe tener una pendiente del 4%; ¿qué diámetro hay que darle para que haya un gasto de 500 litros por segundo? Debe tomarse m igual a 0.35.

Tenemos que $Q=K'\sqrt{I}$ reemplazando valores, tenemos:

$$0.500 = K' \times 0.2, \text{ de donde } K' = \frac{0.500}{0.2} = 2.5.$$

Buscamos en el cuadro, en la parte correspondiente a $m=0.35$ el valor de K' más próximo a 2.5; encontramos 2.7254 que corresponde a 18", que es el valor del diámetro que puede adoptarse.

El cuadro que sigue sirve de complemento al anterior, pues permite calcular la velocidad de las aguas cuando éstas tienen un gasto inferior a la capacidad del colector, lo que ocurre en la mayoría de los casos.

Debe tenerse en cuenta, al calcular un colector, que la velocidad mínima admisible es la de 0.60 mts./s., y la velocidad máxima admisible la de 3 mts./s.

Puede suceder el caso de que la velocidad en un colector lleno esté comprendida dentro de los límites anteriores, pero que para el gasto que efectivamente va a correr por el colector, la velocidad se salga de estos límites. Además, hay que tener en cuenta que la profundidad de la vena líquida debe ser superior a cinco centímetros a fin de que el agua arrastre los cuerpos sólidos.

Para verificar este chequeo se utiliza el cuadro siguiente, que tiene tres columnas, a saber:

La primera, I/n , da la relación de la altura de la vena líquida al diámetro del colector;

La segunda, v'/v , da la relación entre las velocidades; y,

La tercera, q'/q , da la relación entre los gastos.

Con un ejemplo se explica la aplicación de este cuadro:

Supongamos que se trata de un colector de 24" de diámetro, sabiendo que la pendiente es del 2%, que debe tomarse un coeficiente $m=0.45$, y que el gasto efectivo que va a haber en dicho colector es de 650 litros por segundo.

Aplicando el cuadro anterior, tenemos que el gasto de dicho colector, a plena capacidad, es de 749 litros por segundo y que el agua correrá a una velocidad de 2.57 mts./s.

Se quiere ahora averiguar cuál es la velocidad a que correrá el agua con un gasto de 650 litros por segundo y qué altura tendrá la capa de agua.

Llamemos: v' la velocidad que se busca; v la velocidad a plena capacidad, o sea 2.57; q' el gasto de 650 litros por segundo; q el gasto a plena capacidad, o sea 749 litros por segundo.

Se tiene, pues, $q'/q = 650/749 = 0.8678$.

En el cuadro se ve que este número está comprendido entre 0.8567 y 0.8706, que corresponden respectivamente, a valores de v'/v de 1.095 y 1.097; interpolando se tiene que para $v'/v = 1.0966$; de donde v' (velocidad que se busca) = $1.0966 \times 2.57 = 2.82$ mts./segundo.

El cuadro nos da un valor de I/n , comprendido entre 0.73 y 0.74; adoptando este último valor como el más aproximado, tenemos que la altura del agua será de $0.74 \times 24'' = 0.74 \times 0.6096 = 0.45$ mts.

Es decir, que si en un colector de 24" de diámetro, con un 2% de pendiente, hay un gasto efectivo de 650 litros por segundo, el agua correrá a una velocidad de 2.82 metros por segundo y la capa líquida tendrá una profundidad de 0.45 metros.

VALORES PARA EL CALCULO DE ALCANTARILLAS CIRCULARES

.01	.1629	.0002756	.51	1.007	.5163
.02	.2299	.001097	.52	1.013	.5322
.03	.2808	.002455	.53	1.018	.5476
.04	.3232	.004337	.54	1.024	.5641
.05	.3607	.006741	.55	1.029	.5797
.06	.3944	.009663	.56	1.035	.5964
.07	.4249	.01307	.57	1.040	.6124
.08	.4531	.01698	.58	1.045	.6287
.09	.4794	.02137	.59	1.049	.6439
.10	.5041	.02624	.60	1.054	.6619
.11	.5274	.03156	.61	1.058	.6759
.12	.5494	.03736	.62	1.062	.6915
.13	.5705	.04359	.63	1.066	.7074
.14	.5905	.05025	.64	1.070	.7231
.15	.6095	.05729	.65	1.074	.7391
.16	.6279	.06485	.66	1.077	.7543
.17	.6455	.07273	.67	1.080	.7691
.18	.6625	.08299	.68	1.083	.7839
.19	.6787	.08973	.69	1.086	.7993
.20	.6947	.09908	.70	1.088	.8134
.21	.7099	.1084	.71	1.091	.8283
.22	.7246	.1182	.72	1.093	.8426
.23	.7403	.1286	.73	1.095	.8567
.24	.7526	.1357	.74	1.097	.8706
.25	.7658	.1496	.75	1.098	.8835
.26	.7789	.1610	.76	1.100	.8971
.27	.7914	.1724	.77	1.101	.9097
.28	.8056	.1846	.78	1.102	.9223
.29	.8155	.1963	.79	1.103	.9344
.30	.8269	.2093	.80	1.104	.9466
.31	.8381	.2213	.81	1.104	.9576
.32	.8489	.2342	.82	1.104	.9687
.33	.8596	.2480	.83	1.104	.9790
.34	.8698	.2608	.84	1.103	.9900
.35	.8798	.2747	.85	1.102	.9984
.36	.8896	.2882	.86	1.100	1.107
.37	.8991	.3024	.87	1.099	1.015
.38	.9080	.3166	.88	1.097	1.023
.39	.9170	.3311	.89	1.094	1.029
.40	.9258	.3458	.90	1.091	1.031
.41	.9342	.3606	.91	1.088	1.040
.42	.9426	.3757	.92	1.085	1.044
.43	.9501	.3904	.93	1.081	1.047
.44	.9583	.4060	.94	1.076	1.051
.45	.9666	.4214	.95	1.071	1.051
.46	.9729	.4368	.96	1.065	1.051
.47	.9802	.4526	.97	1.056	1.047
.48	.9870	.4688	.98	1.046	1.043
.49	.9936	.4842	.99	1.032	1.030
.50	1.000	.5000	1.00	1.000	1.000

Relaciones 1/n; v'/v; q'/q (página anterior).